



COPPE/UFRJ

**METODOLOGIA PARA DEFINIÇÃO DA SUB-REDE DE TRANSPORTE DE
PRODUTOS PERIGOSOS EM ÁREAS URBANAS**

Ely Emerson Santos da Costa

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Transportes.

Orientador: Paulo Cezar Martins Ribeiro

Rio de Janeiro

Abril de 2009

METODOLOGIA PARA DEFINIÇÃO DA SUB-REDE DE TRANSPORTE DE
PRODUTOS PERIGOSOS EM ÁREAS URBANAS

Ely Emerson Santos da Costa

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Aprovada por:

Prof. Paulo Cezar Martins Ribeiro, Ph.D.

Prof. Carlos David Nassi, Dr.-Ing.

Prof. Márcio de Almeida D'Agosto, D.Sc.

Prof. Elton Fernandes, Ph.D.

Prof. José Eugênio Leal, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

ABRIL DE 2009

Costa, Ely Emerson Santos da

Metodologia para Definição da Sub-rede de Transporte de Produtos Perigosos em Áreas Urbanas/ Ely Emerson Santos da Costa. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2009.

XII, 156 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Paulo Cezar Martins Ribeiro

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2009.

Referencias Bibliográficas: p. 105-110.

1. Transporte de Cargas. 2. Produtos Perigosos. 3. Área Urbana. 4. Método de Análise Hierárquica. 5. Sistema de Informações Geográficas. I. Ribeiro, Paulo Cezar Martins. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes. III. Título.

Aos meus pais, que possibilitaram que eu
desenvolvesse todas as minhas habilidades.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que me deu forças em todos os momentos e me fez capaz de superar todos os obstáculos no meio do caminho.

A toda a minha família, especialmente aos meus pais Raymundo Lima e Rita Costa (*in memorian*), que lá “de cima” me inspiram e me protegem sempre. Aos meus irmãos Nonato e Alexandre pelas palavras de apoio e o incentivo. A Tia Mary e meu primo Leo pelo apoio incondicional.

Ao meu orientador Paulo Cezar pela paciência, motivação e por ter acreditado que era possível o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores e funcionários do PET, em especial ao Prof. Amaranto Pereira, Prof. Licínio Portugal, Prof. Carlos Nassi, Prof. Márcio D’Agosto, Jane, Helena e Alberto.

Ao Capitão Fábio Andrade do Grupamento de Operações com Produtos Perigosos (GOPP), do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro.

Ao analista ambiental Carlos Eduardo Strauch do Instituto Estadual do Ambiente (INEA).

Aos meus colegas da CET-Rio: Henrique, Vera, Adalberto, Ricardo, Arnaldo, Guto, Alexa, Denize, Andréa, Carme, Dinís, Virgínia, Teresa, Gerbassi, Ubiratan, Mônica, Ana Paula, Patrícia e Robson. Obrigado pelas palavras de incentivo e pela torcida.

Aos meus amigos: Ana Paula, Maurício, Vânia, Ana Seráfico, Lisbela e Miguel.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

METODOLOGIA PARA DEFINIÇÃO DA SUB-REDE DE TRANSPORTE DE PRODUTOS PERIGOSOS EM ÁREAS URBANAS

Ely Emerson Santos da Costa

Abril/2009

Orientador: Paulo Cezar Martins Ribeiro

Programa: Engenharia de Transportes

Em muitas cidades brasileiras não existe a menor indicação de rotas preferenciais para o transporte de cargas, estudo da demanda, estabelecimento de horários permitidos etc. Estas informações são elementos fundamentais para o bom funcionamento do serviço. No que se refere ao transporte de cargas, a categoria dos produtos perigosos possui características peculiares que devem ser estudadas de maneira diferenciada. Principalmente quando este transporte é feito em áreas urbanas. Este trabalho tem como objetivo criar uma metodologia para a definição de uma sub-rede para o transporte de produtos perigosos em áreas urbanas, utilizando dados da densidade populacional, meio ambiente, limite de velocidade e índice de acidentes. Foram utilizados o método de análise hierárquica e um sistema de informações geográficas específico da área de transportes.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

METHODOLOGY FOR DEFINITION OF TRANSPORTATION OF DANGEROUS
GOODS SUB-NETWORK IN URBAN AREAS

Ely Emerson Santos da Costa

April/2009

Advisor: Paulo Cezar Martins Ribeiro

Department: Transportation Engineering

In many Brazilian cities there is no indication of preferred routes for the transport of goods, study of demands, timetabling allowed etc. These informations are crucial to the operation of the service. Regarding the transport of goods the category of dangerous goods has characteristics that should be studied in a different way. Especially when this transport is done in urban areas. This work aims to create a methodology for definition of transportation of dangerous goods sub-network in urban areas, using data from population density, environment, speed limit and rate of accidents to choose the most suitable routes for the traffic of vehicles carrying dangerous goods. Were used the analytic hierarchy process and a geographic information system applied to transportation issues.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Problema	2
1.2 Objetivo	2
1.3 Justificativa	3
1.4 Estrutura do Trabalho	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 Movimento Urbano de Cargas (MUC)	5
2.1.1 Introdução	5
2.1.2 Objetivos do Gerenciamento de Tráfego Orientado para Caminhões	7
2.1.3 Problemas Relacionados ao Movimento Urbano de Cargas	9
2.2 Produtos Perigosos	11
2.2.1 Definição e Classificação	11
2.2.2 O Transporte de Produtos Perigosos	13
2.2.3 Procedimentos para o Atendimento de Acidentes com Produtos Perigosos	26
2.3 Análise de Risco	28
2.3.1 Introdução	28
2.3.2 Abordagens Pesquisadas	29
2.4. Sistemas Inteligentes de Transporte	42
2.4.1 Introdução	42
2.4.2 Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos	43
2.4.3 Utilização de ITS no Transporte de Produtos Perigosos	44
3. LEGISLAÇÃO	47
3.1 Legislação Federal	47
3.2 Legislação Estadual	49
3.3 Legislação Municipal	50
3.4 Legislação Internacional	57
4. METODOLOGIA	59
4.1 Método de Análise Hierárquica	59
4.1.1 Introdução	59
4.1.2 Elementos Fundamentais do Método AHP	60
4.1.3 Consistência da Matriz de Comparação	62
4.1.4 Expert Choise	63
4.2. Sistema de Informações Geográficas (SIG)	64
4.2.1 Introdução	64
4.2.2 Características de um SIG	65

4.2.3 Métodos de Obtenção dos Dados Geocodificados.....	66
4.2.4 O TransCAD	67
4.3 Hierarquia Viária	67
4.3.1 Introdução	67
4.3.2 Classificações e Definições.....	68
4.4 Limite de Velocidade	70
4.4.1 Introdução	70
4.4.2 Motivos da Implantação de Limites de Velocidades	71
4.5 Densidade Populacional	71
4.5.1 Conceituação	71
4.5.2 O Ambiente Urbano.....	72
4.6 Acidentes de Trânsito.....	73
4.6.1 Conceituação	73
4.6.2 Categorias e Tipos de Acidentes.....	73
4.7 Meio Ambiente Urbano.....	76
4.7.1 Áreas Verdes Urbanas	76
4.7.2 Poluição na Água.....	77
4.8 Metodologia Proposta	78
 5. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	 79
5.1 Introdução.....	79
5.2 Caracterização do Problema	79
5.2.1 Dados Coletados.....	82
5.3 Detalhamento da Aplicação	84
5.3.1 Criação da base de dados.....	84
5.3.2 Classificação das Vias Segundo a Hierarquização Viária.....	85
5.3.3 Escolha das Vias Estruturais, Arteriais Primárias e Secundárias	85
5.3.4 Escolha das Vias Candidatas	86
5.3.5 Escolha das Variáveis e dos seus pesos	88
5.3.6 Escolha das Vias da Sub-rede.....	90
5.3.7 Análise da Legislação e Sugestões de Melhorias para o Serviço.....	90
 6. RESULTADOS E SUGESTÕES PARA A MELHORIA DO SERVIÇO	 91
6.1 Pesos das Variáveis Consideradas.....	91
6.2 Sub-redes Propostas.....	93
6.3 Análise da Legislação Existente.....	101
6.4 Sugestões para a Melhoria do Serviço	101
6.5 Sugestão de Sinalização Horizontal e Vertical.....	102
 7. CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS.....	 103
7.1 Conclusões.....	103

7.2 Propostas para Trabalhos Futuros	104
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
ANEXOS	111
Prescrições Particulares para cada Classe de Produtos Perigosos.....	111
Legislações e Normas sobre Produtos Perigosos.....	118
APÊNDICE	124
Vias estruturais, arteriais primárias e arteriais secundárias do Rio de Janeiro.	124
Vias Candidatas	131
Matrizes Utilizadas no Método AHP	139
Incidentes com Produtos Perigosos Ocorridos no Rio de Janeiro (1984/2007)	149

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - Fluxograma do Módulo de Roteirização de Produtos Perigosos	20
FIGURA 2.2 - Resultado do Módulo de Roteirização de Produtos Perigosos	21
FIGURA 2.3 - Processo de avaliação de rotas para produtos perigosos	25
FIGURA 2.4 - Elementos que compõe o SINIAV	44
FIGURA 3.1 - Área de Restrição de Veículos de Transporte de Carga	51
FIGURA 4.1 - Hierarquia de Critérios para a Compra de um Carro	59
FIGURA 5.1 - Localização dos Incidentes com Produtos Perigosos ocorridos na cidade de do Rio Janeiro	81
FIGURA 5.2 - Porcentagem de incidentes por local	82
FIGURA 5.3 - Produtos com Participação nos Incidentes Ocorridos	83
FIGURA 5.4 - Classes dos Produtos com Participação nos Incidentes Ocorridos	83
FIGURA 5.5 - Mapa de vias candidatas no sistema viário do Rio de Janeiro	87
FIGURA 5.6 - Classificação dos riscos	89
FIGURA 6.1 - Entrada de dados	91
FIGURA 6.2 - Comparação das notas das variáveis	92
FIGURA 6.3 - Comparação das notas das variáveis	92
FIGURA 6.4 - Valores finais dos pesos	93
FIGURA 6.5 - Vias classificadas com o risco baixo para o transporte de Produtos Perigosos	94
FIGURA 6.6 - Vias classificadas com o risco médio para o transporte de Produtos Perigosos	95
FIGURA 6.7 - Vias classificadas com o risco elevado para o transporte de Produtos Perigosos	96
FIGURA 6.8 - Sub-rede nº 1 para o transporte de Produtos Perigosos	98
FIGURA 6.9 - Sub-rede nº 2 para o transporte de Produtos Perigosos	99
FIGURA 6.10 - Sub-rede nº 3 para o transporte de Produtos Perigosos	100
FIGURA 6.11 - Sinalização vertical e horizontal para as vias da sub-rede	102

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - Principais personagens e suas preocupações em relação ao MUC.....	10
TABELA 4.1 - Escala Fundamental de Saaty	60
TABELA 5.1 - Velocidades adotadas para as vias sem informações	85
TABELA 5.2 - Matriz utilizada na comparação par a par das variáveis	88
TABELA 5.3 - Critérios para atribuição de notas para as vias candidatas	89

1. INTRODUÇÃO

O movimento urbano de cargas é essencial para a civilização urbana moderna. O verdadeiro conceito de urbanização requer um sistema de distribuição de bens para sustentá-lo. Uma vez que urbanização significa que um grande número de pessoas está reunido numa área distante de sua fonte de alimentação, matéria-prima para as fábricas e locais para depositar resíduos. Uma área urbana não teria condições de existir sem um fluxo intenso, sustentável e seguro de bens. Em qualquer área urbana devem ser fornecidas facilidades para a movimentação de bens. Por isso, se deve dar uma maior importância para o transporte de cargas na política de transporte urbano, planejamento e projeto de facilidades.

Ainda que o movimento urbano de cargas seja responsável por funções indutoras de desenvolvimento de uma região, ele é visto por muitos habitantes e autoridades como um grande empecilho para a circulação de veículos e passageiros. No entanto, estas pessoas necessitam consumir bens diariamente, sendo fundamental o abastecimento de postos de consumo.

Em muitas cidades brasileiras não existe a menor indicação de rotas preferenciais para o transporte de cargas, estudo da demanda, estabelecimento de horários permitidos etc. Estas informações são elementos fundamentais para o bom funcionamento do serviço. É necessário o estabelecimento de regras claras, para que haja uma perfeita integração do tráfego de veículos de grande porte, médio porte, veículos de passeio e os veículos de transporte de passageiros.

Quando nos referimos ao transporte de cargas, existe uma categoria deste serviço que possui características peculiares e que deve ser estudada de maneira diferenciada. Trata-se do transporte de produtos perigosos. Para este, é necessário levar em consideração

fatores como: condições do veículo, situação da via, estado do motorista, fiscalização, condições climáticas, risco de roubos e de acidentes.

Quando se trata do transporte de produtos perigosos em área urbana o problema se torna maior, devido à natureza da carga e as implicações advindas da mesma. Muitas cidades, mesmo em grandes centros urbanos, não possuem regulamentação para esta modalidade de transporte. Sendo que as restrições para o transporte de produtos perigosos se limitam a proibição do trânsito destes produtos em túneis e pontes ou em locais onde exista uma grande concentração de pessoas em determinadas horas do dia. É necessário levar em consideração, também, que cada cidade possui peculiaridades que podem vir a diferenciar o tratamento adotado para este serviço.

A bibliografia sobre o transporte de produtos perigosos em áreas urbanas é bastante escassa, apesar da importância do tema. A maioria dos trabalhos aborda de uma forma geral o transporte de carga urbana, sem dar o devido destaque para o transporte de produtos perigosos. A maioria dos trabalhos existentes aborda este serviço em rodovias, onde as condições de tráfego são totalmente diferentes do que é encontrado na área urbana.

Sendo assim, é necessário que sejam feitos estudos para fundamentar a implantação de tecnologias para o controle e gerenciamento do transporte de produtos perigosos na área urbana e estimular a criação de uma legislação que vise à regulamentação deste serviço.

1.1 Problema

A falta de infraestrutura para o serviço de transporte de produtos perigosos em áreas urbanas pode provocar acidentes, congestionamento no tráfego, perda de vidas, danos ao meio ambiente e prejuízo financeiro. Muitas cidades não possuem uma legislação específica que regule o serviço. A falta de informação é um fator que pode gerar grandes transtornos para motoristas que circulam pela cidade, sejam eles domiciliados ou não na mesma.

1.2 Objetivo

Devido aos problemas relacionados anteriormente, este trabalho tem o objetivo de propor uma metodologia para definição de uma sub-rede de transportes de produtos perigosos em áreas urbanas.

1.3 Justificativa

Esta pesquisa se faz necessária pelos seguintes fatores:

- Elaborar um estudo teórico que possa subsidiar a elaboração de uma regulamentação específica para a cidade do Rio de Janeiro;
- Pela importância da boa fluidez no tráfego de veículos;
- Para a prevenção de acidentes em áreas urbanas; e
- Para a prevenção de danos ao meio ambiente.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho foi estruturado em 7 capítulos, que serão descritos a seguir:

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Inclui uma visão geral do trabalho, o problema, o objetivo, a justificativa e a sua estrutura.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

São apresentados os aspectos gerais do movimento urbano de cargas, os objetivos do gerenciamento de tráfego orientado para caminhões e os problemas relacionados ao movimento urbano de cargas. Inclui a classificação dos produtos perigosos sugerida pela ONU (Organização das Nações Unidas), as características dos produtos, exemplos de metodologias adotadas para a realização do transporte de produtos perigosos, os procedimentos para o atendimento no caso de acidentes. É apresentada uma exposição sobre a análise de riscos e alguns modelos utilizados para a minimização dos riscos. Mostra os aspectos gerais desta tecnologia ITS, o Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos e a utilização de ITS no transporte de produtos perigosos.

CAPÍTULO 3 - LEGISLAÇÃO

São mostradas as legislações nacionais, estaduais, municipais e internacionais sobre o transporte de produtos perigosos.

CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA

É apresentado o Método de Análise Hierárquica, os elementos fundamentais do método, o cálculo da consistência da matriz de comparação, a abordagem de um programa para manipulação das matrizes. Apresenta a definição e as características dos SIGs, os métodos de obtenção de dados georreferenciados e descreve a potencialidade do

TransCAD, que foi o SIG-T utilizado nesta pesquisa. Mostra uma abordagem teórica das variáveis consideradas na metodologia.

CAPÍTULO 5 - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Apresenta de forma detalhada todos as etapas que foram seguidas na aplicação da metodologia.

CAPÍTULO 6 - RESULTADOS E SUGESTÕES PARA A MELHORIA DO SERVIÇO

São apresentados os resultados obtidos na aplicação realizada no capítulo anterior e as sugestões, baseadas na revisão bibliográfica realizada.

CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Apresenta as conclusões extraídas da pesquisa e algumas propostas que poderão ser abordadas em trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Movimento Urbano de Cargas (MUC)

2.1.1 Introdução

Segundo DaBLANC (2007), diferentes tipos de cargas cruzam, constantemente, o ambiente urbano, incluindo bens de consumo, materiais de construção, resíduos, correio postal, produtos perigosos e outros. Este fluxo ocupa aproximadamente 25% do fluxo das vias de uma cidade. Todos estes movimentos urbanos de cargas são o resultado de decisões logísticas, isto é, dos processos necessários para organizar a circulação de mercadorias de uma forma eficiente dentro do sistema de produção. Tais decisões são baseadas nas demandas da produção e dos setores de distribuição, que dependem do comportamento dos agentes econômicos, como também das famílias e das empresas. Esta interação torna complexa para a mobilidade urbana de bens.

Devido aos impactos do transporte de cargas no ambiente urbano, os governos locais estão conscientes de que devem controlar esta atividade, mas a maioria não sabe como. Qualquer que seja a regulamentação imposta para organizar o tráfego de veículos de entrega, a carga vai chegar ao destinatário no local e no tempo, como o resultado do processo decisório logístico. Seria necessária a implantação de restrições de acesso, estritamente rigorosas para que os transportadores reorganizassem as suas entregas. No entanto, tais restrições, em certa medida, podem ser contrárias aos princípios constitucionais de liberdade de circulação e de comércio.

Contudo, as políticas públicas locais são escassas e desatualizadas. Muitas cidades planejam e regulamentam este serviço, nos moldes de 20 anos atrás, através de decretos municipais definindo o tamanho e o peso máximo dos caminhões nas entregas nos centros das cidades. Atualmente, muitas cidades vêem o tráfego de caminhões como

algo que deve ser banido ou restringido, e poucos consideram esta atividade como um serviço que eles poderiam ajudar a organizar de uma maneira mais eficiente. Além disso, as políticas adotadas podem ser de conhecimento apenas regional, se tornando conflitantes com as de municípios vizinhos. Na França, um processo comum para o planejamento do transporte de cargas tem sido adotado para cidades com mais de cem mil habitantes. Neste planejamento, objetivos específicos para políticas de transporte de carga foram impostos. O planejamento de transporte deve otimizar a entrega de cargas em áreas urbanas, se harmonizar com a regulamentação local para caminhões, fornecer áreas de descarga suficientes e adequadas, planejar a oferta de espaços logísticos urbanos. Contudo, mesmo sabendo-se que maioria dos planos de transporte tem considerado todas estas características, pouquíssimos levaram a sua implantação adiante. Alguns exemplos mostram que iniciativas podem ser tomadas para vencer as dificuldades inerentes ao gerenciamento das atividades do serviço de transporte de cargas. No Reino Unido, em muitas cidades, e particularmente, em Londres, tem sido comum a negociação com organizações profissionais de logística e transporte. As duas maiores organizações de transportadores, a Associação de Transporte de Carga e a Associação de Transporte Rodoviário de Mercadorias, discutem os detalhes práticos da organização de entregas. Esta parceria tende a se chegar a negociações melhores. Por exemplo, a taxa de congestionamento atribuída para os caminhões de entrega – cinco libras por dia, a mesma de motoristas de automóveis – foi o resultado de dois anos de discussão. As transportadoras queriam que as taxas fossem dispensadas, com justificativa que não existe alternativa, exceto o transporte rodoviário, para o transporte de mercadorias. Os municípios queriam que os veículos comerciais pagassem duas ou três vezes mais do que os automóveis, devido aos impactos severos que os caminhões provocam nas vias.

Em Barcelona, na Espanha, a política para o transporte de carga, tem levado a resultados interessantes. Foi organizada na cidade uma equipe em que 40 agentes circulam com motocicletas para controlar as cinco mil áreas de carga e descarga nas ruas. Esta ação tem restringido o estacionamento por períodos longos e tem feito estas zonas disponíveis para as entregas dos motoristas de caminhão. A cidade, também, criou uma organização inovadora para suas principais alamedas, deixando duas faixas laterais para o tráfego no horário de pico, entregas fora do horário e estacionamento residencial durante a noite. Além disso, em Barcelona, todos os novos bares e restaurantes devem

construir uma área de armazenamento (com um tamanho mínimo de 5m²) dentro das suas instalações, para que não seja necessária a entrega diária de mercadorias. Outro exemplo de políticas inovadoras de transporte de carga é dado por algumas cidades do norte europeu (Amsterdã, Copenhague, Estocolmo, Gotemburgo), que aplicam restrições para o acesso de caminhões baseadas em critérios ambientais. Nestas regulamentações, somente caminhões novos ou caminhões totalmente carregados são permitidos de entrar no centro da cidade. Estes novos padrões tendem a substituir as antigas restrições de peso e tamanho, que agora são consideradas irrelevantes. Tais inovações, não necessariamente, aparecem como modelos, mas não é possível negar-lhes o caráter inovador. Em todo caso, as cidades que as adotaram continuam a sofrer as mesmas condições precárias para o movimento urbano de cargas como existem em qualquer lugar, tendo uma proporção significativa de entrega de mercadorias que são rotineiras e ineficientes, assim como, sem contar com o problema da degradação ambiental.

2.1.2 Objetivos do Gerenciamento de Tráfego Orientado para Caminhões

Segundo OGDEN (1991), os objetivos do gerenciamento de tráfego orientado para o transporte de cargas na área urbana são:

- Eficiência

A carga é uma demanda derivada, uma vez que resulta da necessidade de se mover a mercadoria como parte do processo de produção. O transporte por si só, não adiciona um valor ao produto, apenas possibilita que outros setores da economia o façam. Por isso, não existe um preço para que o movimento urbano de cargas e sim um método de menor custo total, tendo em vista cada parâmetro de serviço como confiabilidade, tempo em trânsito e segurança.

No contexto de gerenciamento de tráfego, a principal preocupação é com o custo de congestionamento. Isto envolve dois aspectos: (1) o custo que o sistema de transporte de passageiros impõe para o movimento de bens; e (2) o custo que o sistema de movimentação de bens impõe para a movimentação das pessoas.

A interação entre cargas e veículos de passageiros ocorre em vias urbanas. Nestes espaços, caminhões, carros, ônibus e pedestres competem por espaço e prioridade. Os caminhões, por serem maiores do que os veículos de passageiros reduzem a capacidade das vias. Além disso, os caminhões aceleram lentamente, em comparação com os

automóveis, e frequentemente estão envolvidos no carregamento e descarregamento ao lado do meio-fio. Estas características retardam o tráfego de passageiros, ou o impedem completamente. O grau de interação entre as cargas e os passageiros depende de fatores como a geometria, largura e capacidade das vias e passeios e o tamanho e o desempenho dos veículos de carga.

- Contribuição para a economia regional e nacional

Uma meta que vem ganhando reconhecimento para o sistema de movimentação de bens é a possibilidade de benefícios advindos da economia nos custos do frete urbano. Qualquer redução neste custo pode ajudar a economia regional, o contrário pode acontecer se a movimentação de carga for dificultada.

A movimentação de bens dentro de localidades, ou entre estas, está ligada à economia regional e nacional. Somada a ineficiência de movimentos sem interação aos gargalos que ocorrem de uma região para outra, tem-se como resultado os impactos negativos na produtividade e no crescimento nacional. Logo, as melhorias para as redes regionais de movimentação de bens irão não somente trazer benefícios para a região, seus negócios e indústrias, mas também, direta ou indiretamente, para a economia nacional.

- Proteção ambiental

O movimento urbano de bens afeta o meio ambiente de várias formas, dentre as quais se destacam a poluição do ar, o barulho, as vibrações, a ameaça percebida pelos outros usuários da via devido a um grande volume de caminhões etc. O impacto ambiental é um custo imposto para a comunidade como o resultado da movimentação de cargas, podendo ser reduzido, tendo um pequeno ou grande alcance, através de regulamentações e restrições.

- Segurança

A segurança da população é a maior preocupação da comunidade no que refere ao movimento urbano de cargas. No ano de 1988 nos EUA, 31 % dos veículos envolvidos em acidentes fatais foram com caminhões. A maior parte destes incidentes ocorreu com caminhões leves, por terem características similares aos automóveis, já os acidentes envolvendo caminhões médios e pesados integram 2,1% e 7,3% do total, respectivamente, nestas estatísticas.

- Forma urbana

Alguns fatores que afetam a localização de indústrias e de depósitos são as facilidades e os custos de acesso para caminhões. Portanto, o fornecimento ou não de facilidades pode ser usado como uma ferramenta para influenciar nesta localização.

2.1.3 Problemas Relacionados ao Movimento Urbano de Cargas

Segundo ASCE (1989) existe uma grande quantidade de aspectos e problemas relacionados ao MUC. Contudo, os impactos e as implicações destes problemas dependem das partes envolvidas ou personagens, incluindo os setores públicos e privados.

Setor privado:

- Expedidores e receptores de cargas;
- Transportadoras;
- Motoristas de caminhão.

Setor público;

- Motoristas de veículos de passageiros;
- Pedestres;
- Moradores;
- Departamentos de transportes;
- Planejadores urbanos e engenheiros;
- Governo estadual e municipal.

Cada personagem tem uma percepção própria do processo e dos seus problemas. Tendo diferentes pontos de vista e reações para a prática do MUC. A Tabela 2.1 apresenta um resumo das principais preocupações de cada personagem envolvido no processo.

TABELA 2.1 - Principais personagens e suas preocupações em relação ao MUC.

Personagens	Principais preocupações
Expedidores e receptores	Custo e qualidade/conveniência dos serviços, custo do fornecimento de facilidades para a emissão e recepção e os danos a carga resultantes do transporte.
Transportadoras	Custos e atrasos devido ao congestionamento, localização dos expedidores e receptores, limitações para os horários de operação, projeto geométrico e controle de tráfego das vias, restrições de rotas e regulamentações, oposições da comunidade e os danos a carga resultantes do transporte.
Motoristas de caminhão	Limitações para os horários de operação, estacionamento ilegal de automóveis em zonas de carga e descarga, restrições geométricas das vias e interseções e os danos a carga resultantes do transporte.
Motoristas de veículos de passageiros	Atrasos e a distância de visibilidade reduzida em decorrência da presença de caminhões na corrente de tráfego, bloqueio de faixas pelos caminhões no momento do carregamento/descarregamento e o tamanho dos caminhões.
Pedestres	Redução da visibilidade provocada pelos caminhões, o seu tamanho, poluição do ar e o barulho provocado por eles.
Departamentos de transporte	Os danos e a deterioração do pavimento decorrente do peso dos caminhões, segurança da via e acidentes provocados.
Planejadores urbanos e engenheiros	Movimentos eficientes de pessoas e bens, impactos negativos dos caminhões e terminais.
Governo municipal e estadual	Crescimento econômico e taxas em cada região, qualidade ambiental e reclamações da comunidade.

Pode-se perceber que as preocupações dos participantes do processo estão relacionadas, mas é importante que haja a distinção dos personagens para a identificação dos aspectos e avaliação do impacto das modificações operacionais para o sistema de transporte e a criação de novas políticas. Seria essencial neste momento buscar soluções para o MUC,

que os planejadores e engenheiros ouvissem todas as partes envolvidas para que ficassem claros os pontos de vista ou posições a respeito do problema. Se este procedimento for ignorado, pode ser que alguns aspectos importantes para a resolução dos problemas passem despercebidos.

2.2 Produtos Perigosos

2.2.1 Definição e Classificação

Segundo GORYS (1989) os produtos perigosos podem ser definidos como qualquer mercadoria ou produto que apresenta perigo ao meio ambiente ou a pessoas que venham entrar em contato com eles.

A classificação adotada para os produtos considerados perigosos, considerando o tipo de risco que apresentam e conforme as recomendações para o transporte de produtos perigosos das Nações Unidas é composta das seguintes classes definidas abaixo:

- Classe 1 - Explosivos: substâncias que possuem as seguintes características:
 - a) Substância explosiva é uma substância sólida ou líquida (ou mistura de substâncias) por si mesma capaz de produzir gás, por reação química, a temperatura, pressão e velocidade tais que provoque danos a sua volta;
 - b) Substância pirotécnica é uma substância, ou mistura de substâncias, concebida para produzir efeito de calor, luz, som, gás ou fumaça, ou combinação destes, como resultado de reações químicas exotérmicas auto-sustentáveis e não detonantes;
 - c) Artigo explosivo é o que contém uma ou mais substâncias explosivas.
- Classe 2 - Gases: é uma substância que:
 - a) A 50°C tem uma pressão de vapor superior a 300 kPa; ou
 - b) É completamente gasoso à temperatura de 20°C e à pressão normal de 101,3 kPa.

As condições de transporte de um gás são descritas de acordo com seu estado físico, como:

- a) Gás comprimido: é um gás que, exceto se em solução, quando acondicionado sob pressão para transporte, é completamente gasoso à temperatura de 20°C;

- b) Gás liquefeito: gás que, quando acondicionado para transporte, é parcialmente líquido à temperatura de 20°C;
 - c) Gás liquefeito refrigerado: gás que, quando acondicionado para transporte, torna-se parcialmente líquido por causa da baixa temperatura; ou
 - d) Gás em solução: gás comprimido que, quando acondicionado para transporte, é dissolvido num solvente.
- Classe 3 - Líquidos inflamáveis: inclui as seguintes substâncias:
 - a) Líquidos inflamáveis: são líquidos, misturas de líquidos ou líquidos que contenham sólidos em solução ou suspensão (por exemplo, tintas, vernizes, lacas etc., excluídas as substâncias que tenham sido classificadas de forma diferente, em função de suas características perigosas) que produzam vapor inflamável a temperaturas de até 60,5°C, em ensaio de vaso fechado, ou até 65,6°C, em ensaio de vaso aberto, normalmente referido como ponto de fulgor. Esta classe inclui também:
 - I. Líquidos oferecidos para transporte a temperaturas iguais ou superiores ao seu ponto de fulgor;
 - II. Substâncias transportadas ou oferecidas para transporte a temperaturas elevadas, em estado líquido, que desprendam vapores inflamáveis a temperatura igual ou inferior à temperatura máxima de transporte.
 - b) Explosivos líquidos insensibilizados: são substâncias explosivas dissolvidas ou suspensas em água ou noutras substâncias líquidas, para formar mistura líquida homogênea que suprima suas propriedades explosivas.
- Classe 4 - Sólidos inflamáveis: sólidos que em condições de transporte, são facilmente combustíveis, ou que, por atrito, possam causar fogo ou contribuir para tal; substâncias auto-reagentes que possam sofrer reação fortemente exotérmica; explosivos sólidos insensibilizados que possam explodir se não estiverem suficientemente diluídos.
 - Classe 5 - Substâncias oxidantes: substâncias que, embora não sendo necessariamente combustíveis, podem, em geral por liberação de oxigênio, causar a combustão de outros materiais ou contribuir para isso.

- Classe 6 - Substâncias venenosas (tóxicas) e infectantes: as substâncias venenosas são capazes de provocar morte, lesões graves, ou danos à saúde humana, se ingeridas, inaladas ou se entrarem em contato com a pele. As substâncias infectantes contêm microorganismos viáveis, incluindo bactéria, vírus, parasita, fungo, híbrido ou mutante, que provocam, ou há suspeita de que possam provocar doenças em seres humanos ou animais.
- Classe 7 - Materiais radioativos: são materiais que contenha radionuclídeos. Estão incluídos nesta classe:
 - a) Material radioativo que seja parte integrante de meios de transporte;
 - b) Material radioativo movimentado dentro de um estabelecimento sujeito a normas de segurança apropriadas em vigor e onde a movimentação não envolva rodovias ou ferrovias públicas;
 - c) Material radioativo implantado ou incorporado numa pessoa ou num animal vivo para diagnóstico ou tratamento;
 - d) Material radioativo em produtos de consumo que tenham recebido aprovação regulamentar após sua venda ao usuário final;
 - e) Materiais e minérios naturais que contenham radionuclídeos de ocorrência natural e que não se destinem a processamento para uso desses radionuclídeos.
- Classe 8 - Substâncias corrosivas: são substâncias que, por ação química, causam severos danos quando em contato com tecidos vivos ou, em caso de vazamento, danificam ou mesmo destroem outras cargas ou o próprio veículo; podem, também, apresentar outros riscos.
- Classe 9 - Substâncias perigosas diversas: são substâncias e artigos que apresentam, durante o transporte, risco não abrangido por nenhuma das outras classes. Esta classe abrange, entre outras, substâncias transportadas, ou oferecidas para transporte, em estado líquido a temperaturas iguais ou superiores a 100°C, ou em estado sólido a temperaturas iguais ou superiores a 240°C.

2.2.2 O Transporte de Produtos Perigosos

Segundo OECD (1993), o nível de formação de condutor, a qualidade do gerenciamento, os padrões de segurança dos veículos que transportam produtos perigosos, a quantidade e embalagem destas substâncias devem ser tais que possam

circular em todas as vias, em qualquer momento, sem a necessidade de se considerar outros meios para reduzir os riscos. No entanto, na prática, o nível de segurança alcançado pelos esses meios será limitado por aquilo que é praticável, e por isso haverá sempre um risco residual de danos a outros usuários da via e para as pessoas que vivem ou trabalham nas proximidades. Este risco residual poderá ser insignificante para o transporte de pequenas quantidades de produtos perigosos ou produtos que são, apenas, levemente nocivos. Mas, para o transporte de grandes quantidades de produtos perigosos, especialmente, aqueles que são altamente perigosos, os riscos residuais podem ser significativos. É a redução deste risco residual que a designação (ou proibição) de rotas e redes para a circulação de produtos perigosos pretende abordar. Além disso, alguns locais podem atrair um grande número de pessoas em determinados horários do dia, mas não em outros (por exemplo, centros comerciais, não são movimentados depois das 22:00h). Assim, uma boa designação rotas e uma programação cuidadosa de horários de viagem, podem oferecer algum benefício na redução de risco.

2.2.2.1 O Papel das Autoridades Públicas

Segundo OECD (2003), o papel das autoridades públicas é:

- Estabelecer políticas, normas e práticas, e ter mecanismos em vigor para garantir a sua execução;
- Devem também rever regularmente e atualizar, conforme o caso, as políticas, regulamentos e práticas;
- Devem manter os envolvidos informados, sempre levando em conta, as evoluções relevantes, incluindo mudanças na tecnologia, as práticas comerciais, e os níveis de riscos em suas comunidades, bem como a experiência em aplicar as leis existentes e os históricos de acidentes;
- Devem procurar motivar as outras partes interessadas a reconhecer a importância da prevenção, preparação e respostas, tomando as medidas adequadas para minimizar os riscos de acidentes, na tentativa de atenuar os efeitos de eventuais acidentes que possam ocorrer;
- Devem estabelecer e fazer cumprir as regulamentações adequadas, promover iniciativas voluntárias, e estabelecer mecanismos para facilitar a educação e a troca de informações;

- Assegurar que sejam fornecidas e recebidas as informações adequadas para todas as partes relevantes;
- Promover a educação dos cidadãos sobre riscos químicos em sua comunidade. Para que os mesmos saibam o que fazer em caso de acidentes, e que estas pessoas possam participar efetivamente no processo de tomadas de decisão;
- Atuar de forma coordenada, pois a prevenção, preparação e a resposta para atendimento de emergência de um acidente químico é, por natureza, uma atividade interdisciplinar, envolvendo autoridades em diferentes setores e em diferentes níveis. Para se alcançar o resultado esperado, gerando medidas eficazes;
- Assegurar o atendimento para os acidentes, tentando minimizar as conseqüências, ajudando a reduzir as mortes e as lesões, protegendo o meio ambiente e as propriedades no entorno;
- Assegurar que as instalações que trabalham com produtos perigosos estejam localizadas adequadamente, levando em consideração a saúde dos moradores, o meio ambiente e a segurança das propriedades, em caso de um acidente. As políticas de planejamento do uso do solo podem evitar a implantação de novos empreendimentos próximos a fábricas que manipulam produtos perigosos. Podem, também, ser necessárias mudanças em instalações e edifícios já implantados para o cumprimento de novas normas de segurança.

2.2.2.2 A Experiência Internacional

Vários países adotaram políticas de roteirização do transporte de produtos perigosos, mas existe uma acentuada variação da natureza e extensão dessas políticas e alguns países consideram que não há necessidade de regulamentação formal sobre estas questões. A designação de rotas de transporte de produtos perigosos, no sentido de evitar uma área de grande concentração de pessoas foi estabelecida em muitos países europeus.

As rotas são geralmente definidas pelas autoridades locais responsáveis pelos centros de populacionais em questão. Em alguns países a designação de rotas só se aplica ao transporte de certos produtos considerados mais perigosos. Por exemplo, a Holanda aplica roteirização regulamentada a uma lista de substâncias que são julgadas como de “maior risco” (produtos explosivos, tóxicos e altamente corrosivos).

A Alemanha exige uma autorização escrita específica da autoridade competente do transporte rodoviário antes que determinados produtos perigosos (por exemplo, etano, metano e de ácido cianídrico) possam ser transportados por estrada.

Muitos países utilizam a designação de rotas restritivas para as viagens através de túneis.

Assim o transporte de produtos perigosos através de túneis importantes tais como *Arlberg*, *Tauern* e *Katschberg* na Áustria, só pode ser feito durante a noite e sob escolta. Um caminho para o transporte de produtos perigosos na Bélgica foi projetado para evitar o túnel *Kennedy* na Antuérpia. Na França, existem proibições e restrições para alguns túneis grandes, como o *Mont Blanc*, o *Fréjus* e o *Fourvières*.

No Reino Unido, a decisão sobre a escolha da rota é atribuída às empresas envolvidas no transporte. Em geral, considera-se que estas empresas irão selecionar as rotas evitando áreas de grande concentração populacional, sem que estas impliquem em um desvio muito grande. No entanto, no Reino Unido, as autoridades locais de *Cleveland* e *Gwent* estabeleceram esquemas locais voluntários para a designação de rotas.

No Canadá, os governos estaduais e municipais têm a responsabilidade da designação de rotas para produtos perigosos. Foram estabelecidos sistemas notáveis de roteirização em Alberta (*Calgary* e *Edmonton*) e Nova Scotia (*Halifax*), enquanto que em Montreal foram feitas restrições na roteirização aplicáveis nos túneis *La Fontaine* e *Ville Marie*.

Nos Estados Unidos, regulamentações federais fornecem requisitos gerais para roteirização e uma rede foi criada para os grandes caminhões. A *Federal Highway Administration* (FHWA) publicou orientações para a aplicação dos critérios para a designação de rotas para o transporte de produtos perigosos em 1980. Em 1981 o Departamento de Transportes (DOT) desenvolveu um modelo de avaliação de riscos para ajudar as pequenas comunidades na designação de rotas. Ambos os modelos têm sido utilizados para auxiliar a seleção de rotas locais. Além disso, há uma série de pontes, túneis e barcas onde é proibido ou restrito o transporte de produtos perigosos.

No Japão para que seja feito o transporte de pólvora e gases pressurizados, as autoridades competentes devem ser notificadas. Pode ser necessária a emissão de instruções para a roteirização deste serviço. Para os outros produtos perigosos, a seleção da rota é deixada ao critério dos transportadores, exceto para o transporte de determinados produtos perigosos que estão listados como proibidos para o seu

transporte por túneis com mais de cinco quilômetros de extensão e alguns túneis subaquáticos.

Segundo GOH *et al.* (1995), o transporte rodoviário de produtos químicos perigosos sempre foi uma preocupação em Cingapura, devido a sua densidade populacional elevada e pequena área. Os locais que usam e consomem produtos perigosos estão localizados em áreas remotas na ilha principal ou em outras ilhas no mar. No entanto, devido ao espaço limitado de terra, aumenta a dificuldade da realização deste serviço, no que tange à entrada e saída da grande zona industrial de modo que sejam evitadas as áreas residenciais. Um exemplo é área industrial de *Jurong*. Ela é servida por quatro estradas principais: *Jln Ahmad Ibrahim*, a *Pie*, *Boon Lay Way*, e *Jln Buroh*, que passam por áreas residenciais antes de alcançar qualquer outra área industrial, o porto ou o istmo (para produtos transportados por terra). O transporte de produtos perigosos em Cingapura é controlado pelo Ministério do Meio Ambiente e o Ministério de Assuntos Internos, respectivamente. O controle é fundamentado na Regra de Venenos (produtos perigosos) de 1986 e o Ato do Petróleo de 1985. Esta regulamentação visa controlar o transporte de produtos potencialmente perigosos, tóxicos e inflamáveis, para reduzir as conseqüências que podem advir da perda de contenção, durante o trânsito na rede viária. Em princípio as regulamentações atingem:

- Imposição da utilização de engenharia de som no design e construção de contentores e tanques usados no transporte de produtos perigosos;
- Restringir as rotas utilizadas, de maneira a prevenir a passagem dos veículos por áreas densamente povoadas ou bacias hidrográficas;
- Restringir a circulação de produtos perigosos durante o dia, quando o socorro está prontamente disponível para conter e solucionar qualquer acidente;
- Exigir da empresa requerente que ela prepare um plano de emergência para lidar com qualquer liberação acidental de substâncias perigosas transportadas.

Estes requisitos destinam-se a ajudar as autoridades a controlar o transporte de produtos perigosos e garantir a segurança da população. No entanto não existe uma metodologia abrangente para auxiliar as indústrias e as autoridades na avaliação do risco para a sociedade devido o transporte de produtos perigosos em Cingapura. Por isso, foi testada uma metodologia que se baseou principalmente no método utilizado pelo *Health and*

Safety Executive do Reino Unido, para a avaliação do risco social para o transporte de gás liquefeito de petróleo (GLP) por rodovia. O método implica em:

- Zoneamento da rota: fazer uma análise detalhada do segmento proposto para a rota em zonas de diferentes topografias, densidade populacional e condições meteorológicas;
- Identificar os perigos: estudar as propriedades do produto a ser transportado e determinar os possíveis transtornos causados pela descarga acidental do mesmo;
- Pesquisa de dados sobre acidentes e movimentação de produtos perigosos em questão: estabelecer a probabilidade de vazamento e estimar a frequência de eventos utilizando a análise da árvore de eventos;
- Estimativa das Zonas de Perigo: a aplicação de modelos adequados para estimar a zona de fatalidade para cada perigo identificado para as várias zonas da rota, e, portanto, avaliar as fatalidades para cada zona da rota; e
- Estimativa do Risco Social da Rota: estimar o risco social da rota e o risco social nacional de fatalidades estimadas e frequência de eventos.

Segundo BOTTO *et al.* (2002), a segurança foi sempre um dos interesses do *Joint Research Centre* (JRC) em *Ispra* na Itália, o qual lançou, em Julho de 2002, lançou um programa sobre o desenvolvimento e instalação de um sistema piloto para o controle de produtos perigosos nas províncias italianas de *Brindisi*, *Taranto* e *Veneza*, chamado SIMAGE, em nome do Ministério do Meio Ambiente. Este projeto que visa à realização de um sistema integrado de controle e prevenção da poluição e dos riscos ligados às atividades industriais no transporte de produtos perigosos, permite:

- O acompanhamento em tempo real do veículo;
- A avaliação dos riscos derivados de transporte;
- Sistema de alerta em caso de emergência;
- Gestão de suporte para casos de emergência.

Como foi relatado em DATLA (2004), pode-se usar o módulo de roteirização do TransCAD, que é um Sistema de Informações Geográficas específico da área de transporte, para escolher uma rota para o veículo que está transportando produtos perigosos. Enquanto se faz a roteirização para cada tipo de veículo, temos que considerar o risco de eventuais derramamentos acontecerem. Se algum acidente ou

derrame ocorrer a partir desses veículos, poderá gerar danos para a vida humana, bem como para as propriedades no entorno. Tais ocorrências não podem ser evitadas, mas é possível minimizar os prejuízos, permitindo que a população tenha o mínimo de exposição, com relação a estes veículos, ao longo de uma faixa com uma largura selecionada. Os danos às propriedades ao longo da estrada poderiam ser minimizados se não for permitido que o veículo passe por áreas com um grande número de propriedades ao longo do seu trajeto. Pode-se calcular a quantidade exata da população que entra na faixa, de modo que se assume o número de pessoas como uniformemente distribuído na faixa. O procedimento para encontrar o percurso é composto por:

- a) Criar faixas de largura especificada para todos os links;
- b) Gerar todos os caminhos disponíveis entre a origem e o destino e encontrar a população total proveniente da área da faixa;
- c) Calcular a população total que entra na faixa pela análise de superposição;
- d) Selecionar o caminho que tem a exposição mínima com a população.

O seguinte algoritmo irá mostrar como fazer as correções e as análises. Este algoritmo é apresentado sob a forma de fluxograma na Figura 2.1.

Cada vez que o usuário executar o módulo, ele precisará escolher valores maiores ou menores de largura da faixa, baseados no tipo de produto químico transportado pelo veículo. Em seguida, o usuário receberá uma opção para selecionar qualquer origem e destino. O módulo irá gerar o caminho que tem uma menor exposição humana, em comparação com outros caminhos. O resultado deste módulo é mostrado na Figura 2.2. Embora existam vários caminhos menores entre origem e destino, é gerado o caminho onde há o menor risco.

Em grandes áreas metropolitanas, o tráfego de bens necessita uma atenção especial com relação à segurança de circulação. Várias medidas são tomadas para regulamentar e controlar a movimentação dos mesmos por métodos manuais. O estudo científico realizado para atualizar as condições da estrada, bem como a compreensão da capacidade para acomodar os veículos com restrições específicas por transportar produtos perigosos, é um exemplo útil na área de gerenciamento de desastres.

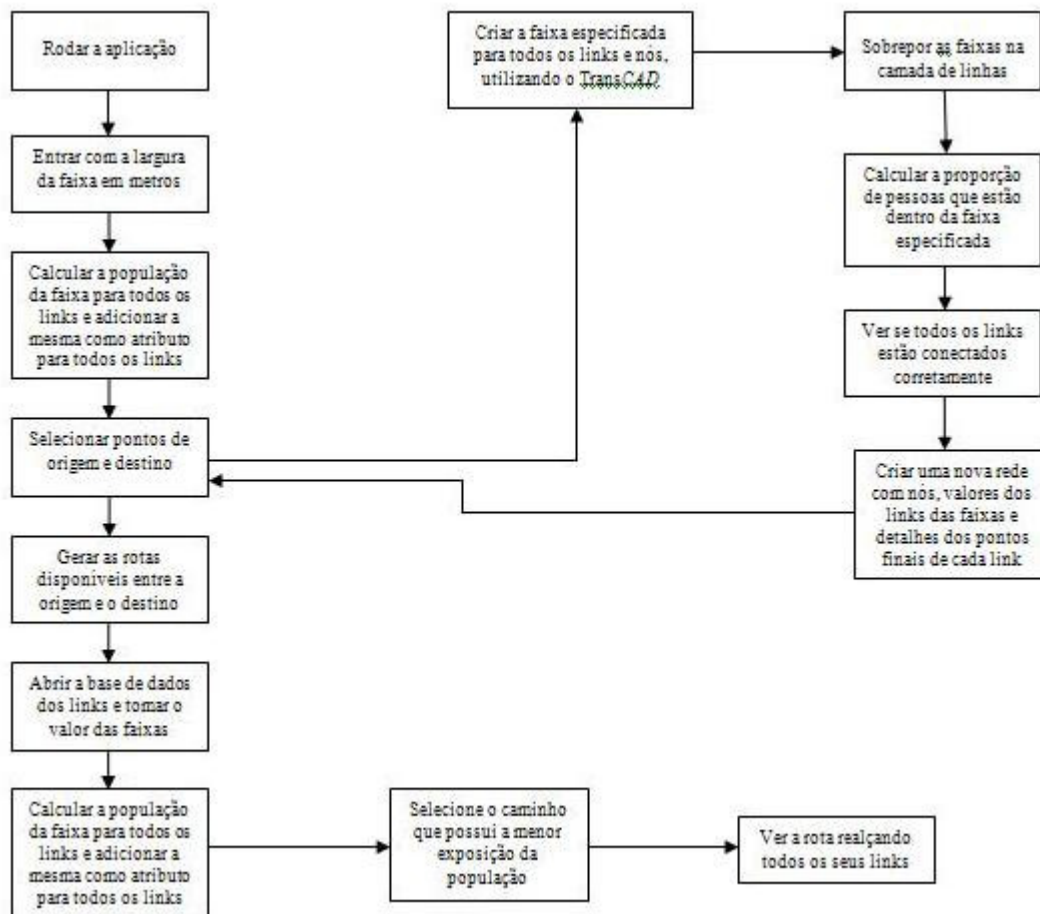


FIGURA 2.1 - Fluxograma do Módulo de Roteirização de Produtos Perigosos.

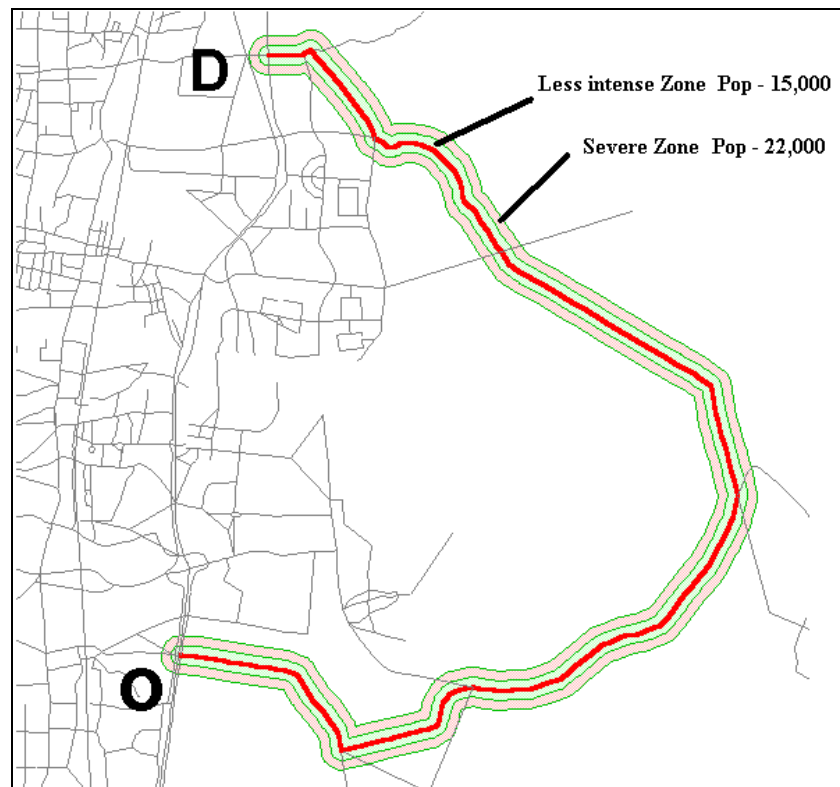


FIGURA 2.2 - Resultado do Módulo de Roteirização de Produtos Perigosos.

Segundo DAMODARAN *et al.* (2003), modelos de previsão para determinar a probabilidade de ocorrência de derramamentos de materiais perigosos podem ser úteis, já que apontam os locais destinados à aplicação de tecnologias voltadas à diminuição de seu número. Por isso, foi feito um estudo para a determinação da probabilidade de ocorrer um derramamento de produtos perigosos nas vias de *New Jersey*.

A metodologia é baseada numa equação utilizada pela *British Highways Agency*. Os parâmetros utilizados pelos britânicos foram modificados de modo a refletir as condições que melhor se enquadram ao estado de Nova Jersey.

Usando a probabilidade calculada a partir deste método, o intervalo de reincidência, que é o intervalo de tempo entre acidentes com produtos perigosos, é determinado. Baseado no intervalo de reincidência, segmentos com as maiores chances de acontecimento de acidentes com produtos perigosos são identificados. Assim, mediante a identificação de locais propensos ao perigo, são adaptadas melhores soluções de engenharia.

A metodologia inglesa determina a probabilidade de um grave derramamento acidental acontecer e foi calculada utilizando a seguinte equação:

$$P = CV \cdot TD \cdot (TMDA \cdot 365 \cdot 10^{-6}) \cdot \left(\frac{\%VPC}{100} \right) \quad (2.1)$$

Onde:

P = probabilidade do acontecimento de um grande derramamento;

CV = comprimento da via em quilômetros;

TD = Taxa de derramamento;

TMDA = volume médio diário anual;

%VPC = porcentagem de veículos pesados de carga.

Para obter as taxas de derramamento o primeiro passo foi determinar o número de acidentes com produtos perigosos a partir da base de dados de acidentes. Os dados de acidentes entre 1997 e 2000 foram utilizados para determinar o número de acidentes com produtos perigosos no estado. Com base no número de acidentes e os milhões de quilômetros viajados por veículos pesados de cargas, as taxas de derramamento são calculadas como:

$$TD = \frac{NAA}{MQV \cdot 365} \quad (2.2)$$

Onde:

TD = taxa de derramamento;

NAA = número de acidentes por ano;

MQV = quilômetros viajados pelos veículos de carga.

Calgary é a cidade mais populosa do estado canadense de Alberta, e a terceira mais populosa do país. Localiza-se no sul da província, a cerca de 80 quilômetros do leste das Montanhas Rochosas. Sua população é de 991.759 habitantes, possuindo aproximadamente 1,06 milhões de habitantes na sua região metropolitana. Fundada em 1875, Calgary é atualmente um centro financeiro e comercial, onde estão localizadas as sedes das principais empresas petrolíferas do Canadá (NELSON, 2006).

A cidade de *Calgary* iniciou um estudo para desenvolver dois produtos:

- Uma política delineando diretrizes e os princípios para a seleção de rotas para o transporte de produtos perigosos;
- Uma ferramenta para ser utilizada na avaliação de rotas para o transporte de produtos perigosos.

Um grupo de interessados foi formado para o estudo e incluiu a seguinte representação:

- A cidade de *Calgary*;
- A *Alberta Motor Transport Association* (AMTA);
- O Alberta Infraestruturas e Transportes (AIT);
- O Centro de Engenharia de Transportes e Planejamento (C-PTE);
- A Universidade de *Calgary*.

Foi feita uma revisão bibliográfica para investigar as práticas nas seguintes jurisdições: *Ottawa, Hamilton, Saskatoon, Vancouver e Edmonton*.

A principal motivação desta pesquisa foi inexistência de um procedimento quantitativo nos locais citados, para a revisão das rotas destinadas ao transporte de produtos perigosos. Além disso, não havia, para a Administração Municipal, orientação sobre como avaliar as rotas destinadas ao transporte de produtos perigosos. A maioria das jurisdições abordava o tema baseando-se na experiência da administração local ou de especialistas da indústria. Baseado, em parte, nos resultados da revisão bibliográfica e na prática das jurisdições pesquisadas, um grupo de interessados desenvolveu uma lista de critérios de avaliação que considerou: a gerência dos riscos, implicações sociais, o impacto ambiental, bem como considerações econômicas em determinar se as rotas poderiam ser elaboradas, exclusivamente, para o transporte de produtos perigosos. A documentação foi finalizada e aprovada pelo Conselho da cidade de *Calgary*, em janeiro de 2006.

A cidade de *Calgary* reconheceu que havia a necessidade de reavaliar a rede de rotas para produtos perigosos existente, levando em conta a recente e futura expansão da rede viária e as mudanças na legislação sobre a manipulação com produtos perigosos. Além disso, a cidade de *Calgary* precisava garantir uma abordagem integrada entre o desenvolvimento do uso do solo e a rede viária.

DILGIR *et al.* (2005) relata que a segurança viária é o critério fundamental na seleção e gestão eficaz das rotas de produtos perigosos. O Centro de Planejamento e Engenharia de Transportes, localizado na Universidade de *Calgary*, deu início a um projeto de pesquisa para determinar como incorporar a segurança na designação de uma rede de rotas de produtos perigosos, que são comumente estabelecidas para melhorar a segurança pública. Porém, limitar a circulação de produtos perigosos para uma determinada rota pode resultar em uma concentração de riscos em certas áreas. As rotas para produtos perigosos podem afetar a exposição ao risco para o meio ambiente e a

população. Além de impô-lo para um seletivo grupo de pessoas e regiões geográficas. Determinadas rotas podem apresentar uma maior probabilidade de um acidente, devido à configuração geométrica, as condições meteorológicas ou outras características resultantes da liberação de substâncias perigosas. Os objetivos do estudo, que foi feito pelos funcionários da administração municipal de *Calgary*, são os seguintes:

- Criar um novo conjunto de critérios para minimizar o risco de derrames nas rotas de produtos perigosos;
- Analisar a adequação da rede atual;
- Identificar potenciais alterações e atualizações das rotas, utilizando um processo transparente e repetitivo;
- Desenvolver cenários “E se” para examinar as alternativas de desvio do tráfego quando uma rota estiver bloqueada, devido a uma situação de emergência;
- Documentar as implicações de permitir novos empreendimentos com uma grande concentração de pessoas ao longo das rotas.

Os critérios e os processos estabelecidos para a seleção das rotas para produtos perigosos no estudo serão igualmente aplicáveis a outras cidades em Alberta, com pequenas modificações para as condições locais.

Os produtos perigosos de todas as categorias são produzidos, utilizados, armazenados e transportados em grandes áreas urbanas. Cada classificação e subclassificações têm prescritas onde e o que deve ser apresentado no exterior de caminhões. Em caso de um incidente, é importante para o serviço de socorro conhecer a natureza do produto perigoso envolvido.

Para estabelecer rotas para produtos perigosos, uma comissão multidisciplinar deu atenção para os seguintes fatores:

- Volume de tráfego (incluindo uma classificação por tipo de veículo);
- Taxa de acidentes atuais;
- Hierarquia viária;
- Uso do solo no entorno;
- Drenagem superficial e profunda;
- Atendimento para o caso de emergências;

- Previsão dos produtos que serão transportados.

O número de incidentes em que há veículos transportando produtos perigosos nas ruas da cidade é extremamente baixo, por isso, não é possível tirar quaisquer conclusões diretas destes dados. O Município, contudo, desenvolveu um método para avaliar o risco para os veículos que transportam produtos perigosos. Considerou-se que todo o tráfego seria exposto a riscos similares. Foram recolhidas as informações sobre o número de veículos que transportam produtos perigosos ao longo de um determinado percurso, para complementar o volume de tráfego disponível e os dados de acidentes.

Uma fórmula simples que foi desenvolvida para estabelecer o percentual de tráfego que transporta produtos perigosos, foi utilizada para determinar a probabilidade de acontecer um acidente baseada na taxa de acidente conhecida.

$$P = \left(\frac{nvtpp}{ntv} \right) * tta \quad (2.3)$$

Onde:

P = probabilidade de acontecer um acidente;

nvtpp = nº de veículos que transportam produtos perigosos;

ntv = nº total de veículos; e

tta = taxa total de acidentes.

Segundo NELSON (2006), o seguinte processo, mostrado na Figura 2.3, foi implantado na Cidade de *Calgary* para a avaliação das rotas existentes e criação de rotas alternativas:

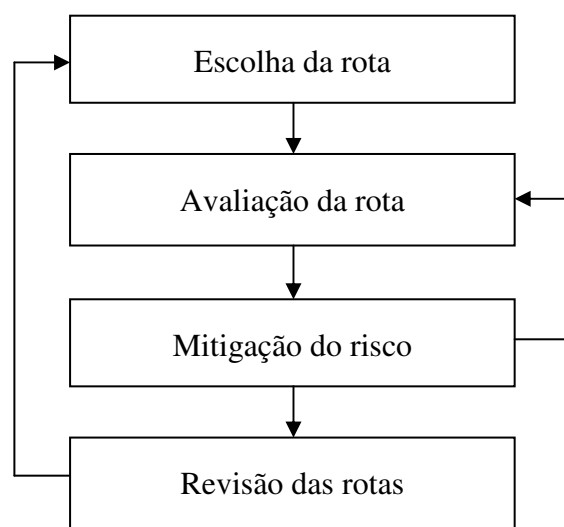


FIGURA 2.3 - Processo de avaliação de rotas para produtos perigosos

- a) Escolha de uma rota: é um processo subjetivo para determinar se uma rota é necessária ou se existem alternativas.
- b) Avaliação de uma rota: é um processo objetivo de avaliação, usando critérios específicos para desenvolver uma matriz de risco.
- c) Mitigação do Risco: fornece a redução dos riscos para satisfazer o nível tolerável. Exemplos de mitigação dos riscos são: melhorar a qualidade do pavimento, adicionar mais faixas a pista, proteger os cursos d'água etc.
- d) Revisão das Rotas: as rotas devem ser revistas a cada 5 anos. A revisão pode ser iniciada num período de tempo menor, se houver mudanças significativas na rede viária.

2.2.3 Procedimentos para o Atendimento de Acidentes com Produtos Perigosos

Quando ocorrem acidentes com produtos perigosos, segundo SULLIVAN Jr e. KRIEGER (2001), uma equipe especialmente treinada é chamada para a realização do controle da situação. Normalmente, os primeiros a chegarem ao local são a polícia, bombeiros e os serviços médicos de emergência, que devem, de forma célere e precisa, identificar os produtos envolvidos, avaliar o grau de risco e determinar se são necessárias ações de proteção para a equipe e para o público no local. Muitas vezes, o sucesso da missão depende das ações tomadas nos primeiros minutos após a chegada no local.

O serviço de emergência está condicionado para a rápida interveniência da equipe para salvar vidas e o proteger o patrimônio. Uma resposta rápida e o pronto atendimento das vítimas são ações desejáveis de qualquer equipe. O diferencial, que permite que as ações de emergência sejam bem sucedidas, é a ciência do tipo de produto perigoso envolvido. As placas específicas colocadas nos veículos e os sistemas de documentação são as melhores ferramentas para ajudar no reconhecimento do produto em questão. A informação é a chave para a mitigação segura e efetiva dos riscos nos serviços de emergência para este tipo de incidente. O primeiro membro da equipe que chega ao local deve recolher as informações sobre o ocorrido para orientar as outras equipes que estão chegando, para prevenir futuros danos ou contaminações. A polícia, os bombeiros e o serviço de emergência devem começar o serviço de recolhimento de informações pertinentes das partes envolvidas e transmitir rapidamente às unidades do serviço. As

seguintes informações ajudam as equipes que chegam ao local a tomarem as providências necessárias e começarem o serviço:

- Endereço exato e nomes das pessoas envolvidas;
- Nomes e tipos dos materiais envolvidos;
- Tipos e número de contêineres envolvidos;
- Situação do produto (se há derramamento, se há incêndio etc.);
- Placas, rótulos e os números de identificação do produto;
- Se o produto está sendo transferido, descarregado ou misturado;
- Estado físico do produto (sólido, líquido ou gasoso);
- Quantidade do produto;
- Número de vítimas;
- Situação das vítimas;
- Situação de exposição das vítimas;
- Tipo de perigo (biológico, radioativo ou explosivo).

A equipe que chegou primeiro no local pode usar várias fontes ou indícios para detectar a presença do produto perigoso e identificá-lo. Eles devem saber como tratá-lo com segurança, ou seja, após identificar a substância e determinar os seus malefícios, devem minimizar o risco de exposição e de contaminação. A equipe de emergência nunca deve se expor intencionalmente a odores ou chegar muito próximo dos produtos derramados. Eles devem observar e responder apropriadamente as seguintes condições:

- Aos odores tóxicos, a falta deles ou odores não usuais. Alguns materiais como o hidrogênio sulfúrico, paralisam os sentidos olfativos depois de pequenas inalações;
- Uma nuvem de vapor causada pelo efeito de refrigeração de um gás liquefeito, como o propano ou líquido criogênico como oxigênio líquido que se transforma em gás quando ele escapa do seu contêiner.
- Vapores, possivelmente, devido o derrame de substância corrosiva, como ácido nítrico concentrado, que emite fumaça escura.
- Irritação nos olhos, nariz e garganta. O derrame de cloro ou amônia pode causar um ligeiro desconforto, abater ou matar. A direção do vento muda e sopra uma fumaça concentrada para a equipe de socorro ou os passantes.

- Raramente incêndios grandes e intensos para o tamanho do prédio, veículo ou contêiner envolvido pode ser a única resposta de quais produtos perigosos estejam envolvidos;
- Incêndios que não diminuem, ou realmente intensificam, com a aplicação de água;
- Explosões;

Às vezes, a equipe de emergência corre um grande risco quando o perigo não está visível facilmente. Este é o caso quando policiais, bombeiros e as equipes médicas se expõem sem conhecer os produtos tóxicos, inflamáveis ou explosivos. A perda de vidas tem acontecido quando bombeiros, que geralmente são bem treinados para adotar procedimentos e reconhecimento de produtos perigosos, estiverem inseguros da presença de perigos e abordarem um incidente como se fosse uma operação rotineira. A equipe de resgate deve ter um cuidado extremo quando se aproxima de uma pessoa deitada no chão por razões desconhecidas, ou eles podem se tornar vítimas de um material tóxico desconhecido.

No Anexo I foram colocadas as prescrições particulares para cada classe de produtos perigosos, em caso de acidente.

2.3 Análise de Risco

2.3.1 Introdução

Segundo ARAÚJO (2001) a nova realidade representada pela revolução industrial trouxe a necessidade para o desenvolvimento sustentável e a necessidade de adotar procedimentos preventivos, o que nos levou a diferenciar o conceito de risco e perigo.

- a) Risco: é a parte integrante e inseparável de um determinado produto químico, atividade ou processo, que não pode ser eliminado; a não ser que desapareça a fonte geradora.
- b) Perigo: é a extensão de uma atividade com um potencial de risco que necessita de procedimentos e medidas de controle para garantir a segurança dos funcionários e a preservação do patrimônio e do meio ambiente.

Após a ocorrência dos grandes acidentes industriais, os estudos de análise de risco passaram a ser exigidos pelos órgãos ambientais para a elaboração de planos de emergência.

A expectativa em relação a tais estudos é a de que possam ser identificados previamente os perigos e apresentadas medidas de controle preventivas, de modo a evitar ou minimizar os efeitos nocivos à comunidade e os impactos ao meio ambiente. Os estudos de análise de risco estariam incompletos se não estivessem associados a uma estimativa dos danos prováveis do acidente.

Não se deve esperar o “risco zero” de qualquer atividade industrial, por isso a importância e a necessidade em elaborar e implantar planos de emergência para garantir que o atendimento ao acidente seja rápido e eficiente, com o objetivo de minimizar as suas consequências.

Uma emergência química se caracteriza por eventos indesejáveis durante o transporte, manuseio, armazenagem e transferência de produtos que podem resultar em incêndio ou explosão, vazamento de gases ou vapores tóxicos, causando graves lesões aos funcionários, clientes ou população e danos ao meio ambiente.

A produção, armazenagem, manuseio e transporte de produtos perigosos em áreas urbanas tem proporcionado a ocorrência de acidentes, colocando em questionamento os mecanismos existentes, públicos e privados, para garantir a segurança destas operações.

2.3.2 Abordagens Pesquisadas

Segundo CASSINI (1998) são dados necessários para a análise do risco de acidente de um veículo que transporta produtos perigosos:

- Densidade populacional na área geográfica em estudo (tendo a possibilidade de se levar em conta variações diárias e sazonais);
- Tráfego de todos os veículos e rotas prognosticadas (tendo a possibilidade de se levar em conta variações diárias e sazonais);
- Tráfego de produtos perigosos: natureza dos produtos, tráfego anual, evoluções previstas;
- Meteorologia na área geográfica em estudo;
- *Layout* das rotas (que são divididas em “segmentos” com a probabilidade constante da ocorrência de acidentes para cada cenário).

MARSHALL (1982) relata que os cinco principais fatores que governam a severidade do derramamento de um produto perigoso são:

- a) Propriedades intrínsecas: inflamabilidade, toxicidade, instabilidade;

- b) Energia dispersiva: pressão, temperatura, estado da matéria, volatilidade;
- c) Quantidade;
- d) Fatores ambientais: topografia e clima;
- e) Densidade da população nos arredores e proximidade de propriedades.

Os dois últimos fatores podem ser considerados constantes ou imutáveis. Estes fatores são independentes do tipo de produto perigoso. Os outros três fatores dependem do tipo de material e fornecem uma indicação dos danos potenciais dos materiais. A quantidade é um fator que pode ser controlado através de regulamentação. A quantidade permitida vai depender fundamentalmente das propriedades da substância. O dano potencial de produto perigoso pode ser reduzido de forma eficaz para uma magnitude tolerável pela redução da quantidade transportada.

O dano potencial é uma função de propriedade intrínseca e da energia dispersiva do material. Por definição pacotes ou grupos para cada classe de produto perigoso são baseados no seu dano potencial, com as condições ambientais e densidade da população assumida como constantes, a severidade das conseqüências torna-se somente função da quantidade envolvida.

Segundo MULLIGAN *et al.* (1998), a comunicação do risco é definida como uma comunicação bidirecional entre os interessados sobre a existência, natureza, forma, gravidade ou aceitabilidade dos riscos. É vital a importância do entendimento dos conceitos básicos da comunicação do risco para assegurar que a comunicação entre os envolvidos é integral no processo de gerenciamento dos riscos. O foco da comunicação dos riscos tem evoluído desde os meados dos anos 80, a partir da preocupação com a melhor maneira de informar ao público sobre os aspectos técnicos da avaliação dos riscos para o início do processo e um diálogo constante entre envolvidos. Embora as orientações sobre comunicação dos riscos tenham sido preparadas por vários órgãos, colocar os princípios em prática é um processo de longo prazo que requer consideráveis recursos de tempo e esforço.

A comissão presidencial e do congresso americano de avaliação e gerenciamento de risco destaca a importância de um diálogo aberto entre os gestores de riscos e os envolvidos para o gerenciamento efetivo dos riscos. Uma boa decisão para o gerenciamento do risco resulta de um processo de tomada de decisão que extrai as

visões daqueles afetados pelas decisões a fim de que diferentes técnicas de avaliação, valores públicos, conhecimentos e percepções sejam consideradas.

As incertezas e valores assumidos sobre a natureza e significado do risco são inerentes às decisões de gerência do risco. Os envolvidos podem trazer para as negociações informações e perspectivas que serão cruciais para a decisão do processo. Acadêmicos, profissionais, lideranças concordam que o processo onde as agências tomam as decisões é crítico, e de fato, muitas vezes, mais crítico do que a decisão tomada. O intercâmbio contínuo de informações e idéias entre os gestores de risco e o público afetado é fundamental para o processo de gerenciamento de risco como um todo. É crucial para promover a confiança no processo de decisão e, por conseguinte, garantir o êxito da empreitada. A experiência mostra, cada vez mais, que decisões tomadas com a participação dos gestores do processo e as pessoas afetadas são mais eficazes e duráveis. Os riscos associados à comunicação de risco ineficaz incluem a perda de credibilidade da gestão, conflitos desnecessários e onerosos para o governo, processos de aprovação de projetos difíceis e dispendiosos, debates demorados, conflitos entre as partes interessadas, desvio, por parte dos gestores, da atenção para problemas de menor importância, empregados críticos e que não colaboram e sofrimento desnecessário, devido altos níveis de ansiedade e medo.

Quando os cidadãos participam de uma decisão sobre o gerenciamento do risco, eles são mais suscetíveis a aceitá-las por três motivos:

- Eles instituíram mudanças que lhes parecem mais aceitáveis;
- Eles aprenderam a razão porque os técnicos consideraram a decisão aceitável;
- Eles foram ouvidos e não excluídos, e assim podem apreciar a legitimidade da decisão, mesmo que eles não gostem da mesma.

Muitas são as técnicas existentes que visam à identificação, análise e avaliação de riscos. Segundo ALBERTON (1996), as práticas mais utilizadas em cada uma das três primeiras fases do gerenciamento de riscos são:

- a) Técnica de incidentes críticos: utilizada na fase de identificação dos riscos, onde o seu objetivo principal é identificar erros e condições inseguras que contribuem para a ocorrência de acidentes, para isso faz uso de uma amostra aleatória estratificada de observadores/participantes, selecionados dentro de uma população.

- b) *What-if*: também utilizada na fase identificação dos riscos, esta técnica examina ordenadamente as respostas do sistema frente às falhas de equipamentos, erros humanos e condições anormais do processo.
- c) Análise preliminar dos riscos: utilizada na fase de análise dos riscos, é uma análise inicial qualitativa, desenvolvida na fase de projeto e desenvolvimento de qualquer processo, produto ou sistema, possuindo especial importância na investigação de sistemas novos e/ou pouco conhecidos. Apesar das características básicas de análise inicial, é muito útil como ferramenta de revisão geral de segurança em sistemas já operacionais, revelando aspectos que às vezes passam despercebidos.
- d) Análise de operabilidade de perigos: também utilizada na fase de análise dos riscos, esta é uma técnica de análise qualitativa desenvolvida com o intuito de examinar as linhas de processo, identificando perigos e prevenindo problemas. Porém, atualmente, a metodologia é aplicada também para equipamentos do processo e para sistemas. A análise, nesta técnica, é feita a partir de palavras-chaves que guiam o raciocínio dos grupos de estudo multidisciplinares, fixando a atenção nos perigos mais significativos para o sistema.
- e) Análise da árvore de eventos: é um método lógico-indutivo para identificar as várias e possíveis conseqüências resultantes de um certo evento inicial. Esta técnica busca determinar as freqüências das conseqüências decorrentes dos eventos indesejáveis, utilizando encadeamentos lógicos a cada etapa de atuação do sistema.
- f) Análise por diagrama de blocos: utiliza-se um fluxograma em blocos do sistema, calculando as probabilidades de sucesso ou falha do mesmo, pela análise das probabilidades de sucesso ou falha de cada bloco. A técnica é útil para identificar o comportamento lógico de um sistema constituído por poucos componentes.

ANG e BRISCOE (1989) sugeriram uma estrutura para a análise do risco em transporte baseada na experiência da indústria nuclear. Uma das idéias chave nesta abordagem é decompor o problema em três estágios: (1) a determinação da probabilidade de um evento indesejável acontecer; (2) a determinação do potencial de exposição das pessoas

e das propriedades, dado a natureza do evento; e (3) a estimativa da magnitude das conseqüências, considerando a exposição.

Conceitualmente, cada estágio do processo descrito anteriormente produz uma ou mais distribuições de probabilidade, com dois dos três estágios envolvendo distribuições condicionais. Estes três tipos de distribuição podem ser combinados para produzir uma distribuição resultante do potencial de conseqüências para uma atividade específica. Um atalho freqüente é computar somente o valor esperado para cada distribuição produzindo uma “perda esperada” como medida de risco. Em outros casos, o único foco é o segundo estágio e a exposição da população, que é assumida como um evento de “pior caso” é usado como medida de risco sem levar em consideração a probabilidade de cada evento, ou a probabilidade de várias conseqüências, dada a exposição.

A estimativa da probabilidade de vários tipos de incidentes é geralmente baseada em: (1) estimativas de taxas de acidentes envolvendo veículos transportando cargas perigosas, e (2) estimativas da probabilidade da liberação (derrame) de material num acidente. Existe um grande número de estimativas para taxas de acidentes na literatura, mas há pouco consenso sobre a precisão e utilidade destas estimativas. Para cada aplicação particular é desejável que se tenha uma estimativa da probabilidade que o veículo, do tipo que está sendo considerando, seja envolvido num acidente com um conseqüente derrame de material perigoso, num local específico e sob um dado conjunto de condições ambientais. Contudo, os dados disponíveis geralmente não esclarecem as condições do evento.

As principais dificuldades para a criação de estimativas específicas são: (1) selecionar do conjunto de acidente/incidentes relatados aqueles que representam eventos relevantes que possam contribuir para a estimativa; (2) determinar uma medida apropriada de exposição que seja consistente com as definições dos eventos de interesse; e (3) reconhecer a incerteza nas estimativas com o resultado de pequenos números de acidente/incidentes em categorias específicas e a provável falta de registros de incidentes.

ZOGRAFOS e DAVIS (1989) propuseram um modelo de programação de metas que tem com objetivo a minimizar:

- a) Risco para a população;
- b) Danos a propriedades;

- c) Custo de operação do caminhão;
- d) Distribuição dos riscos nos arcos da rede.

A estrutura espacial citada nos modelos acima é uma rede de vias que consiste num conjunto de N nós e L arcos $l(n_i, n_j)$, sendo $n_i, n_j \in N$.

Além disso, um parâmetro $r(n_i, n_j)$ é associado a cada segmento $l(n_i, n_j)$ da rede, expressando o risco relativo de exposição da população aos efeitos do acidente naquele segmento. Independente do local específico do acidente ao longo de $l(n_i, n_j)$ o risco associado é considerado constante.

BATTA e CHIU (1988) introduziram um modelo geral que leva em conta as variações do parâmetro de risco devido ao local específico do acidente. Neste modelo a população é considerada distribuída ao longo dos segmentos de rede e somente os efeitos danosos (relativos a uma explosão acidental) são levados em conta. Estes efeitos são modelados pela designação apropriada dos pesos dos segmentos da rede que estão situados a uma distância limite λ do centro populoso.

Todos os modelos anteriores são caracterizados pelas seguintes limitações:

- 1) Todos eles objetivam, direta ou indiretamente, minimizar os efeitos danosos provenientes de uma explosão, sem que seja levados em conta os efeitos da emissão de poluentes pelo ar, que podem contaminar uma grande área geográfica. Ainda com relação aos efeitos danosos (que são inversamente proporcionais à distância do acidente) eles são iguais para todos os locais que pertencem a uma distância limite λ do local do acidente.
- 2) As condições meteorológicas na hora do acidente (principalmente os ventos) não são levadas em conta.
- 3) A estrutura urbana (a distribuição da população) é muitas vezes simplificada.

Segundo ERKUT e VERTER (1995), a modelagem para o transporte de produtos perigosos, presente no guia do Departamento de Transportes (DOT) dos EUA sugere que o transporte de risco deve ser definido como um produto da probabilidade de haver um acidente onde haja a liberação de um produto perigoso e a indesejável consequência desta liberação. Embora a liberação de uma carga perigosa possa ter um número de consequências indesejáveis, como prejuízo financeiro, fechamento de vias e poluição do

meio ambiente, muitos pesquisadores têm se preocupado com as consequências na população. Estas consequências podem ser: evacuação da área, ferimentos e morte. O impacto exato depende da natureza do produto perigoso e do tipo de acidente. Contudo, é seguro assumir que o impacto pode ser diretamente proporcional ao tamanho da população próxima ao local do acidente. Muitos autores têm usado o produto da probabilidade do acontecimento de um acidente e o número de pessoas que residem a uma determinada distância da via para estimar o risco do transporte de produtos perigosos num dado segmento da via. Sendo esta definição de risco aceita, pode-se achar o risco das rotas possíveis, e em seguida, seleciona-se a rota com menor risco para o carregamento.

FRANK *et al.* (2000) relatam que o transporte de produtos perigosos coloca a população em risco. Pessoas que moram ou trabalham próximo de vias por onde, normalmente, são transportados produtos perigosos se deparam com os maiores riscos. Uma cuidadosa seleção de vias utilizadas para esse tipo de transporte pode reduzir de maneira considerável o risco para a população. A seleção da rota é, portanto, um processo para a resolução do conflito entre o risco para a população e a eficiência do serviço. Para resolver este problema foi criado um sistema de suporte a decisão espacial chamado *Hazmat Path*. Este sistema superou três desafios significantes: trabalhar numa rede real, oferecer uma heurística sofisticada para gerar rotas e funcionar num computador pessoal.

Segundo LEONELLI *et al.* (2000) a construção da função custo para o transporte de produtos perigosos significa fixar um critério que permite julgar uma rota, que significa dizer: esta rota é ruim ou esta rota é boa ou esta é a melhor rota. Obviamente este critério depende do interesse da categoria envolvida. Por exemplo, para os motoristas de caminhão a melhor rota será aquela com o menor tempo de viagem; para os moradores a melhor rota passará por outra via, que não seja a deles; para a transportadora a melhor rota será a mais barata; para as autoridades o interesse está focalizado na prevenção de acidentes e danos para as propriedades, que significa a criação de leis que regulem o movimento de cargas perigosas sem impedi-lo.

Segundo LIST *et al.* (1991) muitas técnicas analíticas usadas para a estimação do risco foram desenvolvidas originalmente para o uso da indústria de energia nuclear e algumas das primeiras aplicações de análise de riscos em transportes foi associada ao ciclo de combustíveis nucleares. Numa série de estudos feitos pelo *Battelle's Pacific Northwest*

Laboratory os riscos de transportar urânio e plutônio em caminhões, trem e aviões foram analisados. Estes estudos utilizaram a análise da árvore de falhas como método para estimar a probabilidade de vários tipos de eventos que nunca tinham sido observados e representam a aplicação de um método desenvolvido para a análise da segurança de um reator nuclear.

Devido à sua localização particular, há um grande fluxo de produtos perigosos na cidade de Messina (MILAZZO *et al.*, 2002). Muitas destas substâncias são provenientes das áreas mais industrializados da Sicília. Estas cargas chegam à cidade por via ferroviária ou rodoviária. Um inventário completo dos produtos perigosos, que foram detalhados nesta pesquisa, foi a base de uma análise dos riscos completa, cujos resultados, obtidos por meio do programa TRAT2, foram analisados e discutidos. A importância dos parâmetros foi obtida tanto da distribuição individual de risco como das curvas do risco social, o que sugeriu medidas para melhorar a segurança da área urbana.

COVA e CONGER (2004) relatam que existem muitas perguntas que são direcionadas para a análise de perigos no transporte. No caso mais simples, poderíamos montar uma lista dos riscos potenciais que podem afetar um sistema de transporte de uma região. Isso poderia ser conseguido através da criação de uma matriz de perigo (perigo x modo de viagens), que indica se um determinado perigo ameaça um modo. O próximo passo seria a identificação de onde e quando estes eventos poderão acontecer. Isto é, normalmente, abordado de duas perspectivas. Em um caso, poderíamos mapear o potencial de cada perigo em uma região e destacar as áreas de um elevado risco rodoviário, ferroviário, dutoviário e com redes de transmissão, para identificar os pontos onde os dois coincidem. No outro caso, poderíamos selecionar um trecho de via e um inventário dos perigos potenciais. A primeira abordagem requer um método de mapeamento dos perigos. Isto pode ser dividido em modelagens dedutivas e indutivas para o mapeamento de perigos. Numa abordagem dedutiva, um analista constrói um modelo físico do processo utilizando equações. Por exemplo, se deslizamentos são o perigo em questão, pode-se utilizar equações de instabilidade da encosta, para determinar locais perigosos. Numa abordagem indutiva para o mapeamento de locais ameaçados um estudo empírico é realizado para mapear eventos passados, com o objetivo de determinar as condições que levam a sua ocorrência. Áreas com características semelhantes são identificadas com técnicas de sobreposição de mapas. A

maioria das análises de perigo confia nas duas abordagens citadas anteriormente, sendo que eventos passados podem ajudar a construção de um modelo dedutivo do processo.

Há uma série de importantes dimensões na análise dos perigos de transporte, a maioria referente às escalas espaciais e temporais. A escala espacial inclui tanto a extensão do estudo e a resolução ou detalhes. A extensão espacial poderá ser global, nacional, regional, local ou de um indivíduo em um trecho da rede. A extensão temporal também é importante. A questão central é o horizonte de tempo de estudo, o qual pode variar de um único período de tempo, para qualquer duração. O tempo é importante também porque muitos dos ciclos afetam o potencial de perigo. Estradas com gelo são mais comuns de noite no inverno, isso varia sazonalmente e diariamente. Deslizamentos ocorreram mais freqüentemente durante a estação chuvosa, avalanches ocorrem no inverno e incêndios durante a estação seca.

A vulnerabilidade é um foco crescente nas pesquisas das ameaças aos sistemas de transporte. A sensação de vulnerabilidade não é uniforme para todas as pessoas, os veículos, a infra-estrutura e o meio ambiente. A vulnerabilidade pode referir-se à vulnerabilidade física dos usuários ou o potencial para um incidente diminuir a utilização de um sistema de transporte. A vulnerabilidade, no contexto de transporte, pode ser abordada sobre o ponto de vista da confiabilidade da rede, pois uma rede confiável é menos vulnerável. Um exemplo de vulnerabilidades diferentes de um sistema rodoviário é que um acidente num túnel de mão dupla pode interditar um sistema de transporte local, provocando atrasos significativos. Enquanto que, num sistema onde houvesse um túnel em cada sentido de direção, o mesmo seria menos vulnerável a interdição do tráfego em ambos os sentidos. As pessoas e o meio ambiente no entorno de um corredor de transporte, também, estão vulneráveis a acontecimentos adversos. Por exemplo, no transporte de produtos perigosos ao longo de um corredor habitado, a vulnerabilidade ao longo do corredor pode variar significativamente de ponto a ponto, e dois incidentes potenciais a alguns quilômetros de distância podem ter resultados, bastante, diferentes. Há também vulnerabilidades econômicas regionais, porque os acontecimentos adversos podem perturbar o comércio. Os indivíduos podem perder reuniões, os lojistas podem perder clientes, o transporte de cargas pode sofrer atrasos e o turismo pode ser afetado.

A definição mais comum de risco incorpora tanto a probabilidade de um evento e as suas conseqüências. Não é possível evitar todos os riscos, mas se pode realizar uma

compensação levando em consideração os riscos/benefícios. O risco pode ser definido por três elementos: a probabilidade, o cenário e as consequências. A análise de risco pode ser entendida como o processo de enumeração de todos os elementos dentro das escalas temporais e espaciais. A probabilidade de um cenário varia inversamente com suas consequências.

A definição de um cenário pode ser arbitrariamente precisa. Por exemplo, um cenário pode ser um motorista embriagado acelerando à noite em uma pista molhada, enquanto outro pode ser um tremor de terra induzindo deslizamentos sobre uma cidade. O conceito de vulnerabilidade entra nesta análise através do termo consequência, que varia em função da vulnerabilidade dos elementos do cenário. Na análise de acidentes o termo consequência pode se tornar constante para efeitos de comparação, como em um acidente rodoviário. Isso efetivamente remove o termo consequências, que permite que um analista se detenha na estimação da probabilidade para diferentes cenários e níveis de exposição de risco. Um exemplo seria comparar a probabilidade de acontecer um acidente rodoviário diurno e um noturno. É difícil estimar a probabilidade de acontecimento de eventos extremos com poucos dados históricos. Imagine dois motociclistas dirigindo em faixas de tráfego adjacentes, sendo que o perigo em questão seria uma colisão. Todas as características dos condutores, veículos e o ambiente são iguais. O que representa que os dois enfrentam o mesmo perigo, vulnerabilidade e risco, porque a probabilidade e consequências de qualquer motociclista colidir são iguais. Para entender o que é vulnerabilidade, pode-se colocar um capacete num motociclista. A probabilidade de acontecer um acidente pode não ser alterada, mas tanto o risco com a vulnerabilidade do motociclista com o capacete diminuirá. Numa outra situação, os dois motociclistas estão com o capacete, mas a pista em uma das faixas está molhada, a vulnerabilidade de ambos os condutores é igual, mas a probabilidade de um acidente é maior (como é o risco) para o motociclista na faixa molhada. Para tornar a análise mais difícil, se o motociclista na pista molhada está usando um capacete, mas o motociclista na seca não está. Um deles tem uma maior probabilidade de um acidente e o outro uma maior vulnerabilidade em caso de acidente. Mas qual motociclista corre o maior risco? Uma abordagem empírica para este problema seria comparar a taxa de acidentes para os motociclistas com capacete em condições de pista molhada com a taxa de pilotos sem capacete em ambiente seco, desde que sejam controladas todas as outras variáveis. Apesar dos desafios apresentados pela avaliação quantitativa dos riscos e as suas

hipóteses a análise de risco tem muitos benefícios que compensam os seus inconvenientes. Os benefícios da avaliação quantitativa dos riscos incluem:

- Torna-se possível a priorização das medidas de segurança quando os recursos são escassos, ou onde existem abordagens diferentes para atingir o mesmo fim;
- Torna-se possível a concepção de sistemas (de engenharia ou gestão), que visam atingir metas específicas de segurança ou limites de tolerância;
- Fornece uma base para discutir medidas prejudiciais a segurança, cujos benefícios são pequenos em comparação aos seus custos e para justificar tais decisões sobre uma base racional.

Uma meta de avaliação quantitativa dos riscos é determinar se um risco no transporte é “aceitável”. Se não for, as ações de mitigação devem ser implantadas. Uma abordagem para este problema é comparar um dado risco com riscos, normalmente, aceitos. Portanto, o estudo sobre a queda de uma rocha ao longo de uma rodovia poderá ser comparado com o resultado de outros riscos como, afogamento, relâmpagos, ou falha estrutural para determinar se o risco de uma fatalidade acontecer devido a queda da rocha é, significativamente, maior do que os outros riscos. Outra abordagem é comparar o risco em dois cenários para calcular os seus "riscos relativos" usando um risco médio. Por exemplo, se houve dez acidentes rodoviários num fim de semana chuvoso, em média, e cinco acidentes num fim de semana seco, então, o risco médio de se dirigir num fim de semana chuvoso em comparação com um fim de semana em melhores condições meteorológicas é de $10/5 = 2$. Será duas vezes mais arriscado, quando se leva em consideração que a quantidade de veículos foi a mesma.

Segundo DILGIR *et al.* (2005), a avaliação de risco na seleção das rotas em uma rede, onde há o transporte de produtos perigosos, leva em consideração o período de tempo em trânsito, a probabilidade de uma colisão e os riscos da exposição da população em caso de um incidente. Há uma variedade de teorias, perspectivas, abordagens e algoritmos que foram apresentados para resolver os problemas multi-objetivo, e determinar as melhores rotas para o transporte de produtos perigosos. Embora seja fácil listar os fatores potenciais que podem influenciar nas decisões de roteirização, o maior desafio, neste caso, é converter estes fatores em critérios mensuráveis para aplicar em trechos específicos na rede e em seguida desenvolver algoritmos que possam utilizar as estimativas para identificar as rotas mais seguras.

A avaliação do risco é um processo que avalia as conseqüências potenciais resultantes de certos acontecimentos e as probabilidades que essas conseqüências se realizem. O risco é regido pela freqüência e severidade dos incidentes. A avaliação quantitativa dos riscos pode fornecer informações para gerenciar os riscos, identificar e priorizar as necessidades de tecnologias, a tomada de decisão e fornecer as análises de decisões, avaliando alternativas de acordo com a regulamentação.

Os países europeus têm pesquisado ativamente modelos de avaliação de riscos. Grande parte do interesse surgiu depois de um grave incidente envolvendo produtos perigosos em túneis longos. Um esforço considerável é necessário para entrada de dados que raramente estão disponíveis no formato ou nos detalhes exigidos.

A quantificação do risco é difícil porque a probabilidade de acidentes viários acontecerem são baixas e os que envolvam produtos perigosos, são ainda mais baixos, mas as conseqüências deste último podem ser enormes.

Um estudo canadense analisou a rede de rodovias de Montreal e aplicou os métodos de cálculo utilizados pelas companhias de seguros. Estes métodos são probabilísticos e abrangeram um número de fatores de risco variando das características geométricas até as condições do trânsito. Cada local potencialmente crítico é ponderado de acordo com a probabilidade de vários riscos e do impacto desses riscos. O método utilizado pelas companhias de seguros para calcular prêmios é multiplicar o custo da compensação por danos pela probabilidade de tais danos. Como uma analogia, a classificação do risco viário como uma probabilidade e a classificação de risco como um custo em dólares.

Um estudo americano descobriu num banco de dados nacional, que a taxa de acidentes no transporte de produtos perigosos é a metade do que a taxa das cargas convencionais. Isto pode acontecer devido o melhor treinamento dos envolvidos neste tipo de transporte, a seleção de equipamentos e motoristas, bem como o maior cuidado devido ao respeito aos regulamentos e os riscos inerentes aos produtos transportados. É encorajador que os esforços consideráveis e os custos para proporcionar um nível elevado de segurança para o transporte de produtos perigosos indicam resultados positivos. Ferramentas de gerenciamento da segurança de tráfego, como no serviço de auditorias de segurança rodoviária, podem ser empregadas para identificar locais propensos a colisões e as medidas corretivas devem ser implantadas. Em caso de um derramamento de produtos perigosos as conseqüências do evento devem ser reduzidas através de uma resposta rápida da equipe de socorro, para conter o vazamento e para

evacuar a área, se necessário. Um grande derramamento de produtos perigosos pode provocar o bloqueio de uma via importante de tráfego. Por isso, um plano de contingência será necessário para redirecionar o tráfego. Os caminhões que transportam produtos perigosos devem ser direcionados para a rota segura mais próxima.

A rede de transporte considerada no trabalho de MAGALHÃES (2008) é representada por um grafo dirigido $G(N,A)$, onde N é um conjunto de nós e A é o conjunto de arcos. Além disso, O é o ponto de origem (armazenamento de combustíveis e D é o destino (ponto de revenda de combustíveis). Assume-se que todo o transporte de combustível é realizado por uma rota R , que os combustíveis são transportados de O a D , tal que a probabilidade de que ocorra um acidente catastrófico num arco a da rota R seja p_a , a consequência (custo) num arco a seja C_a e que a distância percorrida num arco a seja L_a . Como definido anteriormente, um acidente catastrófico é aquele que tem como consequência maior ou igual a C , um valor predeterminado chamado “valor ou nível crítico”.

Dessa forma, o modelo que segue ilustra os quatro objetivos desse projeto, assim como as restrições estabelecidas. Respectivamente, o primeiro objetivo é minimizar a Esperança Condicional da Consequência, dado que ocorra um acidente, o segundo é minimizar a probabilidade de ocorrer um acidente, o terceiro é minimizar a consequência esperada e o quarto objetivo é minimizar a distância percorrida durante o transporte de produtos perigosos.

$$\text{Minimizar} \left\{ \left(\frac{\sum_{a \in A} p_a C_a f_a}{\sum_{a \in A} p_a f_a} \right); \sum_{a \in A} p_a f_a; \sum_{a \in A} p_a C_a f_a; \sum_{a \in A} L_a f_a \right\} \quad (2.4)$$

Sujeito a:

$$\sum_{a \in F(i)} f_a - \sum_{a \in E(i)} f_a = \begin{cases} T_{OD}, \text{ se } i \equiv O \\ -T_{OD}, \text{ se } i \equiv D \forall i \in N \\ 0, \forall i \text{ se não} \end{cases} \quad (2.5)$$

$$\sum_{a \in Z_k} \rho_{Z_k}(a) + B_k \leq 0 \quad \forall_k = 1, \dots, k \quad (2.6)$$

$$f \equiv (f_a; a \in A) \in F \quad (2.7)$$

$$f_a \geq 0 \quad \forall_a \in A \quad (2.8)$$

A restrição (2.5) indica que a rede de transporte deve estar balanceada. Por sua vez, a restrição (2.6) representa a equidade do risco na distribuição dos produtos perigosos. A condição (2.7) indica a eliminação de *subtours* e, finalmente a condição (2.8) representa

uma restrição de não-negatividade para a variável de decisão (fluxo). F representa as restrições (lineares) para a eliminação de *subtours*.

2.4. Sistemas Inteligentes de Transporte

2.4.1 Introdução

São muitas as definições para os sistemas inteligentes de transporte, quem vem do inglês *Intelligent Transportation Systems* e que se conhece mundialmente pela sigla ITS. No site da *Federal Highway Administration* (FHWA) foi escolhida a seguinte definição que será utilizada neste trabalho: é uma vasta gama de diferentes tecnologias que, quando aplicada ao nosso atual sistema de transportes, pode ajudar a melhorar a segurança, reduzir o congestionamento, melhorar a mobilidade, a minimizar os impactos ambientais, economizar energia, e promover a produtividade econômica. Suas tecnologias são variadas e incluem informática, comunicações, controle e eletrônica. Segundo MARCOTTE *et al.* (2000), a utilização de ITS permite que as autoridades rodoviárias tenham um melhor gerenciamento dos sistemas de transporte, ajudam no respeito das regulamentações e fornecem informações confiáveis em tempo real. As tecnologias de ITS podem proporcionar maiores benefícios através da integração de sistemas, prestando assistência a vários usuários de maneira simultânea. Com o passar do tempo as tecnologias mudam e evoluem, mas muitos benefícios continuam sendo descobertos. No entanto, alguns exemplos são:

- Antes da viagem ou com ela em andamento podem ser repassadas informações aos usuários sobre as condições do tempo, fluidez do trânsito, situações de emergência etc. Estas informações sendo transmitidas em tempo real ajudam na escolha das rotas que serão utilizadas e colaboram na redução de congestionamentos, redução do tempo de viagem e insatisfação dos motoristas;
- A identificação automática dos veículos, rastreamento de registros do veículo, aumento da eficiência dos serviços de inspeção, sistema de cobrança automática, colaborando para diminuição de filas nos pontos de controle;
- A implantação de ITS num sistema de transporte diminui os custos e o torna mais eficiente. Uma vez que o aumento dos congestionamentos e os gastos com melhorias de infraestrutura serão inevitáveis se nenhuma medida para o melhor gerenciamento do sistema for tomada. Uma vez integrado o ITS colabora para uma melhor circulação dos

veículos, gerando um aumento da capacidade viária e diminuindo ou atrasando a necessidade de investimentos em infraestrutura.

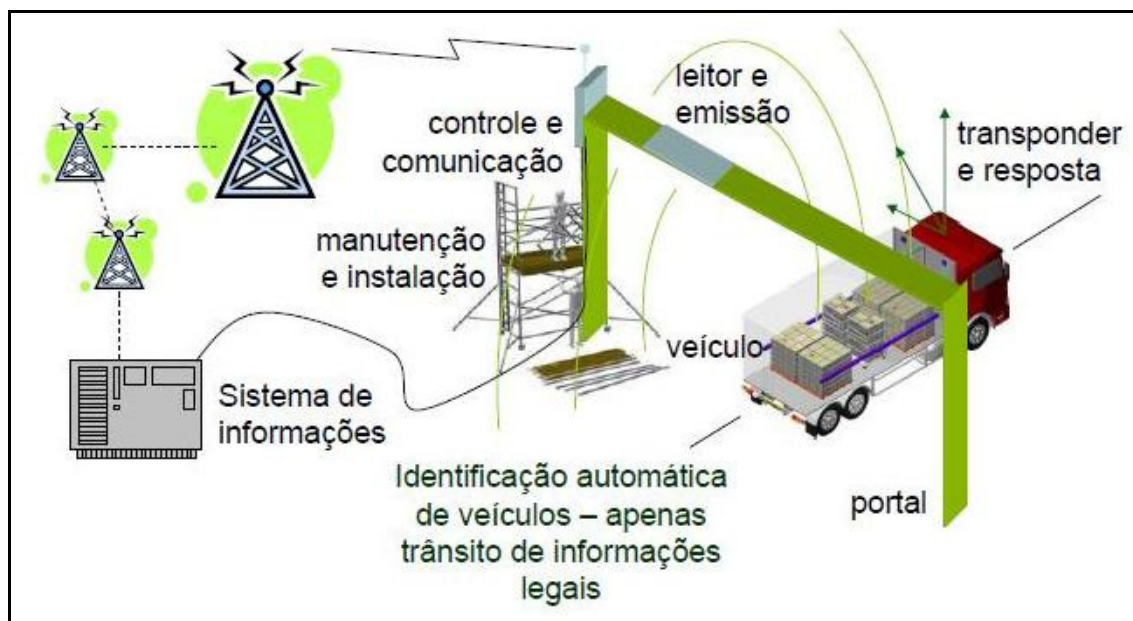
- Um sistema de gerência de incidentes pode diminuir o tempo de obstrução da pista e reduzir a espera dos veículos. O efeito dessas aplicações é uma redução do consumo de combustível e da emissão de gases poluentes pelos veículos.

2.4.2 Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos

Com o objetivo de planejar e implantar ações de combate ao roubo e furto de veículos e cargas, assim como gerir o controle do tráfego, o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) aprovou a Resolução nº 212 do dia 13 de novembro de 2006, que cria o Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos (SINIAV). Este sistema é o resultado dos estudos desenvolvidos por um grupo de trabalho que foi formado pelo Ministério das Cidades.

Conforme a Resolução nº 212 o SINIAV é composto por placas eletrônicas instaladas nos veículos, antenas leitoras, centrais de processamento e sistemas informatizados. A placa eletrônica conterá um número de série e armazenará as informações referentes ao número da placa do veículo, número do chassi e código RENAVAM (Registro Nacional de Veículos Automotores). As antenas que farão a leitura dos dados serão instaladas em locais definidos pelos Departamentos Estaduais de Trânsito. Os Departamentos Estaduais de Trânsito serão responsáveis pelo gerenciamento do sistema e pela implantação das placas de identificação. As placas serão instaladas na parte interna dos pára-brisas dianteiros dos veículos.

O SINIAV atende as indicações previstas no art. 114 do Código de Trânsito Brasileiro (CTB) que se refere à necessidade de identificação dos veículos, assim como a Lei Complementar 121, de 09 de fevereiro de 2006, que criou o Sistema Nacional de Prevenção, Fiscalização e Repressão ao Furto e Roubo de Veículos e Cargas. Após a implantação do sistema quem não possuir a placa de identificação no veículo estará cometendo uma infração grave sujeito às sanções previstas no artigo 237 do CTB, que prevê multa de R\$ 127,69, cinco pontos na Carteira Nacional de Habilitação (CNH) e retenção do veículo para regularização. A Figura 2.4 ilustra os elementos que compõe o SINIAV.



Fonte: BRAUN (2007)

FIGURA 2.4 - Elementos que compõe o SINIAV

2.4.3 Utilização de ITS no Transporte de Produtos Perigosos

Segundo DILGIR *et al.* (2005), os sistemas inteligentes de transporte (ITS) podem melhorar a segurança do transporte de produtos perigosos. Estas tecnologias avançadas incluem o controle do veículo, sistema de informações para o motorista, sistema de detecção de veículos pesados e monitoramento do desempenho do motorista e o veículo. Esses sistemas podem fornecer informações valiosas para ajudar na segurança do transporte de produtos perigosos, durante a rota.

O estudo de ZOGRAFOS e ANDROUTSOPOULOS (2001) teve como objetivo apresentar as mais eficazes tecnologias avançadas de transporte que se aplicam ao gerenciamento de frotas que transportam produtos perigosos para a redução dos custos, a melhoria dos níveis de serviço, a minimização dos riscos de transporte e as melhorias do trabalho e segurança do motorista.

As principais categorias de Telemática Avançada de Transportes (TAT) para o gerenciamento de frotas que transportam produtos perigosos são:

- **Localização Automática de Veículos:** localização do veículo conhecida em tempo real. O uso combinado de um sistema de localização automática de veículos, um computador de bordo e um programa de roteirização fornece ao motorista e/ou despachante a capacidade de monitoramento da rota que será realizada pelo veículo. Além disso, esta tecnologia pode contribuir substancialmente para a identificação

precisa e em tempo real da localização de um incidente na via. Há dois tipos de sistemas de localização automáticas de veículos: os sistemas via satélite e os de infraestrutura terrestre;

- Sistemas de Comunicação Móvel: transmissão de voz e de dados bidirecional entre condutor e o expedidor. Os sistemas de comunicação móveis mais utilizados são: via satélite, via rádio, celular e pager;
- Computadores a bordo: armazenam informações relacionadas com o desempenho do veículo como: velocidade, consumo de combustível e horas trabalhadas. Podem ser utilizados em conjunto com o sistema de comunicação móvel para que sejam transmitidas informações para um centro de controle das transportadoras;
- Programas de roteirização e despacho: apóia na seleção de rotas de menor custo e na distribuição ótima das cargas e na escolha de motoristas. Tendo como maiores benefícios pelo seu uso: a redução do custo operacional, maior eficiência de comunicação no momento de repassar as rotas para os motoristas e redução dos custos trabalhistas, devido a diminuição da dependência de um especialista para a realização o serviço de roteirização e programação de veículos;
- Sistema de monitoramento das condições do veículo: monitora a condição do veículo e da carga em tempo real A infraestrutura para tal é: um receptor no veículo, um computador e antenas colocadas ao longo das vias. Quando o veículo passa pela antena é transmitido um sinal que contém informações sobre o veículo, velocidade e as condições da carga transportada.

Num estudo de custo/benefício das categorias apresentadas anteriormente, se chegou a conclusão que o acompanhamento das condições do veículo tem o melhor custo/benefício de todas as tecnologias. As aplicações de ITS/TAT possuem um grande potencial de utilização ao longo da próxima década, para aumentar a segurança do transporte de produtos perigosos. Porém, muitas tecnologias, como o sistema para evitar colisões, estão em estágio preliminar de desenvolvimento. Há muitos usos potenciais para ITS na área dos transportes de produtos perigosos, na regulamentação, no serviço de socorro, redução do risco, mas muito trabalho pode e deve ser realizado na área de tecnologia e risco. Contudo, estas tecnologias não são as únicas respostas para os problemas de segurança. Melhorias adicionais são necessárias como a melhoria da roteirização, um maior controle sobre os tempos de viagem admissíveis, e uma melhor formação do pessoal de transporte.

Uma tecnologia ITS que pode ser aplicada é o uso de painéis de mensagens variáveis em locais estratégicos, para controlar o tráfego em caso de um grande derrame ou bloqueio rodoviário.

3. LEGISLAÇÃO

3.1 Legislação Federal

O Brasil foi o primeiro país da América Latina a criar uma regulamentação para o transporte de produtos perigosos. O primeiro documento legal, elaborado sobre o assunto, foi o Decreto-Lei 2.063 (06/10/83), regulamentado pelo decreto 88.821 (06/10/83) e complementado pelas instruções contidas na Portaria nº 291 (31/05/88), após o acidente com o transporte do produto chamado pentaclorofenato de sódio (pó da china) que vitimou seis pessoas no Rio de Janeiro. Posteriormente, houve a necessidade de revisão do Decreto devido a excessos burocráticos que limitavam o fluxo exigido para uma operação de transporte, tendo sido aprovado, hoje em vigor o Decreto 96.044 (18/05/88).

No Decreto 96.044 a seção III diz respeito ao Itinerário. Como se lê abaixo:

Seção III

Do Itinerário

Art. 9º O veículo que transportar produto perigoso deverá evitar o uso de vias em áreas densamente povoadas ou de proteção de mananciais, reservatórios de água ou reservas florestais e ecológicas, ou que delas sejam próximas.

Art.10º O expedidor informará anualmente ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) os fluxos de transporte de produtos perigosos que embarcar com regularidade, especificando:

I - classe do produto e quantidades transportadas;

II - pontos de origem e destino.

§1º As informações ficarão à disposição dos órgãos e entidades do meio ambiente, da defesa civil e das autoridades com jurisdição sobre as vias.

§2º Com base nas informações de que trata este artigo, o Ministério dos Transportes, com a colaboração do DNIT e dos órgãos e entidades públicas e privadas, determinará os critérios técnicos de seleção dos produtos para os quais solicitará informações adicionais como frequência de embarques, formas de acondicionamento e itinerário, parada, carga e descarga.

Art.11º As autoridades com jurisdição sobre as vias poderão determinar restrições ao seu uso, ao longo de toda a sua extensão ou parte dela, sinalizando os trechos restritos e assegurando percurso alternativo, assim como estabelecer locais e períodos com restrição para estacionamento, parada, carga e descarga.

Art.12º Caso a origem ou destino do produto perigoso exigir o uso de via restrita tal fato deverá ser comprovado pelo transportador perante a autoridade com jurisdição sobre a mesma, sempre que solicitado.

Art.13º O itinerário deverá ser programado de forma a evitar a presença de veículo transportando produtos perigosos em vias de grande fluxo de trânsito, nos horários de maior intensidade de tráfego.

Para haver o transporte de produtos perigosos é necessário que o condutor possua:

- Certificado de registro e licenciamento do veículo (CRLV), a carteira nacional de habilitação (C.N.H.);
- Treinamento específico para condutores de veículos de transporte de produtos perigosos (Curso MOPE - Movimentação de Produtos Especiais);
- Certificado de capacitação para o transporte rodoviário de produtos perigosos a granel, expedido pelo INMETRO;
- Documento fiscal do produto transportado;
- Ficha de emergência e envelope para o transporte terrestre de produtos perigosos.

O veículo deve possuir:

- Tacógrafo;
- Simbologia, rótulos de risco e painel de segurança; e
- Conjunto de equipamentos para emergências no transporte terrestre de produtos perigosos.

No Anexo II está uma lista com toda a legislação e as normas brasileiras referentes ao transporte de produtos perigosos.

3.2 Legislação Estadual

Foi feita uma pesquisa na internet, utilizando um motor de busca, sobre as legislações estaduais que tratam do transporte de produtos perigosos. Foram encontradas as legislações do Rio Grande do Sul (Lei nº 7.877, de 28 de dezembro de 1983), Bahia (Resolução nº 1039, de 06 de dezembro de 1994), Distrito Federal (Decreto nº 21.930, de 31 de janeiro de 2001), Paraná (Decreto nº 4299, de 21 de junho de 2001) e Santa Catarina (Decreto nº 2.894, de 20 de maio de 1998). A legislação do Rio Grande do Sul tem como principais itens: necessidade do cadastro da transportadora na Secretaria do Meio Ambiente há restrições de parada e de estacionamento do veículo, necessidade de se obter uma autorização especial de trânsito, há menção das especificações técnicas que os veículos precisam obedecer e há uma seção sobre infrações e penalidades.

Na Bahia a legislação estadual tem, entre outros itens: a necessidade de se conseguir uma autorização de movimentação do produto, os motoristas precisam portar o certificado de realização do curso MOPE, certificado de inspeção do veículo, plano de emergência, atestado de sanidade psíquica e física, há uma seção sobre infrações e penalidades e a empresa precisa apresentar um roteiro técnico para Secretaria do Meio Ambiente.

As legislações do Distrito Federal, Paraná e Santa Catarina possuem o texto bastante parecido. Tendo como objetivos: prevenção, preparação e resposta às emergências, e fiscalização da movimentação de produtos perigosos; realizar estudos e pesquisas e manter atualizadas as informações sobre a situação e o perfil da movimentação dos produtos perigosos; a realização de levantamentos, identificação e proposta de destinação de áreas próprias para o descanso dos motoristas, abastecimento e estacionamento de veículos transportadores de cargas perigosas; intensificar a fiscalização da movimentação de produtos perigosos, preferencialmente com a

participação integrada dos órgãos competentes e desenvolver campanhas de caráter educativo nas regiões vizinhas e lindeiras às vias de circulação de produtos perigosos.

3.3 Legislação Municipal

Com relação à regulamentação municipal ainda há um certo descaso por parte das autoridades. Poucas cidades no Brasil dispõem de uma regulamentação própria para o serviço de transporte de produtos perigosos. Na cidade do Rio de Janeiro constatou-se, através de consulta a Secretaria Municipal de Transporte, somente a existência da Lei nº 1.632, de 6 de novembro de 1990, que determina o horário de circulação de veículos transportando produtos perigosos, no perímetro urbano do município do Rio de Janeiro, somente no horário compreendido entre 21:00 e 6:00h. Mas, essa lei na prática não funciona, pois é comum vermos os veículos transportando produtos perigosos a qualquer hora do dia. E a portaria nº 26.286, do dia 12 de abril de 2004, proíbe a circulação de veículos que transportam “cargas perigosas” na Av. Carlos Lacerda (Linha Amarela).

Apesar de não tratar, especificamente, de transporte de produtos de perigosos, mas de cargas em geral, o decreto nº 29.231, de 24 de abril de 2008, trata do horário de circulação de veículos de carga e operação de carga e descarga na cidade do Rio de Janeiro. Este decreto proíbe a circulação de veículos de carga e a operação de carga e descarga nos períodos compreendidos entre 06h às 10h e 17h às 20h, de segunda-feira a sexta-feira, em dias úteis, no interior da área delimitada pela orla marítima e nas seguintes vias: Av. Francisco Bicalho, Rua Francisco Eugênio, Av. Bartolomeu de Gusmão, Rua Visconde de Niterói, Rua Guilhermina Guinle, Rua Senador Bernardo Monteiro, Rua Largo de Benfica, Av. Dom Helder Câmara, Viaduto de Cascadura, Praça José de Souza Marques, Rua Ângelo Dantas, Rua João Vicente, Estrada Henrique de Melo, Estrada Intendente Magalhães, Largo do Campinho, Rua Cândido Benício, Largo do Tanque, Av. Geremário Dantas, Praça Professora Camisão, Estrada de Jacarepaguá, Av. Engenheiro de Souza Filho, Estrada do Itanhangá, Estrada da Barra da Tijuca, Ponte Nova, Praça Euvaldo Lodi e Av. Ministro Ivan Lins. Estarão isentos da ação deste decreto: veículos de socorro e emergência, veículos de transporte de valores, veículos destinados a mudança residencial, os serviços essenciais de utilidade pública, e os veículos que transportam combustíveis e lubrificantes para os aeroportos da cidade.

A Figura 3.1 mostra a área de restrição de veículos de carga.

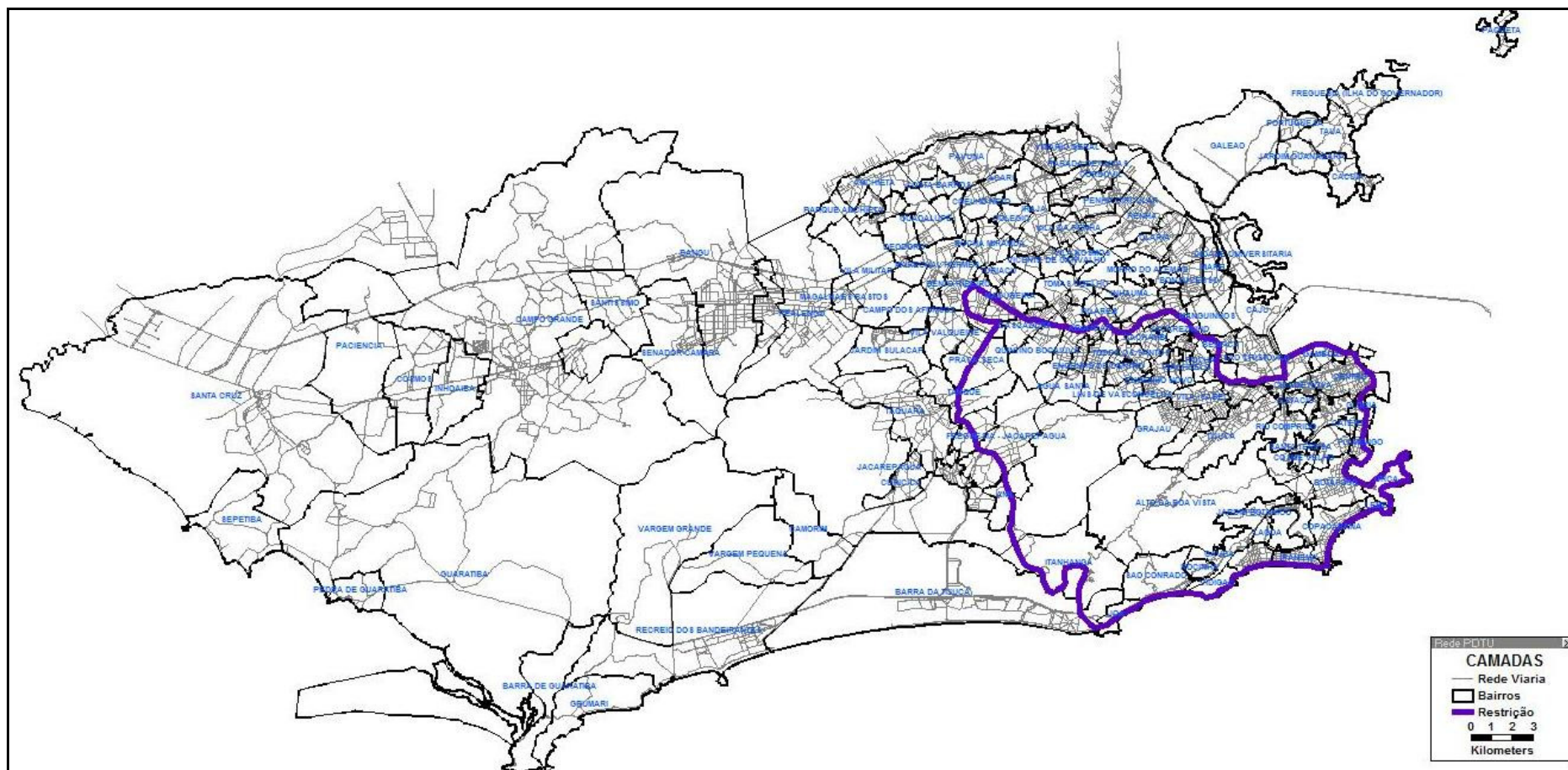


FIGURA 3.1 - Área de Restrição de Veículos de Transporte de Carga.

Em São Paulo existe o Decreto 36.957, de 10 de julho de 1997 que regulamenta a lei nº 11.368, de 17 de maio de 1993, que dispõe sobre o transporte de produtos perigosos de qualquer natureza por veículos de carga no município. Que determina as seguintes ações:

- As assessorias e consultorias operacionais e técnicas, relativas à implementação e execução dos planos e programas previstos neste decreto e na legislação vigente, serão desenvolvidas pela Comissão Municipal de Transporte de Cargas Perigosas - CMTCP. Esta Comissão, de caráter permanente, será constituída por portaria do Presidente da Comissão Municipal de Defesa Civil - COMDEC e composta por representantes de órgãos e entidades da Administração municipal e entidades públicas e privadas que manifestarem interesse em participar de suas atividades.
- Os produtos perigosos de que trata este decreto ficam agrupados na seguinte conformidade: I - produtos de alta periculosidade intrínseca que estão listados na classificação ONU, recepcionada pela Resolução 420/2004 da Agência Nacional de Transportes Terrestres, e nas demais normas que vierem alterar ou atualizar a legislação pertinente a produtos perigosos; II - produtos com alta frequência de circulação que foram definidos em portaria do Departamento de Operação do Sistema Viário (DSV) da Secretaria Municipal de Transportes; III - produtos de consumo local definidos em portaria do DSV; IV - outros produtos perigosos, nos termos do artigo 3º, inciso IV, da Lei 11.368, de 1993.
- As condições e restrições à circulação, estacionamento, parada, carga e descarga de veículos que transportem produtos perigosos nas vias do Município de São Paulo serão objeto de Portaria a ser baixada pela Secretaria Municipal de Transportes - SMT, através do DSV - Departamento de Operação do Sistema Viário, especialmente no que se refere à definição de rotas e horários alternativos para a realização desse tipo de transporte. O transporte dos produtos que se enquadram nas classes de alta periculosidade intrínseca, produtos com alta frequência de circulação, e outros produtos perigosos, deverá ser programado de forma a evitar os horários de maior intensidade de tráfego nas vias de grande fluxo. Os produtos relacionados como consumo local, receberão tratamento, diferenciado, mediante regulamentação específica, por Portaria a ser baixada pela Secretaria Municipal de Transporte, através do Departamento de Operação do Sistema Viário.

- Constituem deveres, obrigações e responsabilidades dos agentes envolvidos no transporte de produtos perigosos: o encaminhamento à COMDEC, por parte do expedidor, anualmente, nos meses de janeiro a março, de relatório contendo as informações relativas ao fluxo dos produtos perigosos que embarcar, especificando nome e classificação do produto, volume anual transportado e pontos de origem e destino; com relação aos itens especificados produtos de alta periculosidade intrínseca; produtos com alta frequência de circulação, a informação, pelo expedidor, no relatório referido anteriormente, sobre a manutenção de esquemas de atendimento de emergência, relacionando os recursos humanos e materiais disponíveis e o sistema de acionamento
- Fica criado o "Plano de Emergência", para o atendimento a acidentes no transporte de produtos perigosos no Município de São Paulo, e o "Programa Mínimo de Treinamento", dirigido aos servidores dos órgãos envolvidos.
- O Poder Público, através da Secretaria Municipal de Transportes - SMT deverá prover o Município de São Paulo de pátios de retenção para veículos infratores ou em situação de emergência. Enquanto não houver pátio de retenção na área de abrangência de veículos infratores e/ou em situação de emergência, tais veículos, a critério da autoridade competente, deverão ser removidos para local seguro, a fim de serem corrigidas as irregularidades e/ou sanadas as emergências.
- Caberá ao Poder Público Municipal, através do DSV, fiscalizar o transporte de produtos perigosos no Município de São Paulo, contemplando tanto as atribuições previstas no Decreto Federal nº 96.044, de 18 de maio de 1988, como o preceituado neste decreto e em regulamentação complementar, em articulação com o Comando de Policiamento de Trânsito, órgãos de meio ambiente e outros afins.
- Sem prejuízo das sanções previstas pela legislação federal, estadual ou municipal, a inobservância das disposições deste decreto e regulamentação posterior sujeitará o infrator às seguintes penalidades, aplicadas pelo DSV: multa no valor de 50 (cinquenta) UFM, convertidas na forma do Decreto 35.854, de 1 de fevereiro de 1996; retenção do veículo, até que seja sanada a irregularidade, pelo responsável; inclusão no cadastro de empresas que não cumprem os regulamentos do transporte de produtos perigosos; suspensão, por 15 (quinze) dias, da licença do transportador; cancelamento da licença.

- A observância das normas relativas ao transporte, no Município de São Paulo, dos produtos perigosos de qualquer natureza por veículos de carga, de que trata este decreto, é de responsabilidade exclusiva dos agentes mencionados no Decreto Federal nº 96.044, de 18 de maio de 1988, cabendo ao Poder Público Municipal a fiscalização e a aplicação das respectivas penalidades.

A cidade de Guarulhos possui a Lei nº 5.592 de 28 de agosto de 2.000, que dispõe sobre o transporte de produtos perigosos de qualquer natureza por veículos de carga no município, onde as principais determinações são:

- Foi criada Comissão Municipal de Transporte de Cargas Perigosas com a responsabilidade de assessoria e consultoria, operacional e técnica e de toda e qualquer legislação pertinente ao assunto.
- Os produtos perigosos foram agrupados na seguinte conformidade: produtos de alta periculosidade intrínseca; produtos com alta frequência de circulação; produtos de consumo local e outros.
- O expedidor cujos produtos circulem no Município de Guarulhos, informará anualmente, de janeiro a março, ao órgão municipal responsável pela defesa civil no Município de Guarulhos, os fluxos de cargas que embarcam com regularidade, especificando classe do produto e volume anual transportado.
- Para transportar nas vias do Município de Guarulhos, os produtos definidos nos itens produtos de alta periculosidade intrínseca e produtos com alta frequência de circulação, o transportador deverá estar devidamente cadastrado junto ao Poder Público Municipal. A Seção Administrativa de Posturas, vinculada a Secretaria Municipal de Serviços Públicos, fiscalizará o transporte de produtos perigosos no Município de Guarulhos.
- A inobservância das disposições desta Lei e suas regulamentações complementares sujeitarão aos infratores às seguintes penalidades: I - multa no valor de 50 (cinquenta) UFIRs; II - retenção do veículo até que seja sanada a irregularidade pelo responsável; III - inclusão no cadastro das empresas que não cumprem os regulamentos do transporte de produtos perigosos; e IV – suspensão por 15 (quinze) dias da licença para o transporte das mercadorias.

O município de Pelotas publicou no dia 2 de agosto de 1988 a lei nº 3.133 que trata do transporte e armazenamento de produtos perigosos. Que dentre outras, possui as seguintes determinações:

- As empresas que transportam e ou armazenaram produtos perigosos no âmbito municipal, deverão cadastrar-se na Prefeitura, relacionando continuamente todos os produtos que venham a utilizar;
- Todo veículo transportando carga perigosa somente poderá parar ou estacionar em áreas afastadas de aglomeração de pessoas, edifícios, instalações, outros veículos, corpos de água e reservas ecológicas conforme orientação do responsável pelas condições do transporte.
- Fica proibido o tráfego de veículos transportando cargas perigosas na área urbana. Quando o tráfego pela área urbana for inevitável, somente poderá concretizar-se com autorização expressa do Corpo de Bombeiros e das Autoridades locais, que estabelecerão as formas de identificação das cargas de modo a serem facilmente identificadas pela população, assim como aquelas cargas que em função do seu grau de periculosidade, necessitarão do acompanhamento de batedores.
- Os veículos utilizados no transporte de produtos inflamáveis devem: a) ser dotados de canos de descargas com detectores de fagulhas; e b) possuir cabos-terra para evitar ignição estática.
- Sem prejuízo das sensações previstas pela legislação federal, estadual ou municipal, o descumprimento das medidas estabelecidas na presente lei, importará na aplicação das seguintes penalidades: a) multa simples ou diária nos valores correspondente a 100 (cem) e, no máximo a 1.000 (mil) OTN Obrigações do Tesouro Nacional agravada em casos de reincidência específica; b) perda ou restrição de incentivos e benefícios fiscais concedidos pelo Poder Público; c) apreensão do veículo e ou da carga transportada; d) suspensão por 30 (trinta) dias das atividades da empresa responsável; e) cassação do Alvará de autorização para o exercício da atividade.

Na cidade de Caxias do Sul existe o decreto nº 7.913, de 28 de outubro de 1993, que determina:

- O trânsito de veículos transportando cargas tóxicas e produtos perigosos, assim classificados em legislação federal, pelo Município de Caxias do Sul, será feita pelas seguintes rotas obrigatórias: BR-116, RS-122 e BR-453.
- Excepcionalmente, a critério da Secretaria Municipal da Saúde e Meio Ambiente que estabelecerá as condições de segurança, autorizará e acompanhará, será permitido o tráfego de cargas perigosas na área urbana.

- Os postos de comunicação e parada obrigatória deverão preferencialmente situar-se junto a postos de gasolina ou locais que disponham de telefone público.
- A Secretaria Municipal dos Transportes sinalizará os postos de comunicação e parada obrigatória.
- A Secretaria do Desenvolvimento Urbano providenciará no cadastramento dos locais que armazenam produtos perigosos com vistas ao controle e fiscalização.

Na cidade de Vitória existe a Lei 3.793, de 13 de abril de 1994. Onde as principais determinações são:

- Os veículos utilizados no transporte de cargas perigosas devem obedecer aos padrões de qualidade, específicos a cada produto, estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), organismos internacionais ou na falta desses, pelo fabricante do produto.
- Os veículos transportadores de cargas perigosas devem operar do expedidor ao destinatário através de rotas previamente determinadas, em conjunto, pelas autoridades municipais de transporte e meio ambiente.
- O reabastecimento de combustível somente poderá ser realizado em postos previamente selecionados, ao ser estabelecida a rota, devendo o veículo ser freado, com as rodas calçadas e com os circuitos elétricos desligados.
- Fica proibido o tráfego de veículos transportando cargas perigosas na área urbana. Quando a passagem por área urbana for inevitável, somente poderá concretizar-se com autorização expressa do corpo de bombeiros e das autoridades locais que estabelecerão as formas de identificação das cargas que em função de sua periculosidade, necessitarão do acompanhamento de batedores.
- Deverá ser criado, o Cadastro Geral de Empresas que operem com atividade de transporte, manuseio e armazenagem de cargas perigosas. Somente poderão exercer o transporte de cargas perigosas as empresas devidamente cadastradas.
- Fica criada a Comissão Municipal para o Transporte de Cargas Perigosas. A Comissão Municipal para o Transporte de Cargas Perigosas tem a finalidade de desenvolver estudos visando à implantação em todo o município, de estrutura destinada à prevenção, fiscalização e ao atendimento de emergência provocada por produtos perigosos.

3.4 Legislação Internacional

Segundo REAL (2000), a Organização das Nações Unidas (ONU) publica desde 1976 o livro: *Recommendations on the Transport of Dangerous Goods* conhecido como "*United Nations Orange Book*", que é atualizado a cada dois anos. Neste livro se encontra o trabalho do Comitê de Especialistas de Transporte de Produtos Perigosos. Tendo como objetivo a regulamentação do transporte de produtos perigosos, estabelecendo o mínimo de segurança para o comércio mundial. Neste livro se encontram recomendações para o transporte em todos os modos de transporte.

A regulamentação doméstica na Inglaterra é baseada no "*Orange Book*" da ONU. Que é atualizada regularmente levando em consideração o grande desenvolvimento tecnológico observado nos dias de hoje. Existem acordos entre os estados ingleses para controlar o transporte de produtos perigosos nos limites internacionais.

Nos Estados Unidos o Ministério dos Transportes (*U.S. Department of Transportation*) possui um departamento para tratar do transporte de produtos perigosos (*Office of Hazardous Materials Safety*). Que desenvolve um programa de segurança nacional, que procura minimizar os riscos, para a população e para as propriedades que, advindos do transporte comercial de produtos perigosos. As funções deste departamento são consolidadas em cinco categorias: desenvolvimento da regulamentação, treinamento e difusão de informações, determinação padrões nacionais e internacionais, fiscalização, realização de atividades cooperativas entre agências regionais. Todas estas funções são subordinadas à direção executiva da *Research and Special Programs Administration* (RSPA).

JAMEI (1988) relata que a falta de familiaridade das indústrias, o conformismo com a regulamentação federal e o acompanhamento inadequado do governo resultou no *Hazardous Materials Transportation Act* (HMTA) de 1975. A intenção da lei foi melhorar a regulamentação e fiscalização das atividades, permitindo a Secretaria de Transportes ajustar as regulamentações aplicadas para todos os modos de transporte. A regulamentação federal mais importante existente está documentada no *49 Code of Federal Regulations* (49 CFR), partes 100 até 199.

Este código consiste de uma extensiva especificação para contêineres, as exigências para a comunicação de perigo, como as placas específicas de produtos perigosos e procedimentos operacionais para cada modo de transporte. Alguns adotaram o 49 CFR

totalmente e outros adotaram em parte. Em outros casos os estados desenvolveram as suas próprias leis.

No Canadá a regulamentação do transporte de produtos perigosos é o resultado da colaboração dos governos estaduais, o governo federal e a indústria. A regulamentação se aplica na manipulação do produto na fábrica, no carregamento, no transporte e na descarga. O transporte de produtos perigosos pode ser submetido à regulamentação da Organização Marítima Internacional (OMI), da Organização de Aviação Civil Internacional (OACI). No caso de transporte intermodal é necessário que se observe se o produto respeita as regulamentações pertinentes.

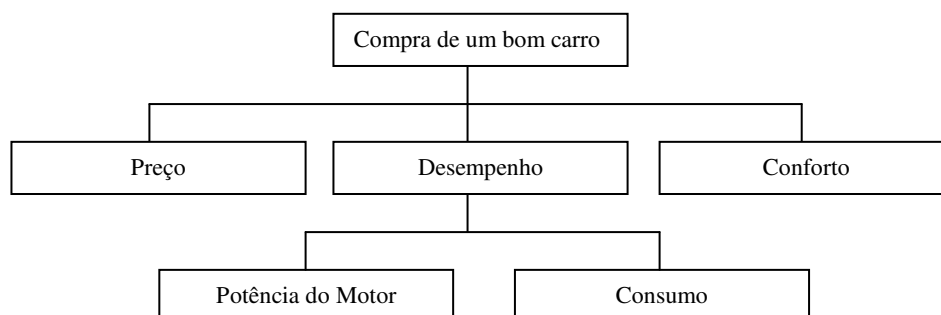
O Governo Federal do Canadá aprovou o *Dangerous Goods Act* em 1980, para fornecer definições uniformes de produtos perigosos e regulamentar o seu movimento no que diz respeito à jurisdição federal. O Estado de Alberta aprovou o *Transportation of Dangerous Goods Control Act* em 1982, que regulamenta a circulação de produtos perigosos em estradas estaduais. A cidade de Calgary tem a lei 60M90 que diz respeito às rotas de caminhões. A lei define as várias rotas para caminhões, as restrições, e os tipos de caminhões. As entradas da cidade têm áreas de manobra para caminhões e sinalização vertical que fornece informações sobre o movimento de veículos que transportam produtos perigosos na cidade. A cidade de Calgary tem uma rede viária de 3.500 quilômetros dos quais 400 km são definidos como rotas para caminhões. Há 170 km de rotas para produtos perigosos. As primeiras rotas foram estabelecidas em 1979 e elas continuam sendo utilizadas. Naquele tempo uma comissão multidisciplinar foi criada para selecionar e gerenciar as rotas de produtos perigosos de Calgary. As rotas selecionadas foram definidas pela lei municipal 13M2004.

4. METODOLOGIA

4.1 Método de Análise Hierárquica

4.1.1 Introdução

Um dos primeiros métodos desenvolvidos no ambiente das Decisões Multicritério Discretas, sendo talvez o mais utilizado no mundo, é o método de análise hierárquica (AHP, do inglês Analytic Hierarchy Process), criado pelo professor Thomas L. Saaty. Nesse método, o problema de decisão é dividido em níveis hierárquicos, facilitando, assim, a sua compreensão e avaliação (Gomes, 2004). A Figura 4.1 apresenta um exemplo de estruturação dos critérios na formulação hierárquica típica do método AHP. O problema considerado refere-se à compra de um bom carro, sendo necessário existir uma homogeneidade entre os critérios do mesmo nível, ou seja, os critérios devem possuir o mesmo nível de importância, possibilitando que sejam comparados entre si.



Fonte: GOMES (2004)

FIGURA 4.1 - Hierarquia de Critérios para a Compra de um Carro

Segundo TAHA (2008), os problemas de decisão que envolvem um número finito de alternativas surgem com frequência na prática. As ferramentas utilizadas para resolver esses problemas dependem em grande parte do tipo de dado disponível (probabilístico, determinístico ou incerto). O AHP é uma ferramenta de destaque para lidar com

decisões sob certeza, nas quais o julgamento subjetivo é quantificado de maneira lógica e depois usado como base para chegar a uma decisão. No caso de dados probabilísticos, as árvores de decisão que comparam o custo (ou lucro) esperado são a base para se chegar a uma decisão. Decisões sobre incerteza usam critérios que refletem a atitude do tomador de decisões em relação ao risco, que vai do otimismo ao pessimismo.

4.1.2 Elementos Fundamentais do Método AHP

Gomes (2004) cita os elementos fundamentais do método AHP:

- Atributos e propriedades: um conjunto finito de alternativas é comparado em função de um conjunto finito de propriedades.
- Correlação Binária: ao serem comparados dois elementos baseados em uma determinada propriedade, realiza-se uma comparação binária, na qual um elemento pode ser preferível ou indiferente a outro.
- Escala fundamental de Saaty: a cada elemento associa-se um valor de prioridade sobre os outros elementos, que será lido em uma escala numérica de números positivos e reais. A Tabela 4.1 ilustra a escala.

TABELA 4.1 - Escala Fundamental de Saaty

Valor	Definição	Explicação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Pouco mais importante	A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra.
5	Muito mais importante	A experiência ou o juízo favorece fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Bastante mais importante	Uma atividade é bastante favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática.
9	Extremamente mais importante	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança
2,4,6 e 8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

- Hierarquia: um conjunto de elementos ordenados por ordem de preferência e homogêneos em seus respectivos níveis hierárquicos.

O estudo do método AHP pode ser dividido em duas etapas: estruturação hierárquica do problema de decisão e modelagem do método propriamente dito.

O decisor ou o grupo designado por ele deverá efetuar a estruturação do problema em estudo, combinando os critérios segundo os diversos níveis hierárquicos necessários, para que se obtenha uma representação do problema que seja a mais fiel possível. Determinam-se, dessa forma, as alternativas pertinentes, que serão estudadas sob a ótica de cada critério do nível hierárquico mais baixo. Contudo, essa estruturação deve ser cuidadosa, pois os critérios aplicados em cada nível devem ser homogêneos e não redundantes, aspectos estes descritos a seguir:

- Homogeneidade: os critérios de um determinado nível hierárquico devem apresentar o mesmo grau de importância relativa dentro do seu nível, isto é, no momento de se elaborar a hierarquia, é necessário ter cuidado para não aplicar critérios de grau inferior em um nível superior. Atribuir status superior a algum critério poderia causar uma distorção nos resultados, devido a uma possível supervalorização.
- Não redundância: uma hierarquia, geralmente linear, é uma estrutura que representa a dependência dos diversos níveis que a compõem, de forma seqüencial. Para evitar a redundância em uma alternativa, assume-se a independência, de um determinado nível em relação aos níveis inferiores. Esse tipo de estrutura linear desenvolve-se do nível mais elevado aos níveis inferiores, isto é, dos aspectos mais genéricos aos aspectos mais básicos, mais concretos. Uma maneira prática de testar uma hierarquia consiste em observar se os elementos de um dado nível superior podem ser utilizados como argumentos de um nível inferior. A não observância evidencia a não redundância.

A existência de uma hierarquia de decisão é o ponto principal do método AHP. Normalmente, a hierarquia linear é a estrutura que melhor representa, em termos de simplicidade e funcionalidade, a dependência entre os níveis dos componentes de um sistema em relação a outro nível, de maneira seqüencial. É uma maneira conveniente de decompor em passos um problema complexo, na busca de explicação de causa e efeito, formando-se uma cadeia linear.

O início da hierarquia representa um critério de síntese ou objetivo global, enquanto nos níveis sucessivamente inferiores colocam-se os critérios que apresentam algum impacto no critério do nível superior. No último nível de hierarquia, devem estar as alternativas consideradas.

Assim que se finaliza a estruturação, continua-se com a fase de modelagem do método propriamente dita.

4.1.3 Consistência da Matriz de Comparação

Segundo SILVA *et al.* (2004) a técnica do método AHP se baseia numa matriz quadrada $n \times n$, de comparação entre os n critérios, onde as linhas e as colunas correspondem aos critérios (na mesma ordem ao longo das linhas e ao longo das colunas).

GOMES (2004) diz que considerando os elementos de um dado nível hierárquico, desejando-se que se determinem os pesos dos elementos em relação a um elemento de nível imediatamente superior da matriz de comparação par a par, é feito o cálculo do autovetor. Dessa forma, sendo o a_{ij} o valor obtido na comparação para par do elemento i com o elemento j , a matriz formada por estes valores é a matriz A , onde $A = (a_{ij})$. A matriz A é recíproca tal que $a_{ji} = 1/a_{ij}$, na qual, se os juízos fossem perfeitos, em todas as comparações seria possível verificar que $a_{ij} \times a_{jk} = a_{ik}$ para qualquer i, j e k . Portanto, segundo este procedimento, a matriz A seria consistente.

Seja n o número de elementos a serem comparados, $\lambda_{\max}$ é o autovetor de A e w é o vetor próprio correspondente ou o vetor de prioridades. Caso os juízos emitidos pelo decisor sejam perfeitamente consistentes, têm-se $\lambda_{\max} = n$ e $a_{ij} = w_i/w_j$. Contudo, quase sempre se verifica alguma inconsistência nos juízos, fato este que, no entanto, é admitido no método AHP. A inconsistência pode ser medida da seguinte forma: quanto mais próximo estiver $\lambda_{\max}$ de n , maior será a inconsistência de juízos. Portanto, $\lambda_{\max} - n$ é um indicador da consistência.

Sendo A uma matriz de valores, deverá ser encontrado o vetor que satisfaça a equação:

$$Aw = \lambda_{\max} \cdot w \quad (4.1)$$

Para se obter o autovetor a partir da equação, tem-se:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i \frac{[Aw]_i}{w_i} \quad (4.2)$$

SAATY (1980) observou que pequenas variações em a_{ij} implicam em pequenas variações em $\lambda_{\max}$, em que o desvio do autovetor em relação a n (número de ordem da matriz) é considerado uma medida de consistência. Portanto, é possível afirmar que $\lambda_{\max}$ permite avaliar a proximidade da escala fundamental com a escala de razões ou quocientes que seria usada se a matriz A fosse totalmente consistente. Isso pode ser feito através do Índice de Consistência (IC), que é descrito através do seguinte Teorema:

A é consistente se, e somente se, $\lambda_{\max} \geq n$.

Prova: se A é consistente, então, quando for calculada a magnitude da perturbação da matriz A, utilizando a relação:

$$IC = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)} \quad (4.3)$$

O IC terá um valor menor que 0,1.

É importante notar que a inconsistência em uma matriz de decisão deve servir, em tal contexto, mais como um fator de alerta para o decisor do que um fato necessariamente não desejável. Dessa forma, deve-se ter muito cuidado com a utilização de processos matemáticos que forcem a obtenção da consistência, já que os mesmos podem alterar significativamente o resultado do problema. O decisor deve ser alertado para que seja ele, e somente ele, quem altere o juízo realizado.

O cálculo da Razão da Consistência (RC) é obtido pela seguinte equação:

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (4.4)$$

Onde IC corresponde ao Índice de consistência, que usa o autovetor $\lambda_{\max}$, obtido por meio da multiplicação do autovetor direito pela matriz original. Esse cálculo fornece como resultado um novo vetor, em que cada elemento é dividido pelo elemento correspondente no autovetor, e os resultados são somados, calculando-se, em seguida, as suas médias. Por sua vez, IR é um índice aleatório de consistência, calculado pela equação:

$$IR = \frac{1,98(n - 2)}{n} \quad (4.5)$$

Quanto maior for RC, maior será a inconsistência. Quando $n = 2$, RC é nulo; quando $n = 3$, RC deve ser menor que 0,05; quando $n = 4$, RC deve ser menor que 0,09. Em geral, uma inconsistência considerada aceitável para $n > 4$ é $RC \leq 0,01$.

4.1.4 Expert Choise

No início da década de 70, o exército, grandes empresas e o governo dos Estados Unidos representavam uma demanda importante por um método de auxílio à tomada de decisão. Foi assim que a Expert Choice foi fundada por experientes consultores, respeitados no meio acadêmico norte americano. Entre eles estavam o Dr. Thomas Saaty e o Dr. Ernest Forman, ambos os professores da Wharton Business School. Em 1983, foi lançado o software homônimo da empresa. (SOLOMON e MONTEVECHI, 1997).

Segundo WOLFF (2008), o software tem uma interface amigável, possibilitando rápida compreensão e inserção de dados. O usuário apenas insere o objetivo, os critérios e os números na escala de 1 a 9 para as comparações entre critérios e entre alternativas. O programa, que usa a solução exata pelo autovetor e autovalor, mostra então os resultados numéricos, a razão de consistência de cada comparação e análise de sensibilidade. É possível usar o programa em decisões em grupo, onde o programa também usa a média geométrica das opiniões dos participantes.

4.2. Sistema de Informações Geográficas (SIG)

4.2.1 Introdução

Segundo DANGERMOND (1992), um SIG pode ser definido como uma coleção organizada de hardware, *software*, e dados geográficos desenvolvidos para capturar, armazenar, manipular, avaliar e mostrar de forma eficiente todas as formas de informação referenciadas geograficamente.

O primeiro sistema que reuniu as características básicas de um SIG foi o *Canadian Geographic Information System* (CGIS), implementado no Canadá em 1964. Ele foi aplicado para a análise dos dados de inventários de terras. Este sistema auxiliou a resolução de problemas ambientais, pois foi utilizado no desenvolvimento e planejamento de reabilitação de terras agrícolas canadenses. Em seguida foram desenvolvidos os sistemas *New York Information System* em 1967 e o *Minnesota Land Management Information System* em 1969. A aplicação destes SIGs restringiu-se às agências federais e estaduais do governo canadense e americano, devido ao seu custo elevado e os problemas de implementação.

Nas décadas seguintes ocorreram avanços significativos em equipamentos e programas computacionais, possibilitando assim o desenvolvimento de sistemas mais potentes e novas aplicações. Além disso, os novos equipamentos tiveram redução de seus custos, tornando o SIG uma tecnologia de rápida difusão e aceitação. A tecnologia de SIG é utilizada por milhares de organizações em todo o mundo, para uma grande variedade de aplicações e trabalhos de diferentes áreas. Este campo tem crescido de 25 a 40% ao ano.

4.2.2 Características de um SIG

Um SIG pode armazenar dados georreferenciados num formato *raster* (dados espaciais expressados por uma matriz de células ou *pixels*) ou vetorial (dados posicionados na forma de coordenadas x,y), como pontos (nós), linhas (arcos) e polígonos (limitados por arcos, fechando uma área). Os SIGs armazenam a topologia (posição e a sua relação de vizinhança ou de conexão com outros elementos) dos dados mapeados. As informações pertencentes às várias características espaciais (como propriedades, tipo de solo, vegetação, logradouros, distância etc.) são armazenadas como atributos em tabelas numa base de dados. Um SIG é caracterizado por sua capacidade de integrar camadas de dados orientados espacialmente através de aproximações que permitem compartilhar informações para a resolução de problemas.

Os SIGs específicos para a área de transportes são conhecidos como SIG-T, eles possuem várias aplicações, como por exemplo:

- Planejamento e operação de rodovias ou trânsito;
- Gerenciamento de facilidades e sistema de cadastro;
- Análise e relatório de acidentes;
- Gerência de pavimentos;
- Planejamento de manutenção;
- Previsão e modelagem de demanda;
- Análise de mercado;
- Avaliação de impacto ambiental;
- Planejamento de distribuição, roteirização e programação de veículos;
- Gerencia de veículos de emergência.

Segundo ABKOWITZ *et al.* (1990) as vantagens dos SIG-T, entre outras são:

- A fácil atualização dos dados;
- A descoberta de informação obtida através de interações entre os atributos de transporte;
- O processamento de uma grande quantidade de dados para avaliação espacial;

- A habilidade de mudança de escala e projeção e a remoção de distorções;
- A análise de relações espaciais através de aplicações de modelos empíricos e quantitativos.

Segundo DILGIR *et al.* (2005) o SIG é um instrumento importante para resolver os problemas de transporte, uma vez que pode manipular grandes quantidades de dados e apresentar os resultados em uma ampla gama de formatos gráficos. Vários tipos de sistemas de informações geográficas são utilizados em muitas zonas urbanas e pode ser uma boa plataforma para planejar rotas de produtos perigosos.

4.2.3 Métodos de Obtenção dos Dados Geocodificados

Um SIG requer dados digitais com coordenadas geográficas. DILDINE (1998) lista os métodos de obtenção de dados geocodificados:

- Uso de dados digitais já existentes - Nos EUA existe uma grande quantidade de arquivos disponíveis nos departamentos federais e companhias particulares. Estes arquivos incluem o *U.S. Geological Survey*, que é um programa de mapeamento americano, que produz mapas digitais em grande, média e pequena escala para os EUA. Sendo que a principal fonte de dados é a *National Digital Cartographic Database* e o *US Bureau of Census TIGER (Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing)*, preparado no censo de 1990 e que contém todas as ruas e lotes dos EUA.
- Uso de *scanner* – o *scanner* faz uma leitura eletrônica do mapa e o converte para uma imagem *raster*. Como este formato não pode representar uma rede conectada, o mapa deve ser editado, convertido para o formato vetorial de arcos e nós, através do processo de vetorização e depois se faz uma nova edição.
- Uso de GPS – o *Navigation Satellite Timing and Ranging System* (NAVSTAR) mais conhecido como sistema global de posicionamento, é um sistema de satélites desenvolvido pelo Departamento de Defesa americano. Estes satélites fornecem informações tridimensionais precisas, dentro de um sistema elipsoidal geocêntrico, definido pelo sistema WGS - 84. Para o uso de tais informações, as coordenadas deverão ser transformadas para um sistema plano, que permita trabalhar na superfície topográfica, como o sistema UTM. Esta tecnologia tem o potencial de oferecer uma velocidade até 6 vezes maior do que a digitalização manual.

- Uso da Fotogrametria - as técnicas de fotogrametria fornecem um alto grau de precisão, mas elas não são necessariamente mais econômicas do que a digitalização manual. Esta tecnologia pode ser utilizada efetivamente para atualização de bases de mapas.
- Digitalização Manual - este método é o mais lento para a entrada de dados numa base cartográfica. Ele é apropriado quando não existe potencial de automação, normalmente devido a documentos com uma base ou quando o projeto é de pequeno porte.

4.2.4 O TransCAD

O TransCAD é um sistema de informações geográficas específico da área de transportes. Ele “roda” em ambiente *Windows* e auxilia os profissionais, as empresas e as instituições na realização de análises na área de transportes. Ele possui aplicações em níveis internacional, nacional, regional e local e pode ser usado para todos os modos de transporte.

A configuração mínima necessária para o funcionamento do programa é:

- Sistema Operacional Windows 2000, XP ou Vista;
- Processador Pentium 4 ou AMD Athlon;
- Pelo menos 512 MB de memória RAM;
- Pelo menos 1GB de espaço disponível no disco rígido;
- Um drive de DVD; e
- Uma porta USB.

4.3 Hierarquia Viária

4.3.1 Introdução

Segundo MENESES (2001) a hierarquização do sistema viário em diferentes classes funcionais está ligada a diversos atributos intrínsecos de cada via, como por exemplo: importância socioeconômica, extensão, capacidade, posição geográfica etc. Esta classificação tem uma destacada importância para as equipes multidisciplinares, promovendo o entendimento da complexidade do sistema geral de transporte, facilitando, inclusive, uma melhor comunicação entre os diversos profissionais envolvidos no processo de planejamento.

4.3.2 Classificações e Definições

O artigo 60 do Código de Trânsito Brasileiro diz:

Art. 60. As vias abertas à circulação, de acordo com sua utilização, classificam-se em:

I - Vias urbanas:

- a) Via de trânsito rápido;
- b) Via arterial;
- c) Via coletora;
- d) Via local;

II - Vias rurais:

- a) Rodovias;
- b) Estradas.

Sendo que estas vias são definidas como:

Via de trânsito rápido: aquela caracterizada por acessos especiais com trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e sem travessia de pedestres em nível.

Via arterial: aquela caracterizada por interseções em nível, geralmente controlada por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade.

Via coletora: aquela destinada a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar e sair de vias de trânsito dentro das regiões da cidade.

Via local: aquela caracterizada por interseções em nível não semaforizadas, destinada apenas para o acesso local ou a áreas restritas.

Estrada: via rural não pavimentada.

Rodovia: via rural pavimentada.

Segundo EPPELL (2001) a hierarquia viária foi, durante algum tempo, aceita como uma ferramenta importante para o planejamento do uso do solo e da rede viária. É uma maneira de definir a função de cada via, adequando os seus objetivos e traçados. Esta abordagem visa alcançar um sistema viário eficiente, minimizando os conflitos entre as vias e o uso do solo.

Um componente essencial de uma cidade é o seu sistema de transportes que serve a população no ambiente urbano, sendo que o deslocamento realizado pode ter finalidade educacional, comercial, para o lazer etc. Muitas vias possuem mais de uma função, mas

se sabe que a mistura de funções incompatíveis pode gerar problemas. A utilização do conceito de hierarquia viária visa reduzir a mistura de funções incompatíveis, ajudando os órgãos gestores do tráfego da seguinte maneira:

- No planejamento ordenado de rotas para veículos pesados e aqueles que transportam produtos perigosos;
- No planejamento e provisão de rotas para o transporte público;
- No planejamento e provisão de rotas para ciclistas e pedestres;
- No projeto do desenvolvimento que facilita os princípios de concepção urbana, tais como: acessibilidade, conectividade, eficiência e segurança;
- Assegurando o controle sobre o tráfego que utiliza as vias e garantindo a segurança e o funcionamento eficaz do sistema.
- Na identificação de tratamentos, tais como: anteparos e projetos paisagísticos para amenizar os transtornos provocados pelo tráfego.

A filosofia da hierarquia viária se inicia levando em consideração as necessidades de áreas locais que são denominadas como áreas específicas, que fazem parte do tecido urbano e que estão contidas num quarteirão circundado pelo tráfego que passa pelas vias ou outras fronteiras físicas. Pelas vias arteriais primárias passam o tráfego externo que se dirige para uma área específica. Pelas vias arteriais secundárias passa o tráfego de várias áreas específicas e de vias arteriais primárias. Vias coletoras estão localizadas dentro de áreas específicas e proporcionam o acesso direto e indireto para usos de solo de dentro de uma área específica para a rede viária. Por essas vias não deve passar o tráfego de áreas externas para áreas específicas. As vias locais são ambientes onde predominam as velocidades baixas e os pedestres possuem prioridade.

AZEVEDO NETTO (1999) propõe a seguinte classificação do sistema viário:

a) Vias estruturais

1º nível: Estrutural regional, interligando a cidade aos municípios vizinhos. Os usos mais comuns são comércio e serviços de abrangência regional.

2º nível: Estrutural municipal, interligando a cidade e sua zona rural. Os usos mais comuns são comércios e serviços para a população rural.

3º nível: Estrutural urbana

Estrutural A: Interligam as vias estruturais urbanas às vias municipais e regionais. Por isso, costumam ter fluxos de veículos de carga, ônibus e carros, e

usos relacionados a veículos e pólos de atração de grande porte (shoppings, revenda de tratores, etc.);

Estrutural B: Têm como função principal o acesso das regiões mais centrais da cidade aos bairros, ou dos bairros entre si. Têm prioridade para o tráfego de ônibus urbanos, mas também comportam carros e veículos de carga para distribuição de mercadorias.

b) Vias coletoras: Alimentam ou irrigam as vias estruturais. Têm a função de recolher os fluxos provenientes das vias locais e direcioná-los para as vias estruturais. Apresentam as características dos bairros nos quais estão localizadas, e fluxos semelhantes aos da Estrutural B, mas menos intensos.

c) Vias locais: sua principal função é promover acesso às edificações e lotes lindeiros. Como foi visto neste tópico os autores mencionados sugerem classificações para o sistema viário com pequenas variações no que tange a hierarquia viária. O fato mais importante é que todos estimulam a adoção de critérios para que não haja conflitos entre as vias e o uso do solo.

4.4 Limite de Velocidade

4.4.1 Introdução

Com relação ao limite de velocidade que é regulamentado no Brasil, consta no Código de Trânsito Brasileiro o seguinte artigo:

Art. 61. A velocidade máxima permitida para a via será indicada por meio de sinalização, obedecidas as suas características técnicas e as condições de trânsito.

§ 1º Onde não existir sinalização regulamentadora, a velocidade máxima será de:

I - Nas vias urbanas:

- a) Oitenta quilômetros por hora, nas vias de trânsito rápido;
- b) Sessenta quilômetros por hora, nas vias arteriais;
- c) Quarenta quilômetros por hora, nas vias coletoras;
- d) Trinta quilômetros por hora, nas vias locais;

II - Nas vias rurais:

- a) Nas rodovias:
 - 1. Cento e dez quilômetros por hora para automóveis e camionetas;
 - 2. Noventa quilômetros por hora para ônibus e microônibus;
 - 3. Oitenta quilômetros por hora para os demais veículos.

b) Nas estradas, sessenta quilômetros por hora.

§ 2º O órgão ou entidade de trânsito ou rodoviário com circunscrição sobre a via poderá regulamentar, por meio de sinalização, velocidades inferiores ou superiores àquelas estabelecidas no parágrafo anterior.

4.4.2 Motivos da Implantação de Limites de Velocidades

A principal razão para a regulação da escolha individual da velocidade é a significância do risco que o motorista impõe sobre os demais usuários do sistema viário. Por exemplo, uma pessoa com alta tolerância ao risco decide dirigir em alta velocidade, aceitando uma alta probabilidade de envolver-se em acidentes. Outra razão para a regulamentação da velocidade deriva da inabilidade de alguns motoristas em julgar a capacidade dos seus veículos e para antecipar a geometria da via e as condições fora dela. Essa inabilidade é muito comum em motoristas inexperientes ou em motoristas experientes dirigindo em área não familiar, que podem subestimar o risco e escolher uma velocidade inapropriada. A última razão para a regulamentação da velocidade é a tendência de alguns motoristas em subestimar ou subavaliar o efeito da velocidade na probabilidade e na severidade dos acidentes (TRB, 1998).

O objetivo do limite de velocidade é, portanto, reduzir o risco imposto pela escolha de velocidade do motorista e, com isso, aumentar a segurança global no trânsito. Entretanto, a velocidade limite estabelecida deve, sempre que possível, balancear a fluidez do tráfego com a segurança dos veículos, dos pedestres e de outros usuários de modos de transporte não motorizados. Ela informa ao motorista a velocidade máxima apropriada sob condições favoráveis. Em condições desfavoráveis, como má visibilidade, tempo adverso, congestionamento, sinais de alerta, presença de ciclistas e pedestres, espera-se que os motoristas reduzam a velocidade dos seus veículos. Na busca de um equilíbrio aceitável entre fluidez e segurança, os limites de velocidade desempenham um papel crítico (WALLER, 2001).

4.5 Densidade Populacional

4.5.1 Conceituação

Densidade populacional, densidade demográfica ou população relativa é a medida expressa pela relação entre a população e a superfície do território, geralmente aplicada

a seres humanos, mas também em outros seres vivos (comumente, animais). É geralmente expressa em habitantes por quilômetro quadrado.

4.5.2 O Ambiente Urbano

FORATTINI (1991) destaca que atualmente presencia-se o efeito do processo de urbanização, em cada vez maior número de núcleos, chegando a praticamente desvincular o ser humano de seu relacionamento com a natureza. Daí decorrem os aspectos particularmente intensos e concentrados em áreas relativamente limitadas. As conseqüências fazem-se sentir a distâncias às vezes consideráveis. E isso em virtude da necessidade de entrada maciça de energia para a zona urbana. Além da representada pelos alimentos, sobressai a dos combustíveis e da eletricidade. Captadas em locais distantes, são transformadas, concentradas e, quando possível, armazenadas para ulterior utilização. Como conseqüência, dá-se intensa produção de resíduos que representam a reversão ao estado não concentrado, e que são constituídos principalmente pelos dejetos e pelo calor. É de se considerar, pois, que o desenvolvimento do meio urbano resulta em intensa e profunda manipulação do ambiente. Daí decorrerem acentuadas modificações que recaem sobre a paisagem, a comunidade, o estado psicológico e fisiológico dos habitantes, além de darem origem a fatores culturais, tanto econômicos como políticos que, isolada ou coletivamente, influem ou mesmo determinam a qualidade de vida da população ali residente. Assim sendo, pode-se enumerar, de maneira genérica, as características do ambiente urbano, como segue:

- Afastamento e ausência de contato com o meio natural.
- Concentração e elevada densidade populacional, em espaço limitado.
- Predominância de atividade industrial e de prestação de serviço.

Desde o término da Segunda Guerra Mundial, assiste-se o acentuado incremento do fenômeno da urbanização, para o qual autores têm aventado múltiplas explicações. À clássica teoria do desenvolvimento industrial que fez crescer as cidades, acrescenta-se o da mecanização agrícola que leva como decorrência, a mão de obra a se concentrar no meio urbano. Quem, por que, e como, se engaja na migração rural-urbana, são questões que se filiam a aspectos da estrutura social e das condições socioeconômicas, ou seja, do sistema de distribuição da riqueza.

KAMPEL (2003) relata que a associação demográfica por área é a mais utilizada para manipular dados de população e assume que o fenômeno ocorre em regiões discretas

onde as unidades de coleta de dados são internamente homogêneas. As unidades de coleta de dados são, normalmente, arbitrárias, como no caso dos setores censitários e não podem ser diretamente relacionados com a distribuição espacial de uma variável de uma variável analisada. A densidade populacional é considerada um fenômeno contínuo no espaço e o seu objetivo é estimar a distribuição geográfica da população, no maior detalhamento possível. Algumas vantagens resultantes desta representação são as possibilidades de manipulação e análise, independente de qualquer unidade de área pré-fixada. Adicionalmente, superfícies de densidade populacional são, particularmente, importantes para armazenar e disponibilizar dados demográficos em bancos de dados globais.

4.6 Acidentes de Trânsito

4.6.1 Conceituação

FERRAZ *et al.* (2008) define acidente de trânsito como: um evento ocorrido em uma via, incluindo calçadas, decorrente do trânsito de veículos e pedestres que resulta em danos materiais e/ou lesões em pessoas. No Brasil, a classificação utilizada para caracterizar os acidentes quanto à gravidade é a utilizada pela Polícia Militar na elaboração dos boletins de ocorrência dos acidentes e na elaboração de estatísticas.

4.6.2 Categorias e Tipos de Acidentes

Nesta classificação são consideradas três categorias de acidentes:

- Sem vítimas;
- Com vítimas não fatais (feridos); e
- Com vítimas fatais.

A existência e a quantidade de vítimas fatais são apontadas somente se a morte ocorreu no local ou até o fechamento do boletim de ocorrência por parte da Polícia Militar. Se a vítima vier a falecer posteriormente, seja no hospital ou em outro local, o fato não aparece nos boletins. Para obter este tipo de informação é necessário recorrer às estatísticas do sistema de saúde pública, ou estimar utilizando índices apropriados.

Segundo ABNT (1997) os acidentes são classificados nos seguintes tipos:

- Colisão traseira - acidente envolvendo dois tipos de veículos que se movimentam numa mesma direção e no mesmo sentido. Ocorre, em geral, quando o veículo que está a frente freia bruscamente, ou se locomove com uma velocidade muito baixa,

e o veículo de trás, por estar muito próximo e/ou com velocidade muito alta, não consegue frear a tempo e colide com o da frente.

- Colisão frontal - acidente envolvendo dois veículos que se movimentam numa mesma direção e em sentidos contrários. Ocorre em geral, quando um dos veículos invade a pista contrária devido a um ou mais dos seguintes motivos: ultrapassagem imprudente ou perda de controle do veículo devido a uma curva fechada, excesso de velocidade, foco da atenção desviado, cochilo, defeito do veículo, problema da pista etc.
- Colisão transversal - acidente envolvendo veículos que se movimentam em direções, aproximadamente, perpendiculares. Ocorre, comumente, em cruzamentos viários quando um dos veículos avança inadvertidamente um sinal de “Pare” ou “Dê a preferência”, ou o sinal vermelho de um semáforo. Este tipo de acidente também é conhecido como abalroamento transversal.
- Colisão lateral - acidente envolvendo veículos que se movimentam numa mesma direção, no mesmo sentido ou sentidos contrários, quando um deles afasta-se da sua trajetória e colide lateralmente com o outro que está ao lado. Ocorre, em geral. Quando um dos veículos não percebe a presença de outro que está ao seu lado e invade a faixa contígua, seja para ultrapassar outro veículo que está na frente, fazer uma conversão ou simplesmente mudar de faixa. Também pode ocorrer quando um dos veículos invade parcialmente a pista contrária. Este tipo de acidente também é denominado de abalroamento lateral.
- Choque - colisão de um veículo em movimento com um obstáculo fixo (veículo estacionado, poste, árvore, muro, gradil, defesa, guia, canaleta de drenagem, defesa etc.). Ocorre comumente quando o condutor perde o controle do veículo e sai da pista devido a um ou mais dos seguintes fatores: curva fechada, excesso de velocidade, foco da atenção desviado, cochilo, defeito do veículo, problema da pista etc.
- Atropelamento - colisão de um veículo em movimento com um ou mais pedestres (ou animais). Pode ocorrer na pista ou fora dela (na calçada de uma rua, no acostamento de uma rodovia etc.). Ocorre devido à falta de cuidado do pedestre, desrespeito a faixa de pedestre por parte do condutor, ou perda de controle do veículo e saída da pista devido a um ou mais dos seguintes fatores: curva fechada,

excesso de velocidade, foco da atenção desviado, cochilo, defeito do veículo, problema da pista etc.

- Tombamento - acidente no qual o veículo tomba sobre uma de suas partes laterais, a qual fica em contato com o chão. Pode ocorrer em razão de uma colisão, choque ou saída da pista e queda sobre uma superfície situada em plano inferior ou, subida ou queda de um barranco.
- Capotamento - acidente no qual o veículo gira em torno de si mesmo com o teto (capota), tomando contato com o chão pelo menos uma vez, não importando a posição em que permanece imobilizado. As causas são, em geral, as mesmas do tombamento, porém mais acentuadas.
- Engavetamento - acidente envolvendo três ou mais veículos movimentando-se numa mesma direção, num mesmo sentido ou em sentidos contrários. Ocorre em geral, quando veículos não mantêm entre eles uma distância de segurança compatível com a velocidade, condições da pista e/ou condições ambientais. Neste caso uma colisão entre dois veículos pode desencadear colisões múltiplas, caracterizando o acidente denominado engavetamento. É mais comum acontecer quando a pista está lisa (devido à chuva, neve, presença de óleo, neve etc.) e/ou quando a visibilidade é baixa por causa de nevoeiro.
- Outros – acidentes de trânsito que não se enquadram em nenhum dos tipos anteriores. Exemplos: veículo que saiu da via em velocidade alta e foi parar no terreno ao lado ou dentro de um rio, tendo sofrido algum tipo de avaria, sem ter tombado, capotado, ou se chocado com um obstáculo; queda dos ocupantes de motocicleta ou bicicleta; veículo que teve o pára-brisa quebrado por uma pedra lançada pelas rodas de outro veículo, veículo que incendiou etc.

Pode, também, acontecer um acidente com a combinação de dois ou mais tipos de acidentes citados anteriormente, por exemplo: uma colisão seguida de tombamento ou capotamento e/ou atropelamento.

Segundo STRAUCH (2004) quando se trata de acidentes com veículos transportando produtos perigosos devem ser analisadas as seguintes características:

- a) Quanto ao porte do acidente (quantidade vazada / derramada): a caracterização da ocorrência de acidentes, levando-se em conta a quantidade de produtos vazados ou derramados, pode ser feita graduando-se os eventos em termos de: acidentes sem perda e acidentes com perda de produto. Os acidentes que envolvem perda de

produto podem ser classificados de acordo com as quantidades vazadas em: de pequeno porte (até 100 kg ou 100 litros); de médio porte (de 100 kg a 999 kg, ou 100 litros a 999 litros), e de grande porte (acima de 1000 kg - 1 t - ou acima de 1000 litros - 1m³).

- b) Quanto ao tipo de embalagem da carga (fracionada ou a granel): A carga fracionada é a remessa de pequena quantidade de mercadoria que sozinha não ocupa todo o espaço do equipamento utilizado para realizar o transporte. A carga a granel é toda carga homogênea, sem acondicionamento específico, apresentando-se sob a forma de sólidos, líquidos e gases. Compreendem as cargas não acondicionadas, portanto, sem invólucro/embalagem.
- c) Quanto à classe de risco dos produtos transportados: as classes de risco dos produtos perigosos foram definidas no item 2.2.1 deste trabalho.

4.7 Meio Ambiente Urbano

4.7.1 Áreas Verdes Urbanas

NUCCI (2001) relata que um atributo muito importante, porém negligenciado no desenvolvimento das cidades, é o da cobertura vegetal, pois além de todas as necessidades que o ser humano tem em relação à vegetação é importante lembrar que as cidades estão cada vez mais poluídas; e esta poluição, principalmente no ar e nos rios, pode ser reduzida substancialmente preservando-se a vegetação local. Os termos áreas verdes, espaços/áreas livres, arborização urbana, verde urbano, têm sido frequentemente utilizados no meio científico com o mesmo significado para designar a vegetação intra-urbana. No entanto, pode-se considerar que a maioria destes termos não são sinônimos, e não se referem aos mesmos elementos.

LIMA *et al.* (1994) consideram que é necessário um esforço para que os termos utilizados para classificação da vegetação urbana sejam discutidos de forma convergente. Para eles, espaço livre é um termo mais abrangente que áreas verdes, e admitem que entre os espaços livres tem-se:

- Área verde: onde há o predomínio de vegetação arbórea. Devem ser consideradas as praças, os jardins públicos e os parques urbanos, além dos canteiros centrais e trevos de vias públicas, que tem apenas funções estéticas e ecológicas. Porém, as árvores que acompanham o leito das vias públicas não se incluem nesta categoria. Os autores apontam que as áreas verdes, assim como todo espaço livre, devem

também ser hierarquizadas, segundo sua tipologia (privadas, potencialmente coletivas e públicas) e categorias.

- Parque urbano: são áreas verdes, maiores que as praças e jardins, com função ecológica, estética e de lazer.
- Praça: pode não ser considerada uma área verde caso não tenha vegetação e seja impermeabilizada. Quando apresentar vegetação é considerada jardim, e como área verde sua função principal é de lazer.
- Arborização urbana: são os elementos vegetais de porte arbóreo tais como árvores e outros no ambiente urbano.

4.7.2 Poluição na Água

ZAMPIERON e VIEIRA (2002) relatam que os resíduos gerados pelas indústrias, cidades e atividades agrícolas são sólidos ou líquidos, tendo um potencial de poluição muito grande. Os resíduos gerados pelas cidades, como lixo, entulhos e produtos tóxicos são carregados para os rios com a ajuda das chuvas. Os resíduos líquidos carregam poluentes orgânicos (que são mais fáceis de ser controlados do que os inorgânicos, quando em pequena quantidade). As indústrias produzem grande quantidade de resíduos em seus processos, sendo uma parte retida pelas instalações de tratamento da própria indústria, que retêm tanto resíduos sólidos quanto líquidos, e a outra parte despejada no ambiente. No processo de tratamento dos resíduos também é produzido outro resíduo chamado chorume, líquido que precisa novamente de tratamento e controle. As cidades podem ser ainda poluídas pelas enxurradas, pelo lixo e pelo esgoto.

A poluição das águas pode aparecer de vários modos, incluindo a poluição térmica, que é a descarga de efluentes a altas temperaturas, poluição física, que é a descarga de material em suspensão, poluição biológica, que é a descarga de bactérias patogênicas e vírus, e poluição química, que pode ocorrer por deficiência de oxigênio, toxidez e eutrofização. A eutrofização é causada por processos de erosão e decomposição que fazem aumentar o conteúdo de nutrientes, aumentando a produtividade biológica, permitindo periódicas proliferações de algas, que tornam a água turva e com isso podem causar deficiência de oxigênio pelo seu apodrecimento, aumentando sua toxidez para os organismos que nela vivem (como os peixes, que aparecem mortos junto a espumas tóxicas).

4.8 Metodologia Proposta

Para a aplicação da metodologia proposta foram seguidas as seguintes etapas:

1. Criação de uma base de dados num sistema de informações geográficas contendo o sistema viário, os bairros da cidade, a densidade populacional, os acidentes de trânsito, as velocidades máximas permitida nas vias.
2. Classificação das vias obedecendo à hierarquização viária.
3. Seleção de todas as vias estruturais, arteriais primárias e secundárias para a criação de um conjunto de vias candidatas, que poderão fazer parte da sub-rede;
4. Eliminação de viadutos, túneis e mergulhões do conjunto de vias candidatas;
5. Escolha das variáveis e os seus pesos para efeito de avaliação das vias, utilizando o método AHP;
6. Escolha das vias que comporão a sub-rede, levando em consideração as notas finais obtidas na avaliação.
7. Sugestão de melhorias para a infraestrutura viária e para a fiscalização do serviço.
8. Sugestão para a implantação de uma sinalização vertical e horizontal específica para as vias utilizadas para o transporte de produtos perigosos.

5. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

5.1 Introdução

Para aplicação da metodologia proposta foi escolhida a cidade do Rio de Janeiro, que é a segunda metrópole mais populosa do Brasil, e está situada na região sudeste. Possui uma área territorial de 1.182,296 km² e uma população de 5.857.904 habitantes, segundo o Censo 2000. É um dos principais centros turístico, financeiro e cultural do país. Representa o segundo maior PIB do Brasil, estimado em cerca de R\$ 128 bilhões, segundo o IBGE (2006). É sede das principais companhias de petróleo do Brasil. A cidade ocupa a margem ocidental da baía de Guanabara e algumas de suas respectivas ilhas (como Governador e Paquetá).

5.2 Caracterização do Problema

Segundo os registros do INEA (Instituto Estadual do Ambiente), aconteceram 561 incidentes rodoviários com produtos perigosos no estado do Rio de Janeiro de 1984 até 2007. Os tipos de incidentes registrados são: vazamentos, acidentes de trânsito, rompimentos de embalagens, roubo de cargas, quedas de transportes etc, sendo que 73 foram registrados na cidade do Rio de Janeiro. Durante este período aconteceram 3,17 acidentes/ano na cidade. Estes números comparados com acidentes de trânsito com veículos que não transportam produtos perigosos parecem pequenos, apesar disso, quando ocorre um acidente com produtos perigosos dependendo da periculosidade destes, a experiência do condutor, o local, a quantidade de pessoas expostas, as condições do tempo, o tempo de chegada da equipe de atendimento, entre outros, pode influenciar na ocorrência de uma catástrofe sem precedentes. Em relação a tais incidentes, houve perda do produto em 47 casos (64,38%), restando 26 casos (35,62%) em que tal não se verificou. Quando ocorre um incidente com veículos encarregados do transporte de produtos perigosos, os analistas ambientais do INEA que trabalham no

Serviço de Controle de Poluição Acidental são chamados no local para que sejam realizados os procedimentos atenuantes de riscos às pessoas envolvidas e ao meio ambiente. São transmitidas as orientações pertinentes e procede-se a um registro em formulário específico. No espaço destinado a colocação do endereço do incidente, muitas vezes, esta informação é, muitas vezes, preenchida sem muita precisão, o que dificulta o georreferenciamento de todos estes dados. A Figura 5.1 mostra os incidentes que puderam ser georreferenciados.

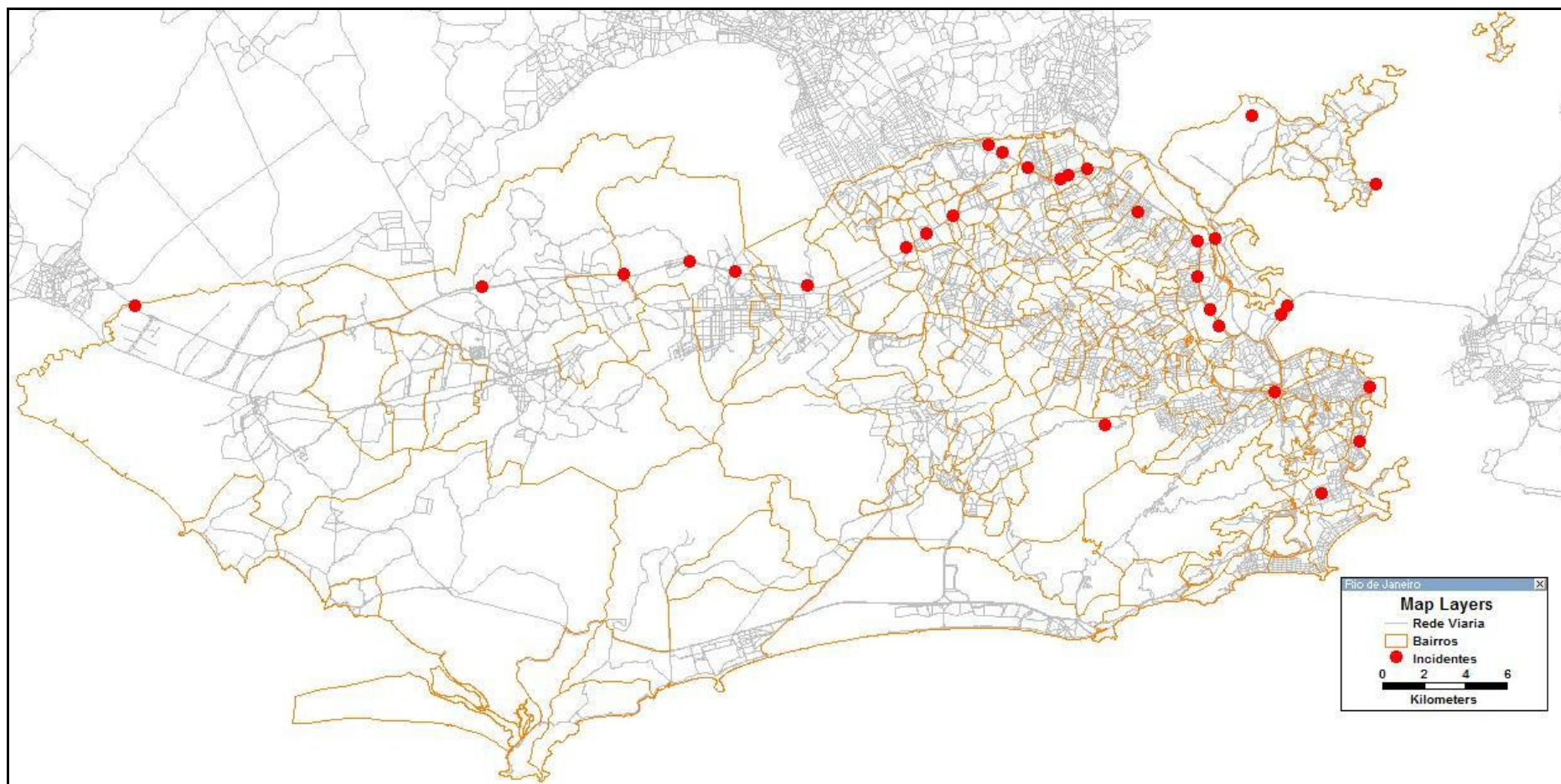


FIGURA 5.1 - Localização dos Incidentes com Produtos Perigosos ocorridos na cidade do Rio de Janeiro.

5.2.1 Dados Coletados

Analisando os dados fornecidos pelo INEA pode-se dizer que os locais onde se deu o maior número de acidentes registrados na cidade do Rio de Janeiro: Parada de Lucas, Bonsucesso, Caju, Penha, Ponte Rio - Niterói, São Cristovão, Bangu, Barra da Tijuca, Campo Grande, Jardim América, Pavuna, Santa Cruz e Sulacap. A Figura 5.2 mostra as porcentagens dos incidentes destes locais.

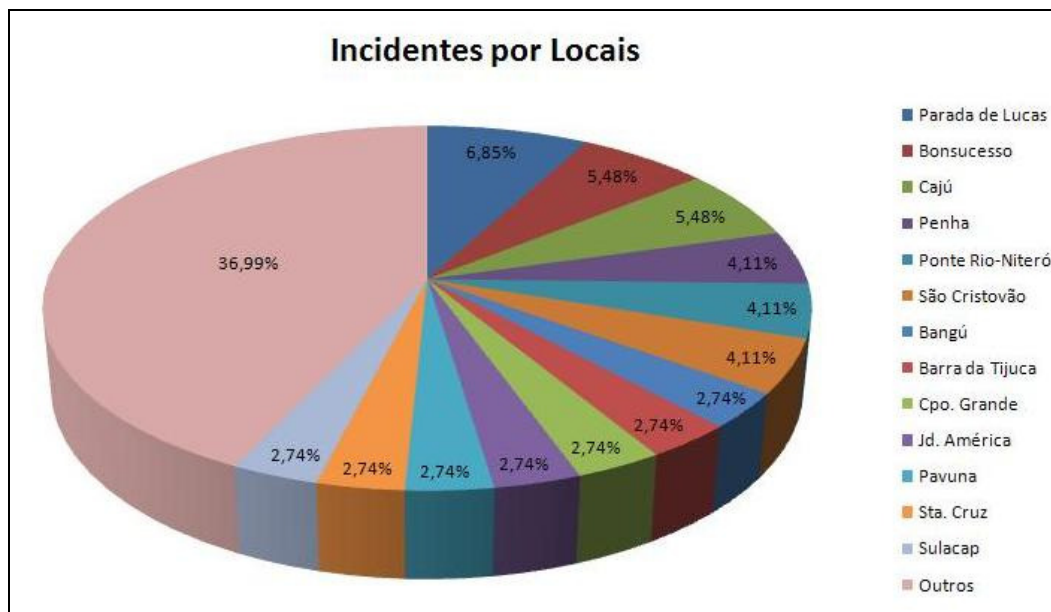


FIGURA 5.2 - Porcentagem de incidentes por local

A maioria dos incidentes aconteceu nas zonas norte e oeste da cidade do Rio de Janeiro. Isto se deve porque nestas áreas se localiza a maior parte das fábricas ou empresas que fazem o manuseio de produtos perigosos. O bairro do Caju aparece nos registros devido aos incidentes que ocorreram no Porto do Rio de Janeiro.

No caso da Ponte Rio - Niterói, apesar de haver regulamentação proibindo o tráfego de veículos transportando produtos perigosos, há incidência desta prática. Entende-se que devido o grande número de veículos que transitam diariamente na Ponte, a fiscalização não consegue impedir todos os casos de transgressão à regulamentação.

Com relação aos tipos de produtos que têm as maiores participações nos incidentes ocorridos na cidade do Rio de Janeiro, como mostra a Figura 5.3, são: óleo diesel, gasolina, álcool, querosene de aviação, enxofre, hidróxido de amônia, produtos não identificados e outros.

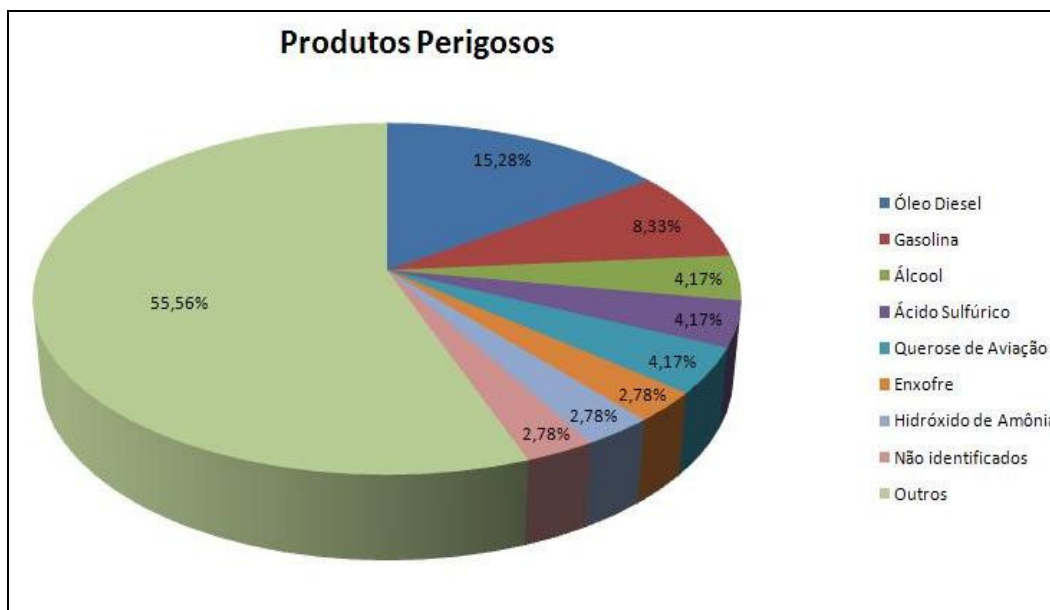


FIGURA 5.3 - Produtos com Participação nos Incidentes Ocorridos

Com relação à classificação feita pela ONU os incidentes ocorridos na cidade do Rio de Janeiro tiveram a participação das seguintes classes: líquidos inflamáveis, substâncias corrosivas, substâncias perigosas diversas, substâncias venenosas, sólidos inflamáveis, gases e substâncias oxidantes. A Figura 5.4 ilustra a participação de cada uma das classes citadas. No período de 1984 até 2007 não foram registrados casos com as classes de explosivos e materiais radioativos.

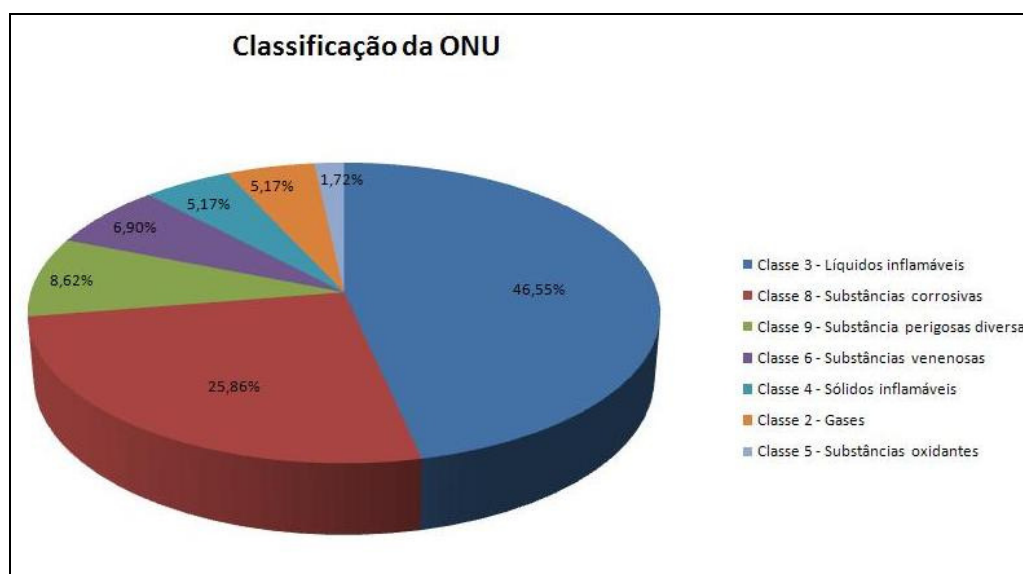


FIGURA 5.4 - Classes dos Produtos com Participação nos Incidentes Ocorridos

A relação de todos os incidentes ocorridos com produtos perigosos na cidade do Rio de Janeiro com a data do acontecimento se encontra no Apêndice.

5.3 Detalhamento da Aplicação

5.3.1 Criação da base de dados

Para a criação da base de dados no sistema de informações geográfica TransCAD, foram utilizados os arquivos do Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro de 2005 (PDTU/RMRJ). Como era interessante trabalhar apenas como o modo rodoviário foram apagados todos os *links* referentes aos outros modos na camada de linhas que representa o sistema de transportes da cidade. Verificou-se em seguida que muitos logradouros não estavam representados no mapa. Como a metodologia desenvolvida precisa de todas as vias que, segundo a hierarquização viária, são estruturais, arteriais primárias e secundárias, foi preciso realizar o trabalho de digitalização das vias pertencentes a estas classificações que estavam faltando. Foram utilizadas as fotos aéreas fornecidas pelo programa *Google Earth*, que após um procedimento de triangulação utilizando as coordenadas UTM (*Universal Transverse Mercator*), que são lidas pelo TransCAD, apareciam na mesma escala do sistema viário existente e serviam de “pano de fundo” para que fosse possível a digitalização das vias. Com o sistema viário completo foram aproveitados os seguintes campos do banco de dados: ID (número identificador dos *links*), *Length* (comprimento dos *links*), Dir (número que indica a mão de direção dos *links*) e Nome (nome das vias que compõe o sistema viário). Foram adicionados nesta camada os seguintes campos: Bairro (para saber em que bairro o *link* se encontra), Hierarquia (para saber a hierarquia viária dos *links*).

A camada de bairros foi aproveitada na íntegra dos arquivos do PDTU/RMRJ. Já estavam incluídos os dados de população dos bairros, segundo o CENSO de 2000. O valor da densidade populacional foi obtido utilizando a ferramenta overlay disponível no SIG-T, levando em consideração a população que seria afetada num raio de 10 metros dos eixos das vias que compõem a sub-rede. Os dados de acidentes foram coletados no banco de dados de Companhia de Engenharia de Tráfego do Rio de Janeiro (CET-Rio). Estes dados são referentes ao ano de 2006, que foi o último ano em que estes dados foram processados. A CET-Rio faz a análise destes dados utilizando o sistema de informações geográficas ArcView. Por isso, foi necessário importá-los para o TransCAD. Os valores para esta variável foram calculados dividindo a quantidade de acidentes pela extensão da via em quilômetros.

Os valores de limite velocidade das vias estudadas foram retirados de um relatório da CET-Rio. Mas, como não estavam disponíveis todas as velocidades necessárias para realização deste trabalho, para as vias que não havia nenhum tipo de registro foram adotadas as velocidades que estão na Tabela 5.1.

TABELA 5.1 - Velocidades adotadas para as vias sem informações.

Hierarquia	Velocidades Adotadas
Vias estruturais	80 km/h
Vias arteriais primárias	60 km/h
Vias arteriais secundárias	50 km/h

Com relação às informações sobre o meio ambiente no entorno das vias estudadas foi utilizado o programa *Google Earth*, onde através das fotos áreas disponíveis, foram observados os elementos necessários para que fossem atribuídas as notas desta variável. Foi criada uma camada de pontos para representar os pontos de interesse que foram levados em consideração na criação sub-rede.

5.3.2 Classificação das Vias Segundo a Hierarquização Viária

O primeiro parâmetro utilizado na escolha das vias candidatas para fazerem parte da sub-rede para o transporte produtos perigosos na cidade do Rio de Janeiro foi a hierarquização viária utilizada pela CET-Rio, que é a seguinte: vias estruturais, vias arteriais primárias, vias arteriais secundárias, vias coletoras e vias locais. Foram agrupados os *links* de cada logradouro contido no banco de dados da camada Rede Viária, em seguida, as suas classificações foram preenchidas.

5.3.3 Escolha das Vias Estruturais, Arteriais Primárias e Secundárias

Foram escolhidas as vias estruturais, arteriais primárias e secundárias para fazer parte do conjunto das vias candidatas da sub-rede, pois elas possuem uma maior infraestrutura para absorver o tráfego de veículos que transportam produtos perigosos. Além disso, a eliminação das vias locais e coletoras deste conjunto se deve ao fato de que a maior parte das áreas residenciais está localizada nestas vias. Foram escolhidas 370 vias nesta etapa. A tabela contendo estas vias está no Apêndice.

5.3.4 Escolha das Vias Candidatas

Para a escolha das vias candidatas foi eliminado do conjunto de vias citado no item anterior os viadutos, túneis, elevados e mergulhões. Foram escolhidas 339 vias candidatas. A tabela contendo estas vias está no Apêndice.

A Figura 5.5 mostra as vias candidatas que foram selecionadas do sistema viário do Rio de Janeiro.

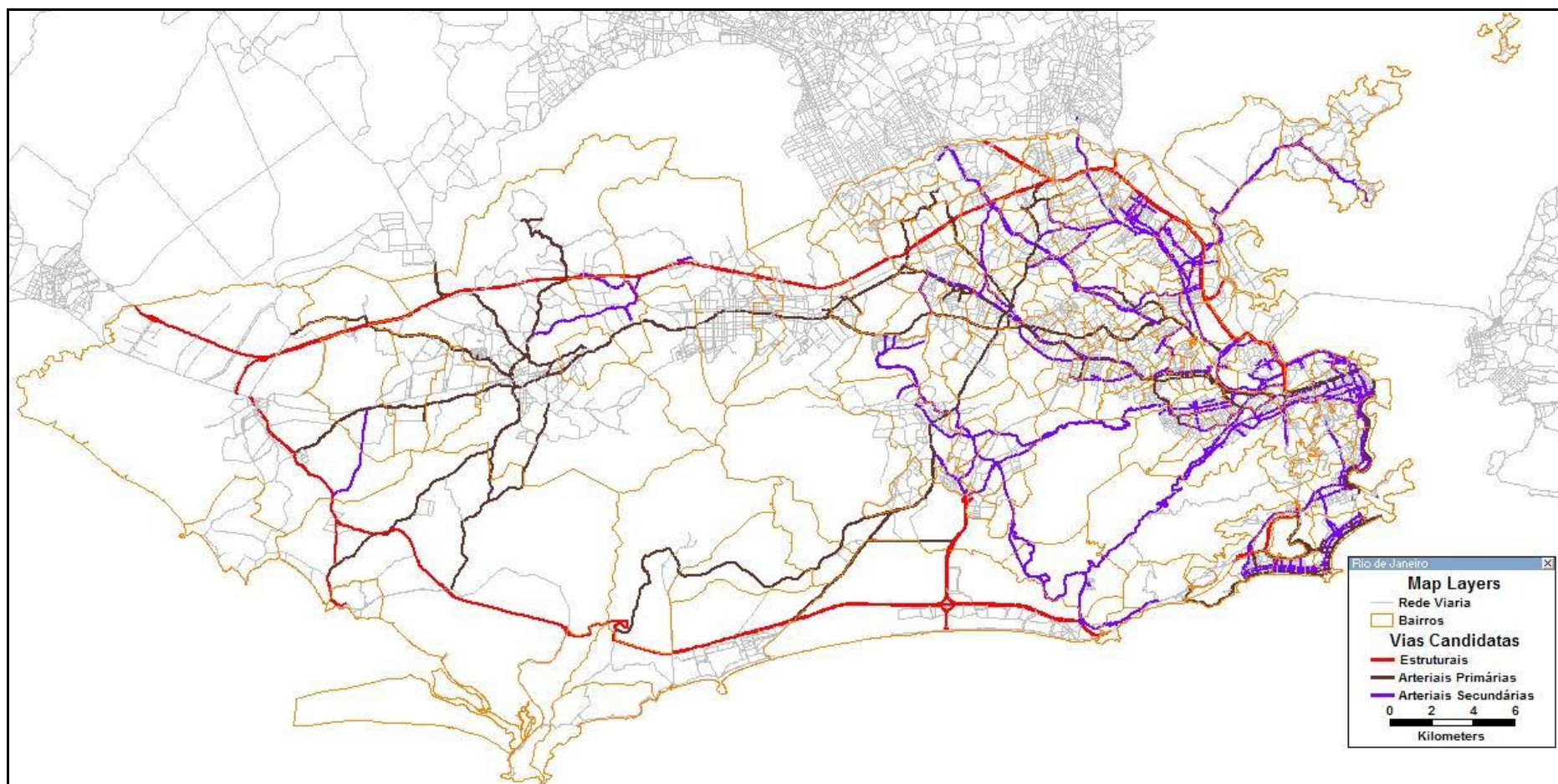


FIGURA 5.5 - Mapa de vias candidatas no sistema viário do Rio de Janeiro

5.3.5 Escolha das Variáveis e dos seus Pesos

Após a realização da pesquisa bibliográfica, observou-se que as variáveis que mais apareciam nos estudos realizados para implantação de rotas para produtos perigosos eram: densidade populacional, índice de acidentes, limite de velocidade, meio ambiente e volume de tráfego. Por falta de dados, a última variável citada foi eliminada deste estudo. Foi feita uma pesquisa de opinião com 30 funcionários da CET-Rio, dentre eles estão: 18 engenheiros e 12 arquitetos, que trabalham elaborando projetos viários, fazem análise de pólos geradores de viagens e com operações de tráfego.

Na pesquisa, cada participante preencheu uma matriz, aonde foi pedido que fosse feita uma comparação par a par da importância de cada variável levando em consideração a escala fundamental de Saaty, para a elaboração de rotas para o transporte de produtos perigosos em áreas urbanas. A Tabela 5.2 é um exemplo da matriz utilizada na pesquisa.

TABELA 5.2 - Matriz utilizada na comparação par a par das variáveis.

	DP	IA	LV	MA
DP				
IA				
LV				
MA				

Após os participantes preencherem as matrizes com as suas avaliações, os dados foram processados numa planilha eletrônica utilizando o método AHP para se chegar ao peso que cada variável teria no modelo elaborado. As matrizes geradas encontram-se no Apêndice. Em seguida, foi utilizado o programa Expert Choise para se chegar aos pesos finais das variáveis escolhidas.

Cada *link* das vias candidatas receberá uma nota obedecendo aos critérios contidos na Tabela 5.3.

TABELA 5.3: Critérios para atribuição de notas para as vias candidatas.

Notas Variáveis	1	2	3	4	5
	Critérios				
Densidade Populacional	0 - 1240	1241 - 2480	2481 - 3720	3721 - 4960	4961 - 6200
Meio Ambiente	Pouca vegetação ou nenhuma.	A via é arborizada.	A via possui uma área verde.	A via possui um curso d'água.	A via possui uma área verde e um curso d'água.
Índice de Acidentes	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
Limite de velocidade	50 - 60	61 - 70	71 - 80	81 - 90	91 - 100

Como foi mostrado na Tabela 6.4, as notas variam de 1 a 5. Quanto maiores forem as notas, maiores serão os riscos para o transporte de produtos perigosos nestas vias.

Sabe-se que cada via é composta por pelo menos um *link* ou um conjunto deles. Pode haver uma variação de nota nos *links* que compõe uma via. A nota final para cada link vai ser dada pela seguinte equação:

$$NF = NDP * PDP + NMA * PMA + NIA * PIA + NLV * PLV \quad (5.1)$$

Onde:

NF = nota final;

NDP = nota da densidade populacional;

PDP = peso da densidade populacional;

NMA = nota do meio ambiente;

PMA = peso do meio ambiente;

NIA = nota do índice de acidentes;

PIA = peso do índice de acidentes;

NLV = nota do limite de velocidade;

PLV = peso do limite de velocidade.

De acordo com as notas alcançadas por cada via, os riscos por trecho podem ser classificados como está ilustrado na Figura 6.2:

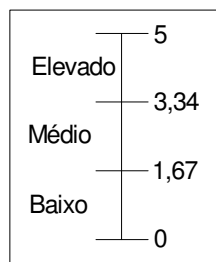


FIGURA 5.6 - Classificação dos Riscos

5.3.6 Escolha das Vias da Sub-rede

Com a nota final calculada, as vias vão ser classificadas conforme o risco para o transporte de produtos perigosos. Podendo ser vias com o risco baixo, médio ou elevado. As vias classificadas com o risco elevado serão eliminadas da sub-rede. As vias com risco médio serão consideradas para a criação de uma sub-rede que funcionará após o horário noturno (20:00h - 06:00h). Para as vias que possuem risco baixo será criada uma sub-rede que funcionará no horário comercial. Como a aplicação desta metodologia será feita na cidade do Rio de Janeiro, onde existe um decreto que proíbe a circulação de veículos transportando cargas, será criada uma sub-rede para funcionar durante o os períodos onde há esta restrição. Como foi descrito, anteriormente, serão criadas três sub-redes para o transporte de produtos perigosos.

5.3.7 Análise da Legislação e Sugestões de Melhorias para o Serviço

Esta etapa será desenvolvida baseada na pesquisa bibliográfica realizada para esta pesquisa, com o objetivo de avaliar a legislação existente no Brasil e no exterior. Em seguida serão sugeridas ações que visem melhorar o transporte de produtos perigosos no município onde a metodologia aqui apresentada for aplicada.

6. RESULTADOS E SUGESTÕES PARA A MELHORIA DO SERVIÇO

6.1 Pesos das Variáveis Consideradas

O resultado da avaliação par a par das variáveis utilizando o método AHP, realizada com os profissionais da área de transporte, foi processado numa planilha eletrônica. As matrizes se encontram no Apêndice. Como fizeram parte da avaliação trinta julgadores, os resultados obtidos foram processados no software Expert Choice, para que o mesmo calculasse a média geométrica da respostas. As Figuras 6.1, 6.2, 6.3 e 6.4 mostram as telas da aplicação realizada.

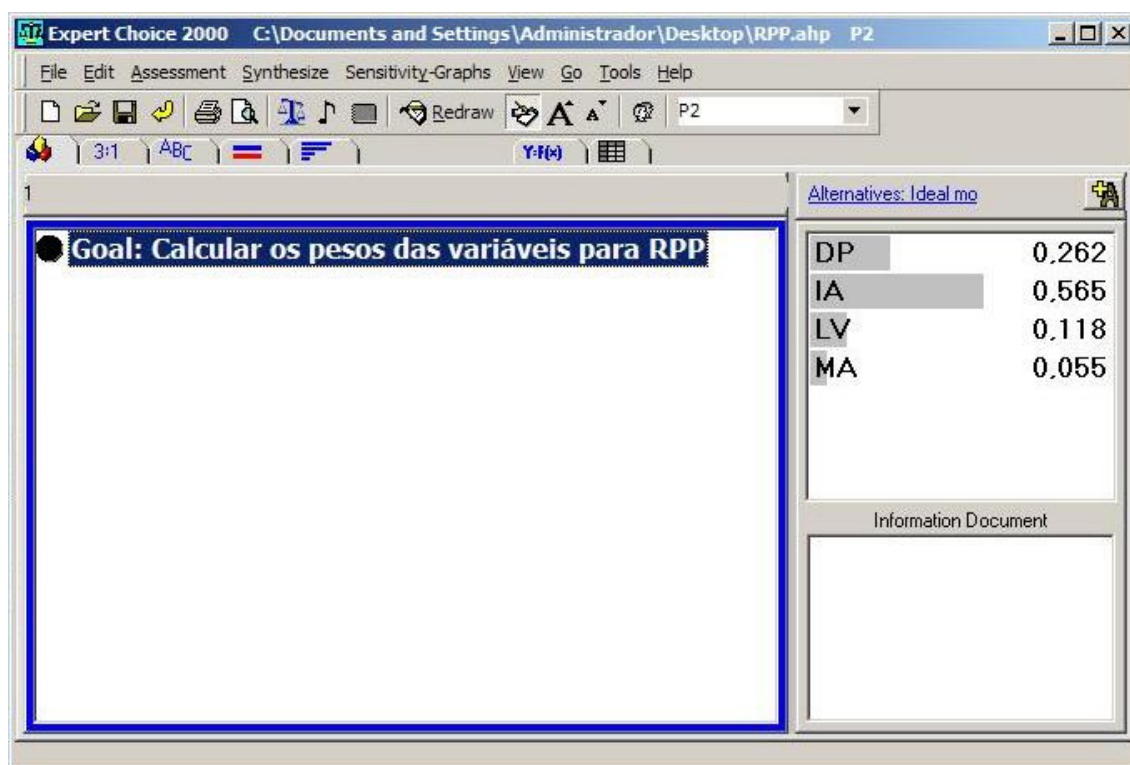


FIGURA 6.1 - Entrada de dados.

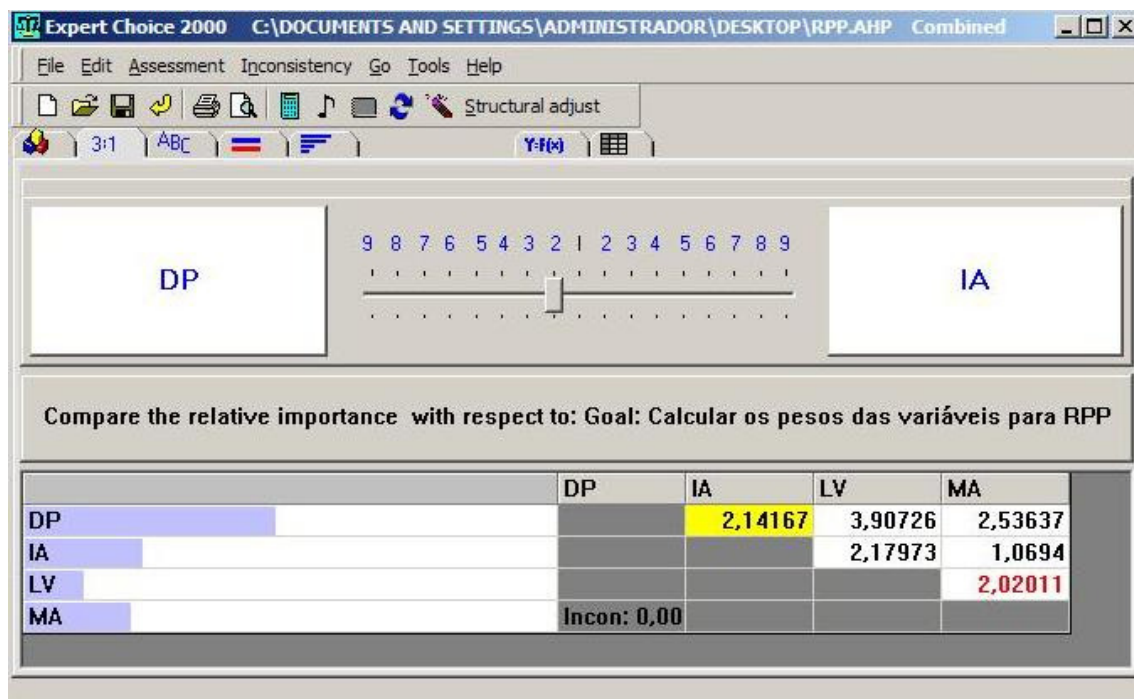


FIGURA 6.2 - Comparação das notas das variáveis.

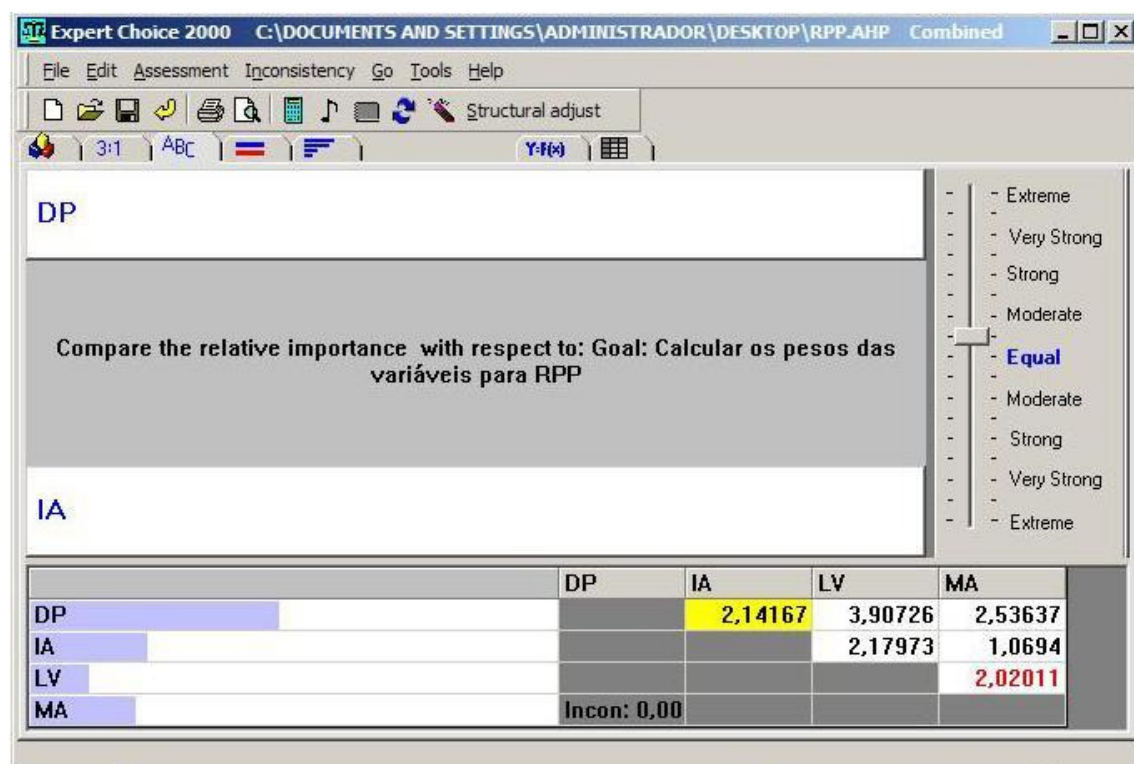


Figura 6.3 - Comparação das notas das variáveis.

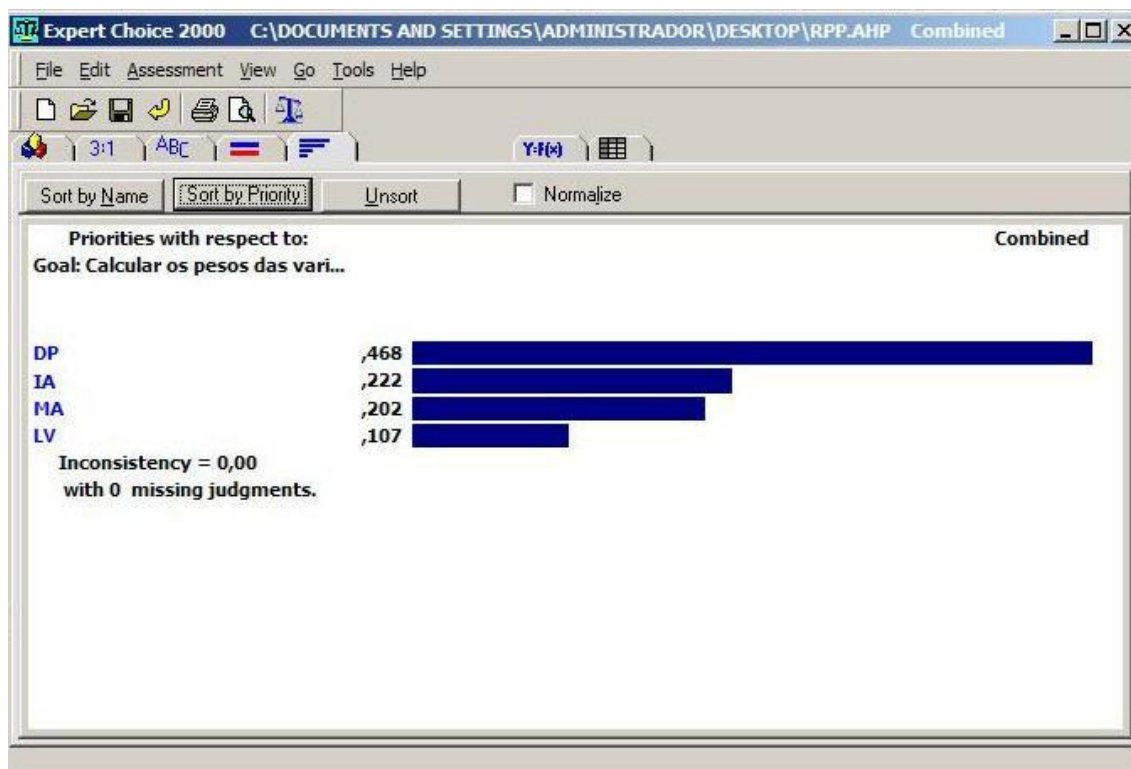


FIGURA 6.4 - Valores finais dos pesos.

Como foi visto na Figura 6.4, os pesos finais das variáveis foram:

- Densidade Populacional: 0,468;
- Índice de Acidentes: 0,222;
- Meio Ambiente: 0,202; e
- Limite de Velocidade: 0,107.

6.2 Sub-redes Propostas

Como foi explicado no item 5.3.6, foram criadas três sub-redes que foram originadas da nota final para cada link das vias candidatas. As Figuras 6.5, 6.6 e 6.7 mostram as vias que foram classificadas com o risco baixo, médio e elevado.

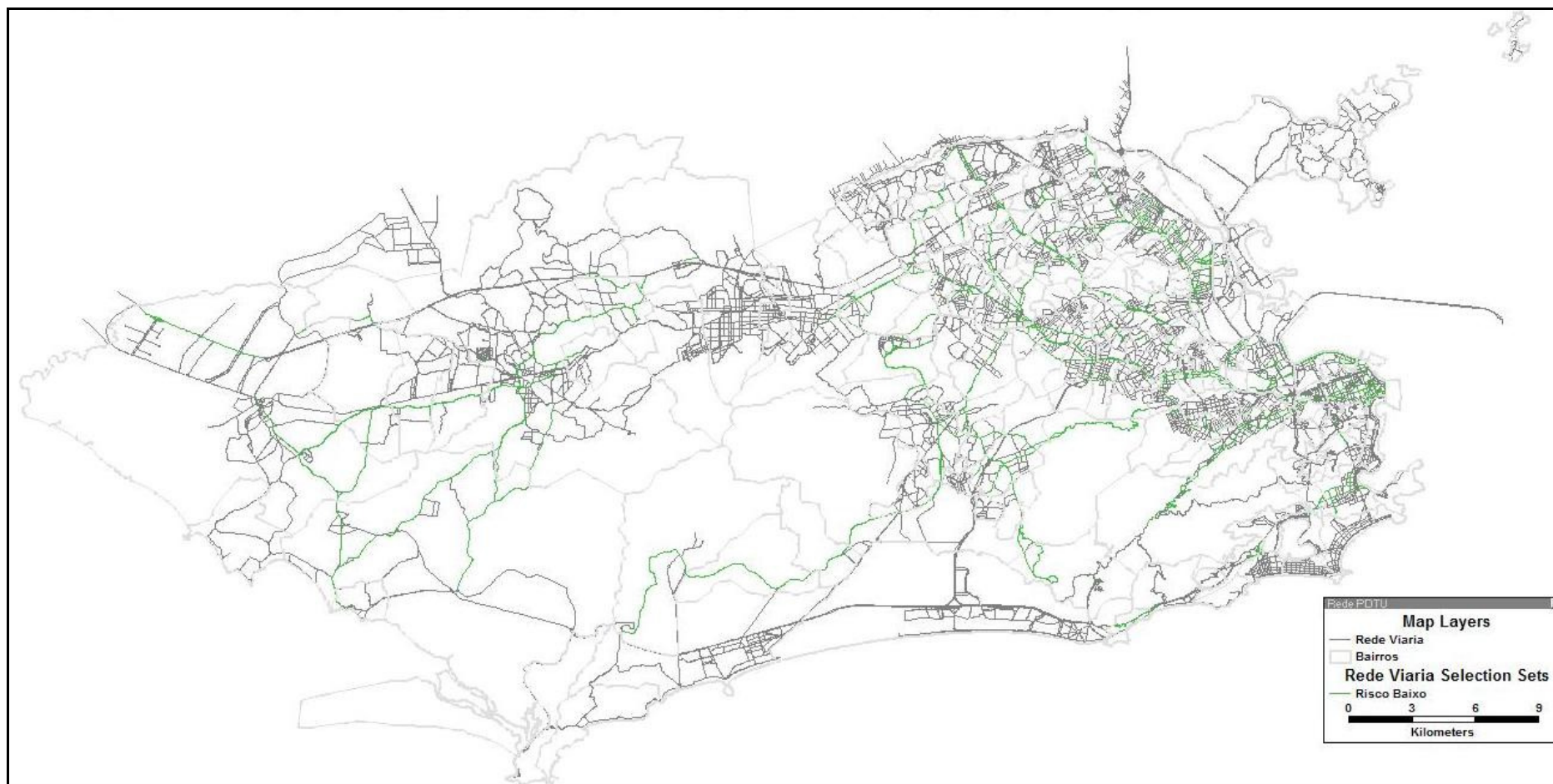


FIGURA 6.5 – Vias classificadas com o risco baixo para o transporte de Produtos Perigosos.

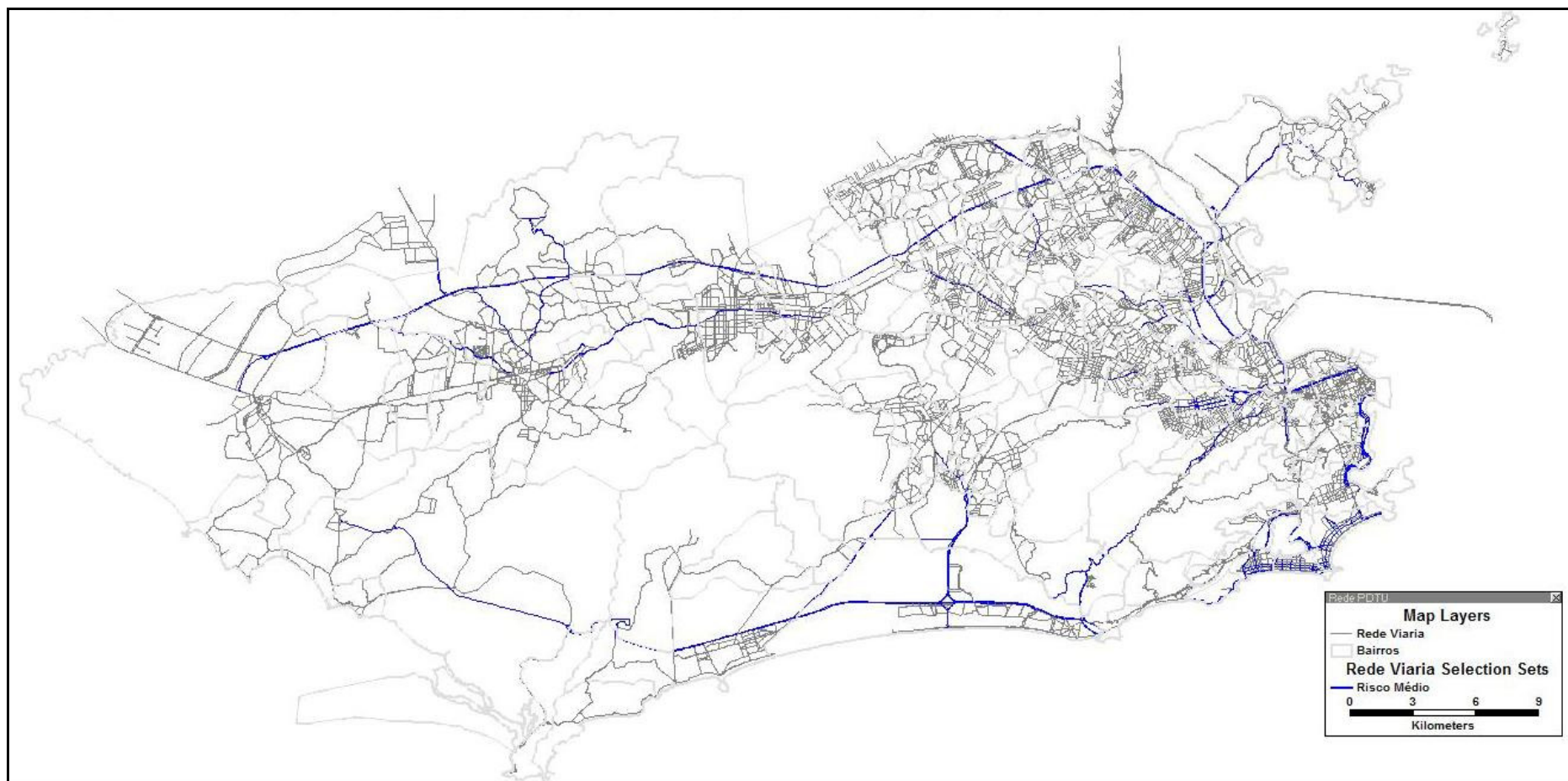


FIGURA 6.6 - Vias classificadas com o risco médio para o transporte de Produtos Perigosos.

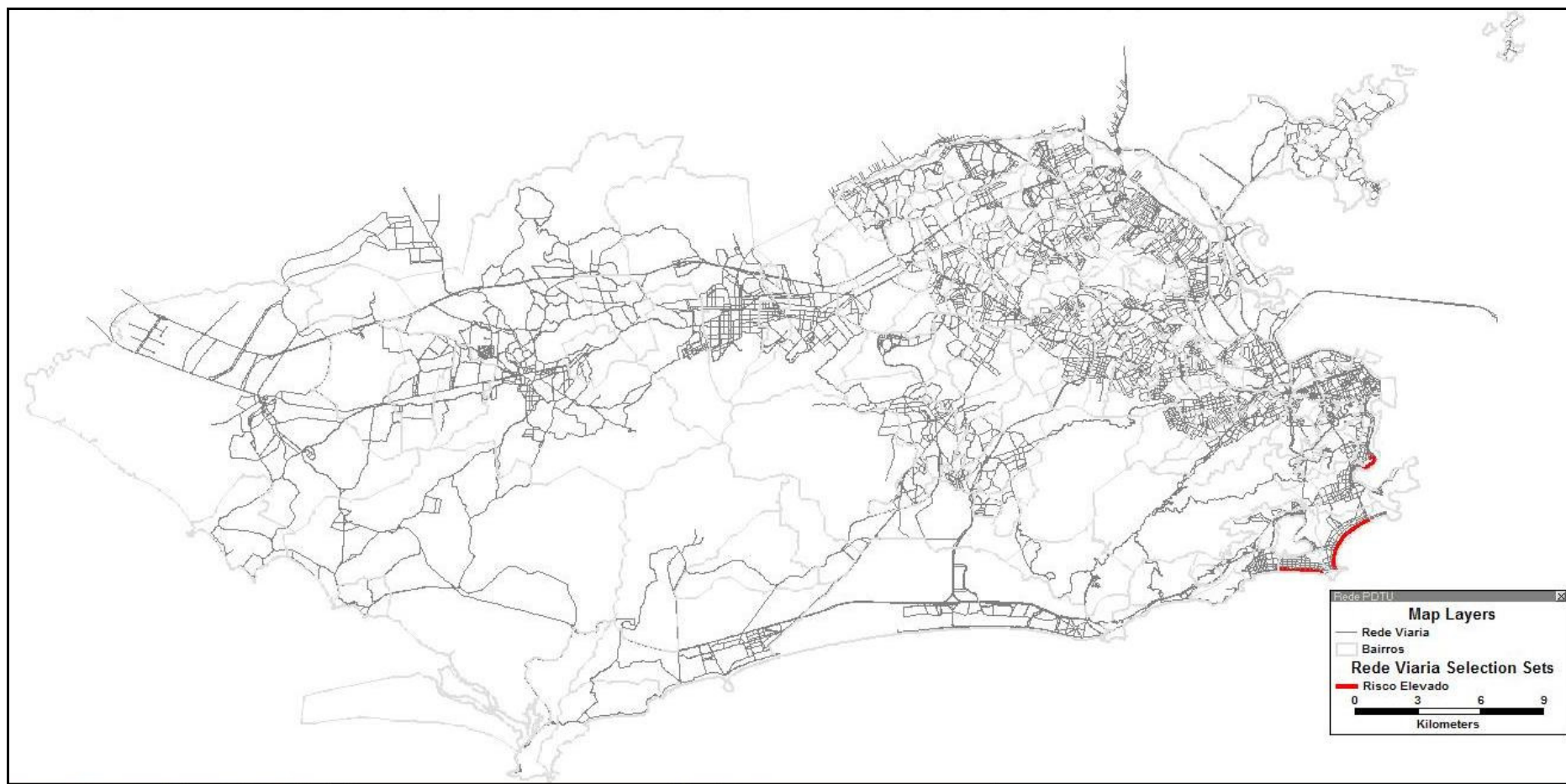


FIGURA 6.7 - Vias classificadas com o risco elevado para o transporte de Produtos Perigosos.

As sub-redes que são propostas como o resultado deste estudo são:

- Sub-rede 1: é constituída pela vias que obtiveram a classificação de risco baixo e funcionará das 10:00h até às 17:00h. Neste período não há restrição para o transporte de nenhum tipo de carga.
- Sub-rede 2: é constituída pela vias que obtiveram a classificação de risco baixo e funcionará em dois períodos (06:00h – 08:00 e das 17:00h – 20:00h). Nestes períodos há restrição para o transporte de cargas.
- Sub-rede 3: é constituída pela vias que obtiveram a classificação de risco baixo e risco médio e funcionará das 20:00h até as 06:00h. Neste período não há restrição para o transporte de cargas.

As três sub-redes são mostradas nas Figuras 6.8, 6.9 e 6.10.

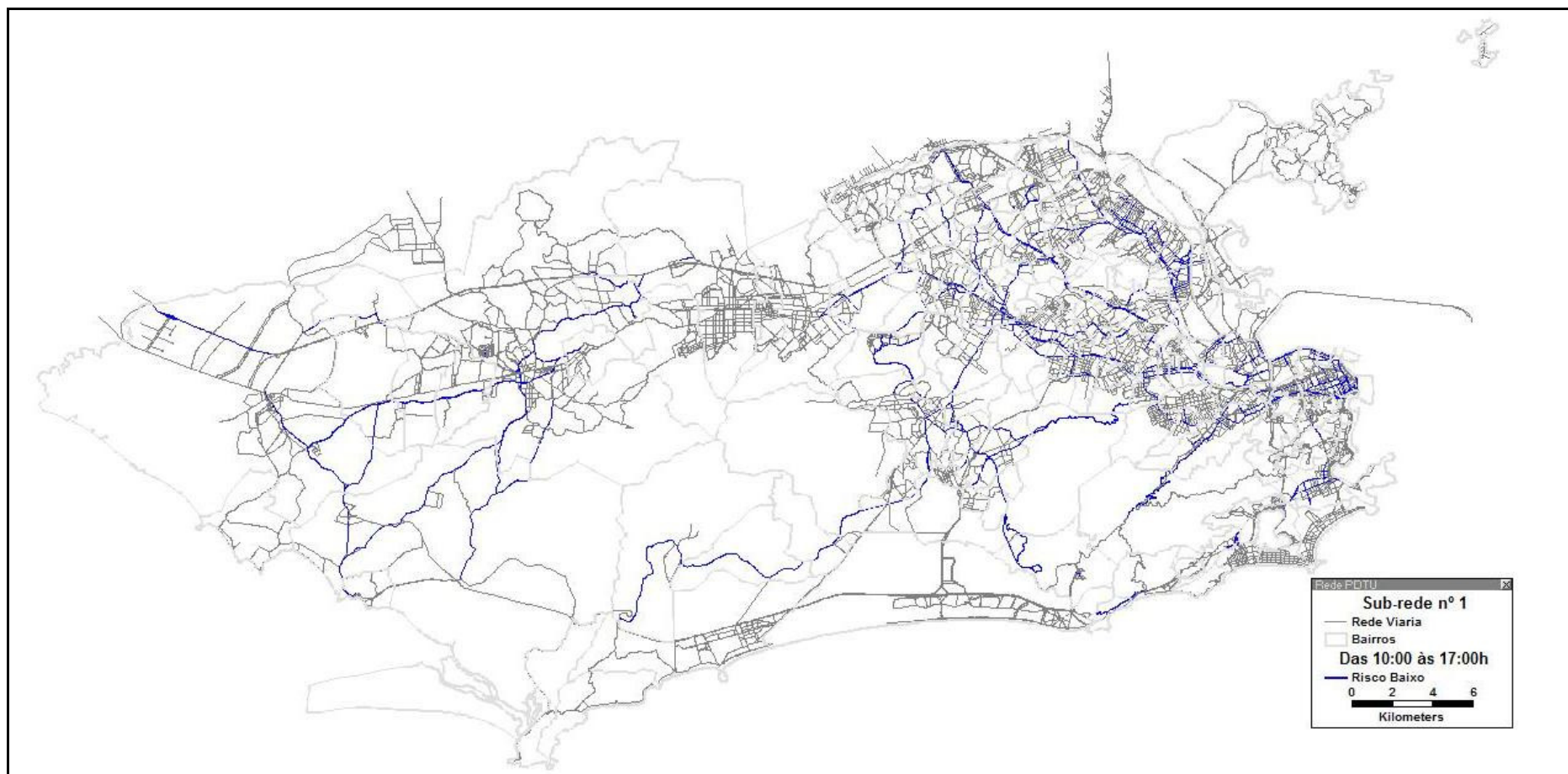


FIGURA 6.8 - Sub-rede nº 1 para o transporte de Produtos Perigosos.

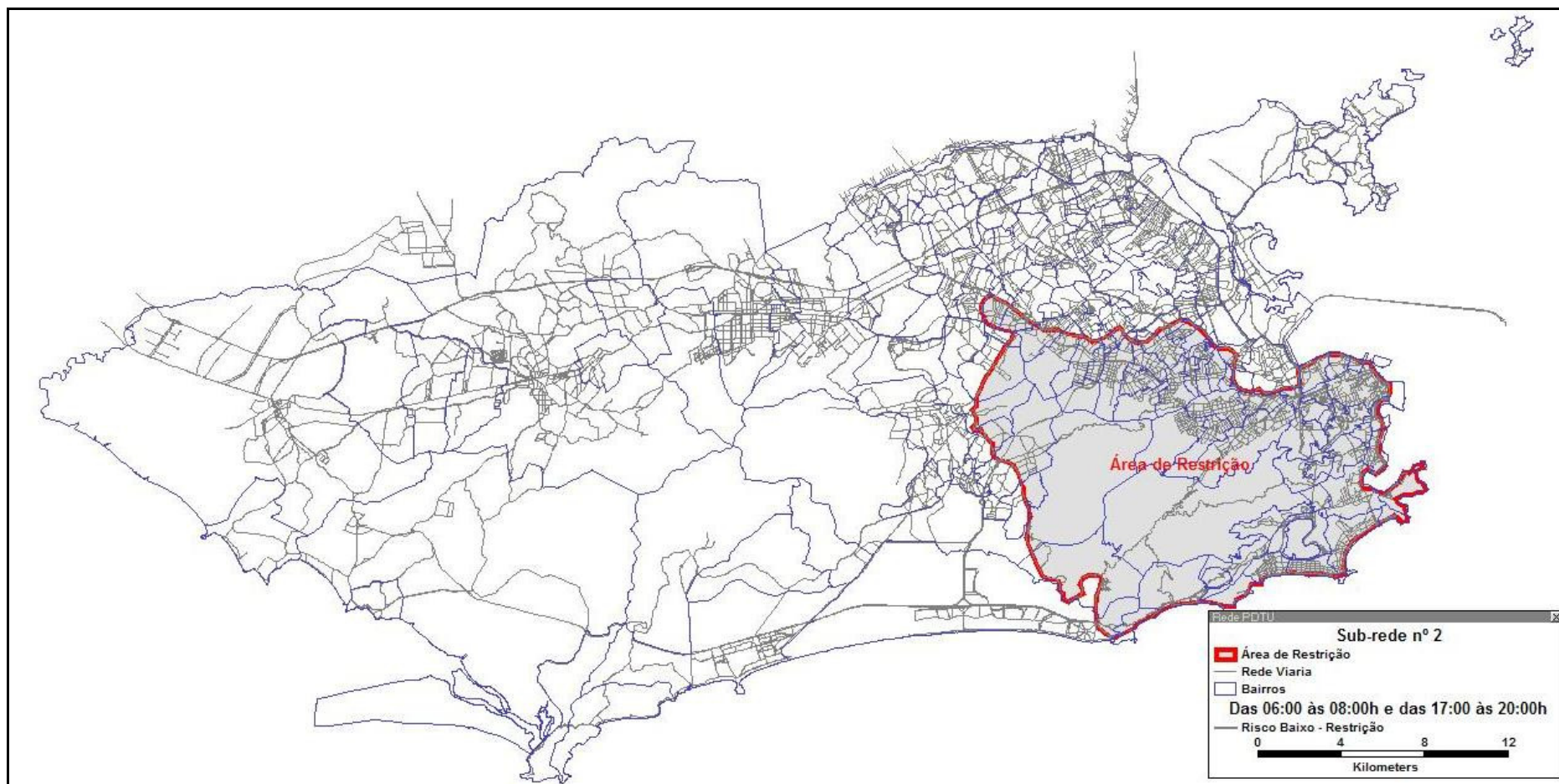


FIGURA 6.9 - Sub-rede nº 2 para o transporte de Produtos Perigosos.

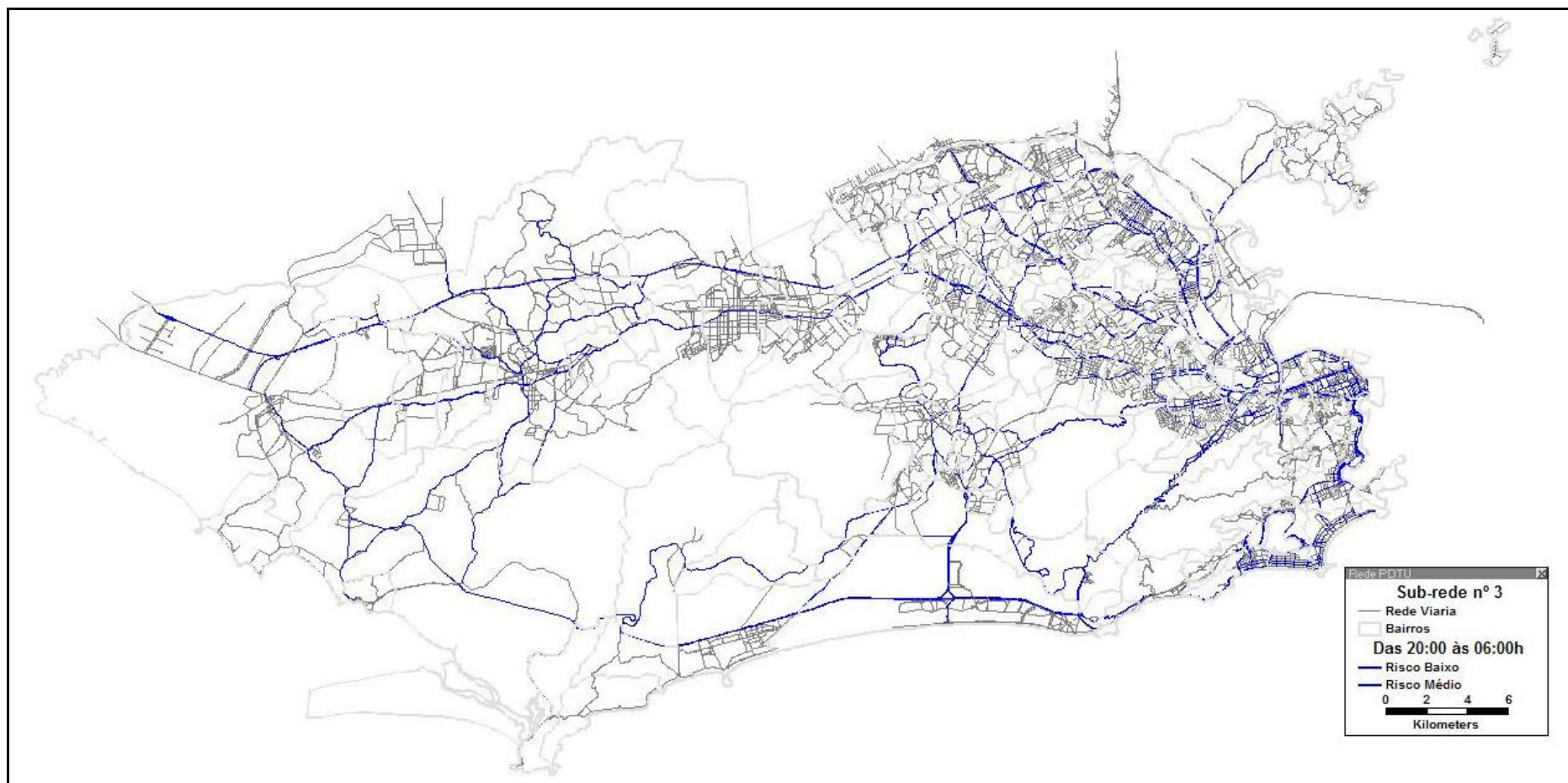


FIGURA 6.10 - Sub-rede nº 3 para o transporte de Produtos Perigosos.

6.3 Análise da Legislação Existente

A legislação federal brasileira é bastante abrangente, cobrindo todos os temas pertinentes. A legislação estadual se mostrou superficial. Em alguns casos, a redação da mesma é, bastante, parecida para estados diferentes. Em nenhum dos casos analisados, foi encontrada a indicação de rodovias com qualquer tipo de restrição ou a indicação de rotas específicas. A legislação municipal é a mais deficiente. Cidades importantes no cenário nacional, não possuem legislação específica para o transporte de produtos perigosos.

Somente a utilização da legislação federal ou estadual, não garante o bom funcionamento do serviço, uma vez que toda cidade possui as suas peculiaridades. A cidade de São Paulo possui a legislação mais abrangente do Brasil. Sendo justificado, pois esta cidade possui o maior parque industrial da América Latina. A legislação internacional, aqui descrita, se mostrou bastante rígida se comparada com a legislação nacional. No Canadá, se o motorista comete qualquer tipo de infração, ele está sujeito ao pagamento de multas e, até mesmo, pode ocorrer a sua prisão. É necessário que o conjunto de leis que regulamentam o transporte de produtos perigosos seja coerente, sem que haja sobreposição de itens em nenhuma esfera. Há de se ressaltar que a simples existência de uma legislação não garante a sua aplicabilidade. Os transportadores e os agentes fiscalizadores precisam ser convencidos da importância de se respeitar a legislação. É importante a criação de Comissões Municipais, em que todos os envolvidos têm a oportunidade de opinar, para que sejam criadas legislações que orientem a movimentação de produtos perigosos em todas as cidades brasileiras.

6.4 Sugestões para a Melhoria do Serviço

É necessário criação de um programa de manutenção e melhorias das vias pertencentes à sub-rede proposta, objetivando preservar as condições do pavimento, a adequação do projeto geométrico das vias com o gabarito dos veículos que transportam produtos perigosos e o sistema de drenagem do município.

Sugere-se que seja feito o controle por parte da Secretaria Municipal de Transportes, através de tecnologias ITS no itinerário dos veículos que transportam produtos perigosos. Uma possibilidade concreta deste controle acontecerá, num futuro próximo, com a implantação do SINIAV, que foi criado pela Resolução nº 212 do dia 13 de

novembro de 2006 e está na fase de estudos técnicos para a definição da tecnologia que será empregada. Outra possibilidade é a instalação de painéis de mensagens variáveis nas vias que compõem a sub-rede, transmitindo informações para os motoristas.

Seria interessante que houvesse a descentralização do serviço de emergência do Corpo de Bombeiros, que atualmente é feito, somente, na unidade do Grupamento de Operações com Produtos Perigosos (GOPP), localizado no bairro de Campos Elíseos na cidade de Duque de Caxias, que faz atendimento em todo o estado.

6.5 Sugestão de Sinalização Horizontal e Vertical

Poderia ser implantada uma sinalização vertical e horizontal específica nas vias que compõem as sub-redes, deixando claro, tanto para os motoristas dos caminhões como os outros usuários da via, que por aquele local existe o tráfego de produtos perigosos. A Figura 6.11 apresenta a sinalização que deverá ser implantada nas vias da sub-rede:



Figura 6.11 - Sinalização vertical e horizontal para as vias da sub-rede.

7. CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

7.1 Conclusões

Para haver um comportamento harmônico entre os personagens que convivem diariamente no ambiente urbano, é necessário pensar em políticas públicas para gerenciar o conflito de interesses existente, sem que haja prejuízos para nenhuma das partes envolvidas. O transporte urbano de cargas é um serviço que necessita de atenção especial, pois sem um gerenciamento eficiente, ele não se sustenta e a população não poderá usufruir dos bens de consumo.

Uma das maiores dificuldades para a realização desta pesquisa foi a obtenção de dados para utilização na metodologia proposta. Mesmo sabendo através de pesquisa bibliográfica que a variável volume de tráfego interfere na escolha por onde serão alocadas as rotas para produtos perigosos, não foi possível a sua utilização, pois a CET-Rio não possui estes dados para todas as vias estruturais, arteriais primárias e secundárias.

O método AHP se mostrou adequado para a atribuição dos pesos das variáveis utilizadas na metodologia, uma vez que se conseguiu sintetizar a opinião de trinta profissionais da área de transportes que contribuíram para este estudo. O software Expert Choise se mostrou bastante “amigável” quando da sua utilização para entrada de dados e obtenção dos resultados, mostrando de forma gráfica e numérica os pesos finais.

O TransCAD proporcionou a elaboração de uma base de dados do Rio de Janeiro, com a possibilidade de integração de várias camadas de linhas e áreas, que foram imprescindíveis para as análises realizadas. Como se utilizou a mesma base de dados do PDTU da Região Metropolitana do Rio de Janeiro e a mesma só possui as principais vias desta região, foi necessário a digitalização de muitas vias que fazem parte do

conjunto de vias arteriais primárias e secundárias. Houve também a necessidade da edição de vários links que estavam na camada Rede Viária, pois os mesmos estavam incompletos ou possuíam nomes errados.

Nas cidades em que a metodologia aqui apresentada for utilizada, o seu produto final (a designação de uma sub-rede), necessitará de ajustes devido às restrições de horários ou áreas de circulação para o transporte de cargas.

A metodologia empregada neste trabalho se mostrou viável, apesar das dificuldades encontradas para aquisição de dados. As vias candidatas foram classificadas de acordo com o seu risco para o transporte de produtos perigosos e devido a restrição de circulação de cargas que o Rio de Janeiro, cidade onde a pesquisa foi desenvolvida, foram sugeridas três sub-redes.

7.2 Propostas para Trabalhos Futuros

- Estudo do risco das vias que compõem a sub-rede utilizando a variável volume de tráfego;
- Estudo da implantação de rotas urbanas para o transporte de produtos perigosos utilizando técnicas de inteligência artificial.
- Análise da infraestrutura das empresas transportadoras de produtos perigosos.
- Comparação dos incidentes que ocorrem no serviço de transporte de produtos perigosos com produtos não perigosos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIQUM - Associação Brasileira de Indústrias Químicas. Disponível em: <http://www.brazilianchemicals.com.br/produtosquimicos/>. Acesso: 30/03/2008.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1989). Pesquisa de Acidentes de Trânsito. NBR 10697/TB331. São Paulo.

ABKOWITZ, M.; WALSH, S.; HAUSER, E.; MINOR, L. (1990). *Adaption of geographic Information System to Highway Management*. Journal of Transportation Engineering. Nº 116, v. 3, p. 310-327.

ALBERTON, A. (1996). Uma metodologia para Auxiliar no Gerenciamento de Riscos e Seleção de Alternativas para Investimentos em Segurança. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 273p.

ANG, A.; BRISCOE, J. (1989). *Development of a Systems Risk Methodology for Single and Multimodal transportation Systems*. Final report, Office of University research, US. DOT. Washington, D.C.

ARAÚJO, G. M. (2001). Regulamentação do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos Comentada. Ed. GVC. Rio de Janeiro.

ASCE COMMITTEE ON URBAN GOODS MOVEMENT (1989). *Issues and Problems of Moving Goods in Urban Areas*. Journal of Transportation Engineering, nº 115, v. 1, p. 4-19.

AZEVEDO NETTO, D. T. (1999). Problemas e desafios do controle do uso do solo. In: CEPAM. O município no século XXI: cenários e perspectivas. São Paulo: Fundação Prefeito Faria Lima.

BATTA, R.; CHIU, S. (1988). *Optimal Obnoxious Paths on a Network: Transportation of Hazardous Materials*. Operations Research. n° 36, p. 84-92.

BOTTO, A.; FREPPAZ, D.; PIZZORNI, D.; RUDARI, R.; SACILE, R.; TRAVERSO, S. (2002). *SIT per la valutazione real-time del rischio da trasporto di merci pericolose*.

Disponível em: http://www.esriitalia.it/conferenza2004cd/content/documenti/22_Aprile/Sacile.doc.

Acesso: 06/02/2008.

BRAUN, W. V. (2007). Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos - Mapeamento de Demandas e Estudo das Possíveis Soluções. Primeiro Workshop. São Paulo.

CALIPER (1992). *TransCAD Manual Supplement Version 2.1*. User's Guide. Newton, Massachusetts.

CASSINI, P. (1998). *Road Transportation of Dangerous Goods: Quantitative Risk Assessment and Route Comparison*. Journal of Hazardous Materials, n° 61, p. 133-138.

COVA, T.J.; CONGER, S. (2004). *Transportation Hazards*. Transportation Engineers' Handbook. M. Kutz Ed. Salt Lake City, Utah.

DaBLANC, L. (2007). *Goods transport in large European cities: Difficult to organize, difficult to modernize*. Transportation Research Part A, n° 41. p. 280-285.

DAMODARAN, M.; DANIEL, J.; LUKE, A. C. (2003). *Probability of a hazardous material truck accident in New Jersey*. 82nd Annual Meeting of the Transportation Research Board. TRB 2003 Annual Meeting CD-ROM. 19 p.

DANGERMOND, J. (1992). *What is a Geographic Information System (GIS)?* Geographic Information System and Mapping - Practices and Standards. ASTM STP, n° 1126. Philadelphia. p. 11-17.

DATLA, S. K.; MOORTHY, R. S.; RAO, K. V. K. (2004). *A GIS for Routing of Oversized and Hazardous Material Carrying Vehicles*. Map Asia. Beijing, China.

DILDINE, G.(1998). *Geographic Information Systems Task Force*. Feasibility Report. North Carolina Department of Transportation. Division of highways, Raleigh, N.C.

DILGIR, R.; ZEIN, S. R.; POPOFF, A. (2005). *Dangerous Goods Route Selection Criteria*. Annual Conference of the Transportation Association of Canadá. Calgary. Alberta. 12p.

EPPELL, V.A.T.; BUNKER, J.M.; MCCLURG, B.A. (2001). *A Four Level Road Hierarchy for Network Planning and Management*. Proceedings 20th ARRB Conference, Melbourne.

ERKUT, E.; VERTER, V. (1995). *Hazardous Materials Logistics. Facility location: a Survey of Applications and Methods*. Ed. Z. Drezner. Belim.

FERRAZ, A. C. P; RAIA JÚNIOR, A. A.; BEZERRA, B. S. (2008). *Segurança no Trânsito*. Grupo Gráfico São Francisco. 280 p. São Carlos.

FHWA. *Systems Engineering Guidebook for ITS*. Disponível em: <http://www.fhwa.dot.gov/cadiv/segb/glossary/i.htm>. Acesso: 15/01/09.

FORATTINI, O. P. (1991). Qualidade de vida e meio urbano. A cidade de São Paulo, Brasil. *Revista da Saúde Pública*, São Paulo, nº 25, p. 75-86.

FRANK, W. C.; THILL, J. C.; BATTA, R. (2000). *Spatial Decision Support System for Hazardous Material Truck Routing*. *Transportation Research Part C* 8. p. 337-359.

GOH, C. B.; CHING, C. B.; TAN, R. (1995). *Risk Analysis for the Road Transportation of Hazardous Chemicals in Singapore a Methodology*. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. Volume 8, Nº 1. p. 35-39.

GOMES, L. F. A M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO. (2004). *Tomada de Decisões em Cenários Complexos*. Ed. Pioneira Thomson Learning. São Paulo.

GORYS, J. (1989). *Transportation of Dangerous Goods in the Province of Ontario*. TRB, Transp. Res. Rec, n. 1264, p. 57-68

JAMEI, B.; HOBEIKA, A. G.; PRICE, D. L. (1988). *Hazardous Materials Transportation Rules and Regulations at Bridge-Tunnel Facilities*. *Transportation Research Record*, nº 1193, p. 29-36.

KAMPEL, S. A. (2003). Geoinformação para Estudos Demográficos: Representação Espacial de Dados da População da Amazônia Brasileira. Tese de Doutorado. 166 p. USP. Departamento de Engenharia de Transportes. São Paulo.

LEONELLI, P.; BONVICINI, S.; SPADONI, G. (2000). *Hazardous Materials Transportation: A Risk Analysis Based routing Methodology*. Journal of Hazardous Materials, nº 71, p. 283-300.

LIMA, A. M. L. P.; CAVALHEIRO, F. ; NUCCI, J. C.; SOUSA, M. A. L. B.; FIALHO, N.; DEL PICCHIA, P. C. D. (1994). Problemas de Utilização na Conceituação de Termos como Espaços Livres, Áreas Verdes e Correlatos. Anais do II Congresso de Arborização Urbana. São Luis - MA, p 539-553.

LIST, G. F.; MIRCHANDANI, P. B.; TURNQUIST, M. A.; ZOGRAFOS, K. G. (1991). *Modeling and Analysis for Hazardous Materials Transportation: Risk Analysis, Routing/Scheduling and Facility Location*. Transportation Science. v. 25, n. 2, p. 100-114.

INDAX COMUNICAÇÃO (2000). Manual de Auto Proteção para Manuseio e Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos. PP 5. 5ª Ed. SÃO PAULO.

MAGALHÃES, L. C. (2008). Distribuição de Cargas Perigosas - Modelo de Roteirização Multiobjetivo. PUC-RJ. Departamento de Engenharia Industrial. Dissertação de Mestrado. 70p. Rio de Janeiro.

MARCOTTE, B.; WU, V.; LO, A.; ESPIE-LEFEBVRE, J.; BASS, D. (2000). *Intelligent Transportation System (ITS) Strategic Plan. Infrastructure Policy and Planning*. Alberta Infrastructure. 28 p. Edmonton, Alberta.

MARSHALL, V. C. (1982). *Assessment of Hazard and Risk in Hazardous Material Spills Handbook*. McGraw-Hill Co. New York. Seção 5.

MILAZZO, m. f.; LISI, r.; MASCHIO, G.; ANTONIONI, G.; BONVICINI, S.; SPADONI, G. (2002). *HazMat Transport Through Messina Town: From Risk Analysis Suggestions for Improving Territorial Safety*. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. N. 15, p. 347-356.

MENESES, F. A. B. (2001). *Análise e Tratamento de Trechos Rodoviários Críticos em Ambientes de Grandes Centros Urbanos*. Tese de Mestrado. 251 p. Programa de Engenharia de Transportes, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

MULLIGAN, J.; MCCOY, E. J.; GRIFFITHS, A. (1998). *Principles of Communicating Risks*. MacLeod Institute for Environmental Analysis. University of Calgary, Calgary, Alberta.

NELSON, C.; CATAFORD, A.; HWANG, P. (2006). *Transportation of Dangerous Goods: Policy and Evaluation Framework*. Annual Conference of the Transportation Association of Canada. Best Practices in Urban Transportation Planning Session. Charlottetown, Prince Edward Island. 19p.

NUCCI, J. C. (2001). *Qualidade Ambiental e Adensamento Urbano*. Humanitas. São Paulo.

OECD (1993). *Report Of The Oecd Workshop On Strategies For Transporting Dangerous Goods By Road: Safety And Environmental Protection Organisation For Economic Co-Operation And Development*. ENVIRONMENT MONOGRAPH nº 66. Paris. 55p.

OECD (2003). *Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response*. 2ª Ed. OECD Environment, Health and Safety Publications. Series on Chemical Accidents. Nº 10. Paris.

OGDEN, K. W. (1991). *Truck Movement and Access in Urban Areas*. Journal of Transportation Engineering, Vol. 117, No. 1, p. 71-90.

REAL, M. V. (2000). *A Informação como Fator de Controle de Riscos no Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos*. Tese de Mestrado. 228 p. Programa de Engenharia de Transportes, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

SAATY, T. J. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, McGraw-Hill.

SALOMON, V. A. P.; MONTEVECHI, J. A. B. *Método de Análise em Redes: o Sucessor do Método de Análise Hierárquica?* XVII ENEGEP. Gramado - RS.

SILVA, A. N. R.; RAMOS, R.A.R.; SOUZA, L. C. L.; RODRIGUES, D. S.; MENDES, J. F. G. (2004). SIG: Uma Plataforma para a Introdução de Técnicas Emergentes no Planejamento Urbano, Regional e de *Transportes*. São Carlos - S.P. Ed. dos Autores.

STRAUCH, C. E. (2004). Acidentes com Produtos Perigosos no Transporte Rodoviário, no Estado do Rio de Janeiro. Propostas de Melhorias nas Ações de Respostas Emergenciais. Dissertação de Mestrado. UERJ. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente. 216 p. Rio de Janeiro.

SULLIVAN Jr., J. B.; KRIEGER, G. R. (2001). *Clinical Environmental Health and Toxic Exposures*. Liprodutos perigosos incott Williams & Wilkins. 1344 p.

TAHA, H. A. (2008). Pesquisa Operacional: uma visão geral. 8ª Ed. Pearson Prentice Hall. São Paulo.

TRB (1998) *Managing speed: review of current practice for setting and enforcing speed limits*. Transportation Research Board. National Research Council. Special Report 254, Washington, D.C.

WALLER, P. (2001) *Speed Limits: How should they be determined?* University of Michigan Transport Research Institute. Disponível em <http://www.acrs.org.au/publications/>. Acesso em 31/06/2009.

WOLFF, C. S. (2008). O método AHP - Revisão Conceitual e Proposta de Simplificação. PUC-RJ. Departamento de Engenharia Industrial. Dissertação de Mestrado. 138 p. Rio de Janeiro.

ZAMPIERON, S. L. M.; VIEIRA, J. L. A. (2002). Poluição da Água. Disponível em: http://educar.sc.usp.br/biologia/textos/m_a_txt5.html. Acessado em: 22/07/09.

ZOGRAFOS, K.G.; ANDROUTSOPOULOS, K.N. (2001). *Assessing the Impacts from the Introduction of Advanced Transport Telematics Technologies in Hazardous Materials Fleet Management*. TRB Annual Meeting. p. 1-6.

ZOGRAFOS, K.G.; DAVIS, C.F. (1989). *A Multiobjective Programming Approach for Routing Hazardous Materials*. ASCE Transportation Engineering Journal, Vol. 115, nº.6, p. 661-673.

ANEXOS

Prescrições Particulares para cada Classe de Produtos Perigosos

O Manual de Auto Proteção para Manuseio e Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos (2000), relata as seguintes prescrições para cada classe de produto perigoso:

Classe 1 - Explosivos

Qualquer unidade de transporte destinada a conduzir produtos da classe 1 deve, antes do carregamento, ser inspecionada para se assegurar que não apresenta defeitos estruturais ou deterioração de qualquer um de seus componentes.

Os produtos explosivos devem ser transportados em veículos de caixa fechada ou enlonados. A lona deve ser impermeável e resistente ao fogo e colocada de forma a cobrir bem a carga, sem que haja a possibilidade de se soltar.

Se, por qualquer motivo, tiverem que ser efetuadas operações de manuseio em locais públicos, as embalagens contendo produtos de naturezas diferentes devem ser separadas, segundo os respectivos símbolos de risco. Durante as operações, as embalagens devem ser manuseadas com o máximo de cuidado.

Produtos explosivos não devem ser carregados ou descarregados em locais públicos, dentro de aglomerados populacionais, sem a autorização especial das autoridades competentes, exceto se tais operações forem justificadas por motivos graves relacionados com a segurança. Nesses casos, as autoridades devem ser imediatamente informadas.

Durante o transporte de produtos da Classe 1, as paradas por necessidades de serviço devem, tanto quanto possível, ser efetuadas longe de locais habitados ou de locais com grande fluxo de pessoas. Se for indispensável fazer uma parada prolongada nas imediações de tais locais, as autoridades devem ser notificadas.

Antes do carregamento de produtos explosivos, devem ser retirados da unidade de transporte todos os resíduos de material facilmente inflamável, bem como todos os

objetos metálicos, não integrantes da unidade de transporte, que possam produzir centelha. A unidade de transporte deve ser inspecionada para se garantir a ausência de qualquer resíduo de carregamento anterior e a inexistência de qualquer saliência interna. É proibido utilizar materiais facilmente inflamáveis para estivar as embalagens.

As embalagens devem ser arrumadas na unidade de transporte de maneira que não possam se deslocar ou cair e devem ser protegidas contra qualquer atrito ou choque. Além disso, as embalagens não devem ser recobertas por volumes contendo outras mercadorias. Deverão ser dispostas de forma que possam ser descarregadas no destino, uma a uma, sem que seja necessário refazer o carregamento. Veículos transportando produtos explosivos, quando circularem em comboio, devem manter uma distância mínima de oitenta metros entre duas unidades de transporte. Se, por qualquer razão, o comboio for obrigado a parar, deve ser mantida uma distância mínima de cinquenta metros entre os veículos estacionados.

Classe 2 - Gases

Os motores, bem como os canos de escapamento, dos veículos que transportam os gases da Classe 2 em tanques ou em baterias de recipientes, deverão ser colocados ou protegidos de forma a evitar qualquer risco para a carga, em decorrência do aquecimento.

O equipamento elétrico de veículos que transportam gases inflamáveis deve ser protegido de forma a evitar centelha. Os veículos de caixa fechada que transportam embalagens contendo gases comprimidos, liquefeitos ou quimicamente instáveis devem ter dispositivos de ventilação adequados.

No caso do transporte de gases que ofereçam o perigo de intoxicação, o pessoal do veículo deve dispor de máscaras de tipo apropriado aos gases que estão sendo transportados.

É proibido entrar numa carroceria coberta, carregada com gases inflamáveis, portando aparelhos de iluminação a chama. Além disso, não devem ser utilizados aparelhos e equipamentos que possam produzir ignição de produtos.

Durante as operações de carga e descarga, ou transbordo, as embalagens não devem ser expostas ao calor nem atiradas ou submetidas a choques. Os recipientes devem ser estivados nos veículos de maneira que não possam se deslocar, cair ou tombar. Se, por qualquer motivo, tiverem que ser efetuadas operações de manuseio em locais públicos

as embalagens contendo produtos de naturezas diferentes devem ser separadas, segundo os respectivos símbolos de risco. Durante as operações, as embalagens devem ser manuseadas com o máximo de cuidado e, se possível, sem que sejam viradas.

Gases tóxicos não devem ser carregados ou descarregados em locais públicos, dentro de aglomerados populacionais, sem a autorização especial das autoridades competentes, exceto se tais operações forem justificadas por motivos graves relacionados com a segurança. Nesses casos, as autoridades devem ser imediatamente informadas.

Os gases quimicamente instáveis só podem ser transportados se forem tomadas as medidas necessárias para impedir a sua desestabilização durante o transporte.

Classe 3 – Líquidos Inflamáveis

Os tanques e contêineres que tenham contido produtos da classe 3, que se encontrarem vazios e sem terem sido descontaminados e desgaseificados, para serem mobilizados, devem estar fechados da mesma maneira e com garantias de estanqueidade que deveriam apresentar se estivessem carregados. O motor bem como os canos de escapamento, dos veículos tanques destinados ao transporte de líquidos com ponto de fulgor inferior a 23°C devem ser colocados ou protegidos de forma a evitar qualquer risco para a carga em decorrência de aquecimento.

É proibido entrar numa carroceria coberta, carregada com produtos desta classe, portando aparelhos de iluminação a chama. Além disso, não devem ser utilizados aparelhos e equipamentos capazes de produzir ignição dos produtos ou de seus gases ou vapores.

Materiais facilmente inflamáveis não devem ser utilizados para estivar as embalagens dos veículos. Durante as operações de carga e descarga de líquidos inflamáveis a granel, os tanques deverão estar aterrados.

Classe 4 – Sólidos Inflamáveis

Os recipientes e embalagens contendo os produtos da classe 4 devem ser estivados no veículo de maneira que não se desloquem e nem sejam submetidos a atrito ou choques.

Quando uma certa quantidade de embalagens contendo produtos auto-reagentes, da subclasse 4.1, for reunido num veículo fechado, num contêiner ou num dispositivo de unitização de cargas, a quantidade total dos produtos, o tipo e o número de embalagens e o método de carregamento devem ser tais que evitem o risco de explosão. O expedidor

é responsável por essa avaliação. Também deve ser evitada qualquer presença de impurezas.

Durante as operações de transporte, embalagens contendo produtos auto-reagentes devem ser protegidas da ação direta do sol e mantidas em local frio, bem ventilado e longe de qualquer fonte de calor. Embalagens contendo os produtos da classe 4.3 devem ser protegidas da ação da umidade. Durante o seu manuseio devem ser tomadas medidas especiais, a fim de evitar qualquer contato com a água. É proibido utilizar qualquer material facilmente inflamável para estivar as embalagens nos veículos.

Classe 5 – Substâncias Oxidantes e Peróxidos Orgânicos

As embalagens que contenham substâncias oxidantes devem ser manuseadas com cuidado e arrumadas de tal forma que não caiam ou tombem durante o seu manuseio ou o transporte. Antes do carregamento, as unidades de transporte destinadas a receber produtos oxidantes devem ser cuidadosamente limpas e, em particular, desembaraçadas de quaisquer resíduos combustíveis. É proibido utilizar materiais facilmente inflamáveis para estivar as embalagens no veículo.

Os veículos que transportam peróxidos orgânicos devem ser adaptados de maneira que vapores dos produtos transportados não possam penetrar na cabine. O dispositivo de refrigeração dos veículos frigoríficos deve poder funcionar independentemente do motor de propulsão. Estes produtos devem ser protegidos da ação do calor e receber ventilação adequada durante todas as operações de movimentação, de modo que não sejam ultrapassadas as temperaturas máximas que tais produtos suportam.

Os veículos destinados a transportar peróxidos orgânicos devem ser cuidadosamente limpos antes do carregamento. Quando num contêiner, veículo de carga ou unidade de carga for reunido um certo número de embalagens contendo peróxidos orgânicos, a quantidade total desses produtos, o tipo e o número de embalagens e sua arrumação devem ser tais que não criem risco de explosão. O expedidor é o responsável por essa avaliação. As embalagens contendo produtos dessa subclasse devem ser arrumadas sobre o veículo de forma que, no destino, possam ser descarregadas uma a uma, sem que seja necessário rearrumar o carregamento. Devem ser mantidas de pé, acondicionadas de modo que não tombem ou caiam e estejam protegidas de qualquer dano provocado por outras embalagens.

É proibido utilizar materiais facilmente inflamáveis para estivar as embalagens nos veículos. Embalagens que contendo produtos que se decompõem com facilidade à temperatura ambiente não devem ser colocadas sobre outras mercadorias. Além disso, devem ser arrumadas de modo a permitir fácil acesso.

Certos peróxidos orgânicos devem ter a sua temperatura controlada durante o transporte. Durante produtos que se decompõem com facilidade à temperatura ambiente, as paradas por necessidade de serviço devem, tanto, quanto possível, ser efetuadas longe de locais habitados e de grande afluxo de pessoas. Se for indispensável fazer uma parada prolongada nas imediações de tais locais, as autoridades devem ser notificadas o mais rápido possível.

Deve-se evitar o contato de peróxidos orgânicos com os olhos. Alguns desses peróxidos podem provocar sérios ferimentos na córnea, mesmo por breve contato, ou corroer a pele.

Classe 6 – Substâncias Tóxicas e Substâncias Infectantes

Os veículos que transportam produtos tóxicos voláteis ou recipientes vazios não descontaminados, e que contiveram esses produtos, devem portar, para proteção do pessoal do veículo, em caso de emergência, luvas, botas e máscaras contra gás, do tipo adequado. Além disso, devem ter a bordo para o caso de derramamento, cavaletes e cartazes para isolar o local e avisar a situação de risco. Esse material deve se encontrar num local onde a equipe de socorro possa achá-lo facilmente.

Nos locais de carga, descarga e transbordo os produtos desta classe devem se mantidos isolados de gêneros alimentícios e de quaisquer outros produtos de consumo. Em caso de contaminação, o veículo transportador, antes de ser recolocado em serviço, deverá ser cuidadosamente lavado com água corrente e devidamente descontaminado em local previamente licenciado pelo órgão de controle ambiental. Se, por qualquer motivo, tiverem que ser efetuadas operações de manuseio em locais públicos, as embalagens contendo produtos de naturezas diferentes devem ser separadas, segundo os respectivos símbolos de risco. Produtos tóxicos não devem ser carregados ou descarregados em locais públicos, dentro de aglomerados populacionais, sem a autorização especial das autoridades competentes, exceto se tais operações forem justificadas por motivos graves relacionados com a segurança. Nesses casos, as autoridades devem ser imediatamente informadas.

Durante o transporte de substâncias tóxicas, as paradas por necessidade de serviço devem, tanto, quanto possível, ser efetuadas longe de locais habitados e de grande afluxo de pessoas. Se for indispensável fazer uma parada prolongada nas imediações de tais locais, as autoridades devem ser notificadas o mais rápido possível.

O transporte de substâncias infectantes requer ação coordenada entre o expedidor, o transportador e o destinatário, para garantir um transporte seguro e a entrega em tempo oportuno e em boas condições. As substâncias infectantes só podem ser expedidas, em caso de importação, após o destinatário haver se assegurado, junto a autoridade competente, de que tais substâncias podem ser importadas legalmente. O destinatário deve dispor de local adequado ao recebimento e à abertura das embalagens. O grau de isolamento deve ser proporcional ao nível de risco das substâncias.

Em caso de vazamento, o responsável pelo transporte ou pela abertura das embalagens deve:

- Evitar manusear as embalagens ou manuseá-las o mínimo possível;
- Inspeccionar as embalagens adjacentes para verificar se foram contaminadas e separar as que possam ter sido contaminadas;
- Informar as autoridades competentes sobre o vazamento e a possibilidade de contaminação de pessoas ao longo da rota;
- Notificar o expedidor e/ou o destinatário.

Depois da descarga, veículos que tenham sido contaminados por esses produtos devem ser lavados com água corrente e tratados com desinfetantes apropriados.

Classe 7 – Materiais Radioativos

Se uma embalagem que contenha materiais radioativos é danificada, apresentar fugas, ou é envolvida num acidente, a unidade de transporte e o local afetado devem ser isolados, a fim de impedir o contato de pessoas com os materiais radioativos. Ninguém deve ser autorizado a permanecer na área isolada antes da chegada de pessoas habilitadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) para dirigir os trabalhos de manuseio e remoção, exceto se for uma operação de salvamento de pessoas ou combate a incêndio. O expedidor e as autoridades responsáveis serão imediatamente avisados.

Todos os veículos, materiais ou parte de material que tenham sido contaminados durante o transporte de materiais radioativos deverão ser descontaminados pela CNEN, o mais

rápido possível, e só poderão ser novamente utilizados após a CNEN os haver declarado não perigosos do ponto de vista de intensidade de radiação residual. Caso haja qualquer incidente envolvendo material radioativo, o local deve ser imediatamente isolado e o fato comunicado à CNEN.

Classe 8 – Corrosivos

Os veículos destinados ao transporte de embalagens contendo corrosivos que sejam também inflamáveis ou oxidantes devem ser cuidadosamente limpos e, em particular, desembaraçados de qualquer resíduo combustível (palha, papel, etc.). as embalagens contendo tais produtos devem ser estivadas de forma que não possam se deslocar e nem quebrar.

Classe 9 – Substâncias Perigosas Diversas

Estes produtos devem ser carregados, descarregados e manuseados de maneira a minimizar os seus riscos. Estes cuidados devem, também, ser adotados nas operações de limpeza e descontaminação de veículos ou contêineres que tenham contido tais produtos.

Legislações e Normas sobre Produtos Perigosos

Legislações Institucionais

Decreto-Lei nº 2.063, de 6 de outubro de 1983 - Dispõe sobre multas a serem aplicadas por infrações à regulamentação para a execução dos serviços de transporte rodoviário de cargas ou produtos perigosos e dá outras providências.

Decreto nº 96.044, de 18 de maio de 1988 - Aprova o Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos e dá outras providências.

Portaria MT nº 261, de 11 de abril de 1989 - Promove ajustamentos técnico-operacionais no Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos. (Substituída pela Resolução ANTT no. 420 de 12/02/2004).

Decreto nº 98.973, de 21 de fevereiro de 1990 - Aprova o Regulamento do Transporte Ferroviário de Produtos Perigosos e dá outras providências.

Portaria MT nº 111, de 5 de março de 1990 - Baixa instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Ferroviário de Produtos Perigosos. (Revogada pela Portaria MT nº 204/20/04).

Portaria MT nº 204, de 20 de maio de 1997 - Aprova as Anexas Instruções Complementares ao Regulamento dos Transportes Rodoviário e Ferroviário de Produtos Perigosos. (Substituído pela Resolução ANTT no. 420 de 12/02/2004).

Portaria MT nº 409, de 12 de setembro de 1997 - Determina a desclassificação do produto nº 2489 - DIFENILMETANO -4, 4- DIISOCIANATO, como perigoso. (Substituído pela Resolução ANTT no. 420 de 12/02/2004).

Portaria MT nº 101, de 30 de março de 1998 - Dispõe sobre alterações na Regulamentação para os Transportes Rodoviário e Ferroviário de Produtos Perigosos. (Substituído pela Resolução ANTT no. 420 de 12/02/2004).

Portaria MT nº 402, de 9 de setembro de 1998 - Retifica a Portaria nº 204/97, inclui o produto de nº ONU 3257, inclui Provisão Especial e autoriza o transporte de produtos de nomes comerciais classificados na classe 9 (nº. 3082 e 3257). (Substituído pela Resolução ANTT no. 420 de 12/02/2004).

Portaria MT nº 490, de 16 de novembro de 1998 - Altera a redação do art. 7º da Portaria nº 402/MT, de 9/9/98. (Substituído pela Resolução ANTT no. 420 de 12/02/2004).

Portaria MT nº 342, de 11 de outubro de 2000 - Reclassifica o Alquil Fenóis Sólidos, N.E. sob o número UN 2430, Classe 8 e retifica/autoriza o Óleo Combustível Tipo C,

como substância da Classe 9, UN 3082. (Substituído pela Resolução ANTT no. 420 de 12/02/2004).

Portaria MT nº 170, de 9 de maio de 2001 - Exclui da Portaria/MT, nº 204, de 20/5/97, do Capítulo 4, itens 4.3 e 4.4, respectivamente, as informações correspondentes aos produtos listados nesta Portaria. (Substituído pela Resolução ANTT no. 420 de 12/02/2004).

Portaria MT nº 254, de 10 de julho de 2001 - Altera as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos, anexas à Portaria nº 204/MT, de 20/5/97. (Substituído pela Resolução ANTT no. 420 de 12/02/2004).

Decreto nº 4.097, de 23 de janeiro de 2002 - Altera a redação dos arts. 7º e 19 dos Regulamentos para os transportes rodoviário e ferroviário de produtos perigosos, aprovados pelos Decretos nos 96.044, de 18/5/88, e 98.973, de 21/2/90, respectivamente.

Portaria MT 349, de 4 de junho de 2002 - Aprova as Instruções para a Fiscalização do Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos no Âmbito Nacional.

Resolução ANTT Nº 420 de 12 de fevereiro de 2004 - Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos. Consolidado com as alterações introduzidas pelas Resoluções nº 701 e nº 1.644.

Resolução nº 701, de 25 de agosto de 2004 - Altera a Resolução nº 420, de 12 de fevereiro de 2004, que aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos e seu anexo.

Resolução nº 1644, de 26 de novembro de 2006 - Altera o Anexo à Resolução nº 420, de 12 de fevereiro de 2004, que aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos.

Legislação Específica de outros Órgãos de Governo

Portaria INMETRO nº 172, de 29 de julho de 1991 - Aprova o Regulamento Técnico para "Equipamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos à Granel (RT-7)".

Portaria INMETRO nº 221, de 30 de setembro 1991 - Aprova o Regulamento Técnico "Inspeção em Equipamentos destinados ao Transporte de Produtos Perigosos à granel não incluídos em outros Regulamentos" - RT-27.

Portaria INMETRO nº 277, de 27 de novembro de 1991 - Aprova o Regulamento Técnico "Veículo Rodoviário destinado ao Transporte de Produtos Perigosos - Construção, Instalação e Inspeção de Pára-Choque Traseiro" - RTQ-32.

Portaria INMETRO nº 275, de 16 de dezembro de 1993 - Aprova o Regulamento Técnico da Qualidade - RTQ-36. Revestimento interno de tanque rodoviário de produtos perigosos com resina éster vinílica reforçada com fibra de vidro - aplicação e inspeção.

Portaria INMETRO nº 276, de 16 de dezembro de 1993 - Aprova os Regulamentos Técnicos da Qualidade, RTQ-2 - Revisão 01 - Equipamentos para o Transporte Rodoviário de Produtos à Granel - Construção e Inspeção Inicial e RTQ-34 - Equipamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos à Granel - Geral - Construção.

Portaria INMETRO nº 199, de 6 de outubro de 1994 - Aprova o "Regulamento Técnico da Qualidade nº 5 (RTQ-5) - Veículo destinado ao Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos - Inspeção".

Portaria DENATRAN/MJ nº 1, de 5 de fevereiro de 1998 - Baixa as instruções a serem adotadas quando da elaboração e do preenchimento do Auto de Infração, anexo I, conforme Resolução nº 1/98, de 23/1/98, do Conselho Nacional de Trânsito.

Resolução CONTRAN/MJ nº 70, de 23 de setembro de 1998 - Dispõe sobre curso de treinamento específico para condutores de veículos rodoviários transportadores de produtos perigosos.

Portaria DENATRAN/MJ nº 38, de 10 de dezembro de 1998 - Acrescenta ao Anexo IV da Portaria nº 01/98 - DENATRAN, os códigos das infrações referentes ao Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos.

Decreto nº 2.998, de 23 de março de 1999 - Dá nova redação ao Regulamento para a Fiscalização de Produtos Controlados (R-105).

Resolução CONTRAN/MJ nº 91, de 4 de maio de 1999 - Dispõe sobre os cursos de Treinamento Específico e Complementar para Condutores de Veículos Rodoviários Transportadores de Produtos Perigosos. (revogada pela Resolução CONTRAN/MJ nº 91 de 04/05/99).

Decreto nº 3.665, de 20 de novembro de 2000 - Dá nova redação ao Regulamento para a Fiscalização de Produtos Controlados (R-105).

Lei nº 10.165, de 27 de dezembro de 2000 - Altera a Lei nº 6.938, de 31/8/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

Portaria INMETRO nº 8, de 16 de janeiro de 2001 - Publica a proposta do texto de Portaria para a Regulamentação Técnica de Cilindros de Liga Leve para Armazenamento de Gás Metano Veicular.

Portaria INMETRO nº 74, de 29 de maio de 2001 - Aprova o Regulamento Técnico, que estabelece os requisitos mínimos para produção em série de cilindros leves, recarregáveis para o armazenamento de gás metano veicular a alta pressão, como combustível automotivo, fixado a bordo de veículos.

Lei nº 10.357, de 27 de dezembro de 2001 - Estabelece normas de controle e fiscalização sobre produtos químicos que direta ou indiretamente possam ser destinados à elaboração ilícita de substâncias entorpecentes, psicotrópicas ou que determinem dependência física ou psíquica, e dá outras providências.

Decreto nº 4.262, de 10 de junho de 2002 - Estabelece normas de controle e fiscalização sobre produtos químicos que direta ou indiretamente possam ser destinados à elaboração ilícita de substâncias entorpecentes, psicotrópicas ou que determinem dependência física ou psíquica, e dá outras providências.

Portaria MJ nº 1274, de 26 de agosto de 2003 - Exerce o controle e a fiscalização de precursores e outros produtos químicos essenciais empregados na fabricação clandestina de drogas, como estratégia fundamental para prevenir e reprimir o tráfico ilícito e o uso indevido de entorpecentes e substâncias psicotrópicas.

Resolução CONTRAN/MJ nº 168, de 14 de Dezembro de 2004 - Estabelece normas e procedimentos para a formação de condutores de veículos automotores e elétricos, a realização dos exames, a expedição de documentos de habilitação, os cursos de formação, especializados, de reciclagem e dá outras providências.

Normas Brasileiras

NBR 7500 - Identificação para o Transporte Terrestre, Manuseio, Movimentação e Armazenamento de Produtos Perigosos – Fev./03.

NBR 7501 - Transporte Terrestre de Produtos Perigosos – Terminologia - Fev./03.

NBR 7503 - Ficha de Emergência e Envelope para o Transporte Terrestre de Produtos Perigosos - Características, dimensões e preenchimento - Fev./03.

NBR 9075 - Ficha técnica para o transporte ferroviário de mercadoria perigosa - Fev./93.

NBR 9735 - Conjunto de equipamentos para emergências no transporte terrestre de produtos perigosos - Fev./03.

NBR 10271 - Conjuntos de equipamentos para emergências no transporte rodoviário de ácido fluorídrico - Fev./03.

NBR 12982 - Desvaporização de tanque para transporte terrestre de produtos perigosos - Classe de risco 3 - Líquidos Inflamáveis - Fev./03.

NBR 13221 - Transporte terrestre de Resíduos. Fev./03.

NBR 14064 - Atendimento a emergência no transporte terrestre de produtos perigosos - Fev./03.

NBR 14095 - Área de estacionamento para veículos rodoviários no transporte de produtos perigosos - Fev./03.

NBR 14619 - Transporte terrestre de Produtos Perigosos - Incompatibilidade Química - Fev./03.

NBR 10287 - Unidade para transporte rodoviário de ácido sulfúrico a granel – Nov./82.

NBR 10698 - Conjuntos de equipamentos para emergências no transporte rodoviário de óxido de eteno - Jun./89.

NBR 11450 - Conjuntos de equipamentos para emergências no transporte rodoviário de gases liquefeitos de petróleo – Mar./90.

NBR 11451 - Conjuntos de equipamentos para proteção individual para avaliação de emergências e fuga no transporte rodoviário de gases liquefeitos de petróleo – Mar./90.

NBR 11454 - Conjuntos de equipamentos para proteção individual para avaliação de emergências e fuga no transporte rodoviário de gases altamente refrigerados a granel – Mar./90.

NBR 11455 - Conjuntos de equipamentos para proteção individual para avaliação de emergências e fuga no transporte rodoviário de carbureto de cálcio – Mar./90.

NBR 11456 - Conjuntos de equipamentos para emergências no transporte rodoviário de carbureto de cálcio – Mar./90.

NBR 11457 - Conjuntos de equipamentos para proteção individual para avaliação de emergências e fuga no transporte rodoviário de gases comprimidos – Mar./90;

NBR 11458 - Conjuntos de equipamentos para emergências no transporte rodoviário de gases altamente refrigerados a granel - Mar./90.

NBR 11459 - Conjuntos de equipamentos para emergências no transporte rodoviário de gases comprimidos - Jan./91.

NBR 11564 - Embalagem de produtos perigosos - classes 1,3,4,5,6, e 8 - Mai./91.

NBR 12192 - Unidades para transporte rodoviário de cloro líquido a granel - 1977.

NBR 12221 - Unidades para transporte rodoviário de etileno a granel - 1980.

NBR 12227 - Inspeção periódica dos tanques de cargas utilizadas em transporte rodoviário.

NBR 12235 - Armazenamento de resíduos sólidos perigosos - Procedimentos.

NBR 14253 - Cargas Perigosas - Manipulação em áreas portuárias - Procedimento - Dez./98.

NBR 14725 - Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos - FISPQ - Jul./01.

APÊNDICE

Vias estruturais, arteriais primárias e arteriais secundárias do Rio de Janeiro.

nº	Logradouro
1	AUT ETR LAGOA BARRA
2	AV SAO SEBASTIAO
3	AVN ALFRED AGACHE
4	AVN ALMTE BARROSO
5	AVN AMARO CAVALCANTE
6	AVN ARMANDO LOMBARDI
7	AVN ATAULFO DE PAIVA
8	AVN ATLANTICA
9	AVN AUGUSTO SEVERO
10	AVN AYRTON SENNA
11	AVN BARAO DE TEFE
12	AVN BARTOLOMEU DE GUSMAO
13	AVN BARTOLOMEU MITRE
14	AVN BEIRA MAR
15	AVN BENTO RIBEIRO DANTAS
16	AVN BORGES DE MEDEIROS
17	AVN BRASIL
18	AVN BRAZ DE PINA
19	AVN BRIG TROMPOWSKI
20	AVN CEL LUIZ OLIVEIRA SAMPAIO
21	AVN CESARIO DE MELO
22	AVN DAS AMERICAS
23	AVN DAS MISSÕES
24	AVN DAS NACOES UNIDAS
25	AVN DE SANTA CRUZ
26	AVN DELFIM MOREIRA
27	AVN DO EXERCITO
28	AVN DOM HELDER CAMARA
29	AVN DOS CAMPEOES
30	AVN DOS DEMOCRATICOS
31	AVN DOS ITALIANOS
32	AVN DUQUE DE CAXIAS
33	AVN EDISON PASSOS
34	AVN EMBAIX ABELARDO BUENO
35	AVN ENGEN FREYSSINET
36	AVN ENGEN SOUZA FILHO
37	AVN EPITACIO PESSOA
38	AVN ERNANI CARDOSO
39	AVN FRANCISCO BICALHO

nº	Logradouro
40	AVN FRANKLIN ROOSEVELT
41	AVN GAL JUSTO
42	AVN GAL SAN MARTIN
43	AVN GEREMARIO DANTAS
44	AVN GOVERN CARLOS LACERDA
45	AVN HEITOR BELTRAO
46	AVN HENRIQUE DODSWORTH
47	AVN HENRIQUE VALADARES
48	AVN INFTE DOM HENRIQUE
49	AVN ITAOCA
50	AVN JOAQUIM MAGALHAES
51	AVN LAURO SODRE
52	AVN LOBO JUNIOR
53	AVN LUZITANIA
54	AVN MAL CAMARA
55	AVN MAL FONTENELLE
56	AVN MAL RONDON
57	AVN MARACANA
58	AVN MARIA TERESA
59	AVN MEM DE SA
60	AVN MENEZES CORTES
61	AVN MINIST EDGARD ROMERO
62	AVN MINIST IVAN LINS
63	AVN MONSEN FELIX
64	AVN N/S DE COPACABANA
65	AVN NELSON CARDOSO
66	AVN NIEMEYER
67	AVN NOVA YORK
68	AVN OSWALDO ARANHA
69	AVN OSWALDO CRUZ
70	AVN PADRE GUILHERME DECAMINADA
71	AVN PADRE LEONEL FRANCA
72	AVN PARIS
73	AVN PASSOS
74	AVN PASTEUR
75	AVN PASTOR MARTIN LUTHER KING JR
76	AVN PAULO DE FRONTIN
77	AVN PEDRO II
78	AVN POSTAL
79	AVN PRCA ISABEL
80	AVN PRES ANTONIO CARLOS
81	AVN PRES CASTELO BRANCO
82	AVN PRES KUBITSCHKE
83	AVN PRES VARGAS
84	AVN PRES WILSON
85	AVN PROF MANOEL DE ABREU
86	AVN PROF PLINIO BASTOS
87	AVN RAINHA ELISABETH
88	AVN REPORT NESTOR MOREIRA
89	AVN REPUBLICA DO CHILE
90	AVN REPUBLICA DO PARAGUAI
91	AVN RIO BRANCO

nº	Logradouro
92	AVN RIO DE JANEIRO
93	AVN RODRIGO OTAVIO
94	AVN RODRIGUES ALVES
95	AVN ROTARY INTERNACIONAL
96	AVN RUI BARBOSA
98	AVN SALVADOR DE SA
99	AVN TEIXEIRA DE CASTRO
100	AVN TRINTA E UM DE MARCO
101	AVN VENCESLAU BRAZ
102	AVN VENEZUELA
103	AVN VICENTE DE CARVALHO
104	AVN VIEIRA SOUTO
105	AVN VISC DE ALBUQUERQUE
106	AVN VITAL BRAZIL
107	BLV VINTE E OITO DE SETEMBRO
108	BR 101 (RIO SANTOS)
109	CMP SAO DE CRISTOVAO
110	ELV DAS BANDEIRAS
111	ETR ADEMAR BEBIANO
112	ETR BARRA DA TIJUCA
113	ETR CACHAMORRA
114	ETR DO CAFUNDA
115	ETR DE CAMBOATA
116	ETR CAPOEIRAS
117	ETR CAROBA
118	ETR DA AGUA GRANDE
119	ETR DA PEDRA
120	ETR DA POSSE
121	ETR DAS FURNAS
122	ETR DAS FURNAS
123	ETR DE JACAREPAGUA
124	ETR DO CAMPINHO
125	ETR DO CATONHO
126	ETR DO GABINAL
127	ETR DO GALEAO
128	ETR DO ITANHANGA
129	ETR DO JOA
130	ETR DO MAGARCA
131	ETR DO MAGARCA
132	ETR DO MATO ALTO
133	ETR DO MENDANHA
134	ETR DO MONTEIRO
135	ETR DO PAU FERRO
136	ETR DO PORTELA
137	ETR DO QUAGA
138	ETR DO TINDIBA
139	ETR DOS BANDEIRANTES
140	ETR DOS PALMARES
141	ETR DOS SETE RIACHOS
142	ETR DOS TRES RIOS
143	ETR GAL CANROBERT DA COSTA
144	ETR INTEND MAGALHAES

nº	Logradouro
145	ETR JOAO PAULO
146	ETR MAL MIGUEL SALAZAR M MORAIS
147	ETR PADRE ROSER
148	ETR RIO DO A
149	ETR RIO JEQUIA
150	ETR RIO SAO PAULO
151	ETR SANTA EUGENIA
152	LRG ASPIR LOURIVAL GOMES
153	LRG CAMPINHO
154	LRG DA MEMORIA
155	LRG DA PECHINCHA
156	LRG DO HUMAITA
157	PRA BOTAFOGO
158	PRA DO FLAMENGO
159	PRA JEQUIA
160	PRC AFONSO VIZEU
161	PRC BARAO DE DRUMOND
162	PRC CRUZ VERMELHA
163	PRC CUAUHTEMOQUE
164	PRC DA REPUBLICA
165	PRC DA TAQUARA
166	PRC DEMETRIO RIBEIRO
167	PRC DEMOCRITO LINHARES
168	PRC EUGENIO JARDIM
169	PRC GAL ARANHA
170	PRC GAL PEDRA
171	PRC HEITOR CAJATY
172	PRC MAL MAURICIO CARDOSO
173	PRC MAUA
174	PRC N/S DA APRESENTACAO
175	PRC NORONHA SANTOS
176	PRC PAN AMERICANA
177	PRC PEDRO II
178	PRC POETA GIBRAN
179	PRC PROF ARNALDO DE MORAIS
180	PRC PROF MOURAO FILHO
181	PRC PROF VIRGINIA CIDADE
182	PRC ROBERTO V PEQUENO
183	PRC SANTA CRUZ
184	PTE DA JOATINGA
185	PTE NOVA DA ILH DO GOVERNADOR
186	PTE PLACIDO DE CASTRO
187	PTE PRES COSTA E SILVA
188	ROD PRES DUTRA
189	ROD WASHINGTON LUIS (BR040)
190	RUA BARRETO
191	RUA GAL ALEXANDRE BARRETO
192	RUA ADALGIZA ALEIXO
193	RUA AFONSO CAVALCANTI
194	RUA ALMTE BALTAZAR
195	RUA ALVARES DE AZEVEDO
196	RUA ANA NERI

nº	Logradouro
197	RUA ANGELO DANTAS
198	RUA ANIBAL DE MENDONCA
199	RUA APIAI
200	RUA ARACATUBA
201	RUA ARQUIAS CORDEIRO
202	RUA ARTUR RIOS
203	RUA BARAO DE MESQUITA
204	RUA BARAO DE SAO FRANCISCO
205	RUA BARAO DO BOM RETIRO
206	RUA BARATA RIBEIRO
207	RUA BARREIROS
208	RUA BARRETO
209	RUA BENEDITO HIPOLITO
210	RUA BENTO CARDOSO
211	RUA BOA VISTA
212	RUA BOLIVAR
213	RUA BORJA REIS
214	RUA BULHOES MARCIAL
215	RUA CAMERINO
216	RUA CANDIDO BENICIO
217	RUA CARDOSO DE MORAIS
218	RUA CARLINA
219	RUA CAROLINA MACHADO
220	RUA CARVALHO DE SOUZA
221	RUA CLARIMUNDO DE MELO
222	RUA CONDE DE AGROLONGO
223	RUA CONDE DE BONFIM
224	RUA CONSEL GALVAO
225	RUA COUTO MAGALHAES
226	RUA CUBA
227	RUA DA CARIOCA
228	RUA DA PEDREIRA
229	RUA DA REGENERACAO
230	RUA DA RELACAO
231	RUA DAS SAFIRAS
232	RUA DELFINA ENES
233	RUA DIAS DA CRUZ
234	RUA DIVISORIA
235	RUA DO ENGENHO NOVO
236	RUA DOM GERARDO
237	RUA DOM ROSALVO COSTA REGO
238	RUA DOMINGOS LOPES
239	RUA DONA ISABEL
240	RUA DOUTOR SAMPAIO CORREIA
241	RUA DOUTOR SATAMINI
242	RUA EDGARD WERNECK
243	RUA ELIAS DA SILVA
244	RUA ENGEN FERNANDO NASCIMENTO SILVA
245	RUA ERFURT
246	RUA ESCOBAR
247	RUA ESTACIO DE SA
248	RUA EUZEBIO DE ALMEIDA

nº	Logradouro
249	RUA FELIPE CARDOSO
250	RUA FERNANDES SAMPAIO
251	RUA FIGUEIREDO DE MAGALHAES
252	RUA FRANCISCO EUGENIO
253	RUA FRANCISCO OTAVIANO
254	RUA FRANCISCO SA
255	RUA FREI BENTO
256	RUA FREI CANECA
257	RUA FREI SOLANO
258	RUA FREI VELOSO
259	RUA GAL ARGOLO
260	RUA GAL HERCULANO GOMES
261	RUA GAL ROCA
262	RUA GITA
263	RUA GOIAS
264	RUA GOMES CARNEIRO
265	RUA GUAIANAZES
266	RUA HADDOCK LOBO
267	RUA HANNIBAL PORTO
268	RUA HORACIO ALVES BARBOSA
269	RUA HUMAITA
270	RUA IBIAPINA
271	RUA ICURANA
272	RUA IGREJINHA
273	RUA ITABIRA
274	RUA ITACURUCA
275	RUA JACARAU
276	RUA JANGADEIROS
277	RUA JARDIM BOTANICO
278	RUA JOAO PAULO I
279	RUA JOAO VICENTE
280	RUA JOSE BORGES
281	RUA JOSE CARLOS BRAGA DA COSTA
282	RUA JOSE DO PATROCINIO
283	RUA JUDITE GUERRA
284	RUA JULIA CORTINES
285	RUA LAUDELINO VIEIRA DE CAMPOS
286	RUA LEONIDIA
287	RUA LEOPOLDINA REGO
288	RUA LEOPOLDO BULHOES
289	RUA LICINIO CARDOSO
290	RUA LUIZ BARBOSA
291	RUA LUIZA DE CARVALHO
292	RUA MACHADO COELHO
293	RUA MAJOR SUCKOW
294	RUA MAL TROMPOWSKI
295	RUA MANUEL VITORINO
296	RUA MARIA DE JESUS BOTELHO
297	RUA MARIA QUITERIA
298	RUA MARIO RIBEIRO
299	RUA MARIZ E BARROS
300	RUA MEXICO

nº	Logradouro
301	RUA MIGUEL ANGELO
302	RUA MIGUEL LEMOS
303	RUA MINIST WALDEMAR FALCAO
304	RUA MIRABEAU SOUTO UCHOA
305	RUA MOEMA
306	RUA MONSEN ALVES ROCHA
307	RUA MUNIZ BARRETO
308	RUA NERVAL DE GOUVEIA
309	RUA NICARAGUA
310	RUA NOEMIA NUNES
311	RUA NORONHA SANTOS
312	RUA OCIDENTAL
313	RUA OLIVA MAIA
314	RUA OTTON DA FONSECA
315	RUA PACIFICO PEREIRA
316	RUA PADRE MANSO
317	RUA PADRE TELEMACO
318	RUA PEREIRA FRANCO
319	RUA PINHEIRO MACHADO
320	RUA PINTO GUEDES
321	RUA POMPEU LOUREIRO
322	RUA POMPILIO DE ALBUQUERQUE
323	RUA PREF OLIMPIO DE MELO
324	RUA PRIMEIRO DE MARCO
325	RUA PROF AZEVEDO MARQUES
326	RUA PROF PEREIRA REIS
327	RUA PROFA GUILHERMINA
328	RUA PRUDENTE DE MORAIS
329	RUA QUEIMADO
330	RUA QUITO
331	RUA RAUL POMPEIA
332	RUA REAL GRANDEZA
333	RUA REPUBLICA ARABE DA SIRIA
334	RUA RICARDO MACHADO
335	RUA RODOLFO DANTAS
336	RUA SACADURA CABRAL
337	RUA SALUSTIANO SILVA
338	RUA SANTA BASILISSA
339	RUA SANTIAGO
340	RUA SANTOS LIMA
341	RUA SAO CLEMENTE
342	RUA SAO FRANCISCO XAVIER
343	RUA SAO MIGUEL
344	RUA SARG FERNANDES FONTES
345	RUA SARG PINTO OLIVEIRA
346	RUA SARG SILVA NUNES
347	RUA SENAD BERNARDO MONTEIRO
348	RUA SENAD CAMARA
349	RUA SENAD DANTAS
350	RUA SIQUEIRA CAMPOS
351	RUA SOUZA BARROS
352	RUA TEIXEIRA CAMPOS

nº	Logradouro
353	RUA TEIXEIRA DE FREITAS
354	RUA TEIXEIRA SOARES
355	RUA TEODORO DA SILVA
356	RUA TORRES HOMEM
357	RUA URANOS
358	RUA VASSALO CARUSO
359	RUA VINICIUS DE MORAES
360	RUA VINTE E QUATRO DE MAIO
361	RUA VISC DE MARANGUAPE
362	RUA VISC DE NITEROI
363	RUA VISC DE OURO PRETO
364	RUA VISC DE PIRAJA
365	RUA VISC DE RIO BRANCO
366	RUA VISC DE SANTA ISABEL
367	RUA VOLUNTARIOS DA PATRIA
368	RUA WALDIR AMARAL
369	RUA XAVIER CURADO
370	VIA PRES JOAO GOULART

Vias Candidatas

nº	Logradouro
1	AVN ALMTE BARROSO
2	AVN AMARO CAVALCANTE
3	AVN ARMANDO LOMBARDI
4	AVN ATAULFO DE PAIVA
5	AVN ATLANTICA
6	AVN AUGUSTO SEVERO
7	AVN AYRTON SENNA
8	AVN BARAO DE TEFE
9	AVN BARTOLOMEU DE GUSMAO
10	AVN BARTOLOMEU MITRE
11	AVN BEIRA MAR
12	AVN BENTO RIBEIRO DANTAS
13	AVN BORGES DE MEDEIROS
14	AVN BRASIL
15	AVN BRAZ DE PINA
16	AVN BRIG TROMPOWSKI
17	AVN CEL LUIZ OLIVEIRA SAMPAIO
18	AVN CESARIO DE MELO
19	AVN DAS AMERICAS
20	AVN DAS MISSÕES
21	AVN DAS NACOES UNIDAS
22	AVN DE SANTA CRUZ
23	AVN DELFIM MOREIRA
24	AVN DO EXERCITO
25	AVN DOM HELDER CAMARA
26	AVN DOS CAMPEOES
27	AVN DOS DEMOCRATICOS
28	AVN DOS ITALIANOS
29	AVN DUQUE DE CAXIAS

nº	Logradouro
30	AVN EDISON PASSOS
31	AVN EMBAIX ABELARDO BUENO
32	AVN ENGEN SOUZA FILHO
33	AVN EPITACIO PESSOA
34	AVN ERNANI CARDOSO
35	AVN FRANCISCO BICALHO
36	AVN FRANKLIN ROOSEVELT
37	AVN GAL JUSTO
38	AVN GAL SAN MARTIN
39	AVN GEREMARIO DANTAS
40	AVN HEITOR BELTRAO
41	AVN HENRIQUE DODSWORTH
42	AVN HENRIQUE VALADARES
43	AVN INFTE DOM HENRIQUE
44	AVN ITAOCA
45	AVN JOAQUIM MAGALHAES
46	AVN LAURO SODRE
47	AVN LOBO JUNIOR
48	AVN LUZITANIA
49	AVN MAL CAMARA
50	AVN MAL FONTENELLE
51	AVN MAL RONDON
52	AVN MARACANA
53	AVN MARIA TERESA
54	AVN MEM DE SA
55	AVN MENEZES CORTES
56	AVN MINIST EDGARD ROMERO
57	AVN MINIST IVAN LINS
58	AVN MONSEN FELIX
59	AVN N/S DE COPACABANA
60	AVN NELSON CARDOSO
61	AVN NIEMEYER
62	AVN NOVA YORK
63	AVN OSWALDO ARANHA
64	AVN OSWALDO CRUZ
65	AVN PADRE MANOEL FRANCA
66	AVN PARIS
67	AVN PASSOS
68	AVN PASTEUR
69	AVN PASTOR M. LUTHER KING JR
70	AVN PAULO DE FRONTIN
71	AVN PEDRO II
72	AVN POSTAL
73	AVN PRCA ISABEL
74	AVN PRES ANTONIO CARLOS
75	AVN PRES CASTELO BRANCO
76	AVN PRES VARGAS
77	AVN PRES WILSON
78	AVN PROF MANOEL DE ABREU
79	AVN PROF PLINIO BASTOS
80	AVN RAINHA ELISABETH
81	AVN REP. NESTOR MOREIRA

nº	Logradouro
82	AVN REPUBLICA DO CHILE
83	AVN REPUBLICA DO PARAGUAI
84	AVN RIO BRANCO
85	AVN RIO DE JANEIRO
86	AVN RODRIGO OTAVIO
87	AVN RODRIGUES ALVES
88	AVN ROTARY INTERNACIONAL
89	AVN RUI BARBOSA
90	AVN SALVADOR ALLENDE
91	AVN SALVADOR DE SA
92	AVN TEIXEIRA DE CASTRO
93	AVN VENCESLAU BRAZ
94	AVN VENEZUELA
95	AVN VICENTE DE CARVALHO
96	AVN VIEIRA SOUTO
97	AVN VISC DE ALBUQUERQUE
98	BLV VINTE E OITO DE SETEMBRO
99	CMP SAO DE CRISTOVAO
100	EST DA PEDRA
101	ETR ADEMAR BEBIANO
102	ETR BARRA DA TIJUCA
103	ETR CACHAMORRA
104	ETR CAPOEIRAS
105	ETR CAROBA
106	ETR DA AGUA GRANDE
107	ETR DA POSSE
108	ETR DAS FURNAS
109	ETR DE CAMBOATA
110	ETR DE JACAREPAGUA
111	ETR DO CAFUNDA
112	ETR DO CAMPINHO
113	ETR DO CATONHO
114	ETR DO GABINAL
115	ETR DO GALEAO
116	ETR DO ITANHANGA
117	ETR DO JOA
118	ETR DO MAGARCA
119	ETR DO MATO ALTO
120	ETR DO MENDANHA
121	ETR DO MONTEIRO
122	ETR DO PAU FERRO
123	ETR DO PORTELA
124	ETR DO QUAFIA
125	ETR DO TINDIBA
126	ETR DOS BANDEIRANTES
127	ETR DOS PALMARES
128	ETR DOS SETE RIACHOS
129	ETR DOS TRES RIOS
130	ETR GAL CANROBERT DA COSTA
131	ETR INTEND MAGALHAES
132	ETR JOAO PAULO

nº	Logradouro
133	ETR MAL MIGUEL S. M MORAIS
134	ETR PADRE ROSER
135	ETR RIO DO A
136	ETR RIO JEQUIA
137	ETR RIO SAO PAULO
138	ETR SANTA EUGENIA
139	LRG ASPIR LOURIVAL GOMES
140	LRG CAMPINHO
141	LRG DA MEMORIA
142	LRG DA PECHINCHA
143	LRG DO HUMAITA
144	PCA SANTA CRUZ
145	PRA BOTAFOGO
146	PRA DO FLAMENGO
147	PRA JEQUIA
148	PRC BARAO DE DRUMOND
149	PRC CRUZ VERMELHA
150	PRC CUAUHTEMOQUE
151	PRC DA REPUBLICA
152	PRC DA TAQUARA
153	PRC DEMETRIO RIBEIRO
154	PRC DEMOCRITO LINHARES
155	PRC EUGENIO JARDIM
156	PRC GAL ARANHA
157	PRC MAL MAURICIO CARDOSO
158	PRC MAUA
159	PRC N/S DA APRESENTACAO
160	PRC PAN AMERICANA
161	PRC PEDRO II
162	PRC POETA GIBRAN
163	PRC PROF ARNALDO DE MORAIS
164	PRC PROF MOURAO FILHO
165	PRC PROF VIRGINIA CIDADE
166	PRC ROBERTO V PEQUENO
167	ROD PRES DUTRA
168	ROD RIO-SANTOS
169	RUA ADALGIZA ALEIXO
170	RUA AFONSO CAVALCANTI
171	RUA ALMTE BALTAZAR
172	RUA ALVARES DE AZEVEDO
173	RUA ANA NERI
174	RUA ANGELO DANTAS
175	RUA ANIBAL DE MENDONCA
176	RUA APIAI
177	RUA ARACATUBA
178	RUA ARQUIAS CORDEIRO
179	RUA ARTUR RIOS
180	RUA BARAO DE MESQUITA
181	RUA BARAO DE SAO FRANCISCO
182	RUA BARAO DO BOM RETIRO
183	RUA BARATA RIBEIRO

nº	Logradouro
184	RUA BARREIROS
185	RUA BENEDITO HIPOLITO
186	RUA BENTO CARDOSO
187	RUA BOA VISTA
188	RUA BOLIVAR
189	RUA BORJA REIS
190	RUA BULHOES MARCIAL
191	RUA CAMERINO
192	RUA CANDIDO BENICIO
193	RUA CARDOSO DE MORAIS
194	RUA CARLINA
195	RUA CAROLINA MACHADO
196	RUA CARVALHO DE SOUZA
197	RUA CLARIMUNDO DE MELO
198	RUA CONDE DE AGROLONGO
199	RUA CONDE DE BONFIM
200	RUA CONSEL GALVAO
201	RUA COUTO MAGALHAES
202	RUA CUBA
203	RUA DA CARIOCA
204	RUA DA PEDREIRA
205	RUA DA REGENERACAO
206	RUA DA RELACAO
207	RUA DAS SAFIRAS
208	RUA DELFINA ENES
209	RUA DIAS DA CRUZ
210	RUA DIVISORIA
211	RUA DO ENGENHO NOVO
212	RUA DOM GERARDO
213	RUA DOM ROSALVO COSTA REGO
214	RUA DOMINGOS LOPES
215	RUA DONA ISABEL
216	RUA DOUTOR SAMPAIO CORREIA
217	RUA DOUTOR SATAMINI
218	RUA EDGARD WERNECK
219	RUA ELIAS DA SILVA
220	RUA ENG FERNANDO N SILVA
221	RUA ERFURT
222	RUA ESCOBAR
223	RUA ESTACIO DE SA
224	RUA EUZEBIO DE ALMEIDA
225	RUA FELIPE CARDOSO
226	RUA FERNANDES SAMPAIO
227	RUA FIGUEIREDO DE MAGALHAES
228	RUA FRANCISCO EUGENIO
229	RUA FRANCISCO OTAVIANO
230	RUA FRANCISCO SA
231	RUA FREI BENTO
232	RUA FREI CANECA
233	RUA FREI SOLANO
234	RUA FREI VELOSO

nº	Logradouro
235	RUA GAL ALEXANDRE BARRETO
236	RUA GAL. ARGOLO
237	RUA GAL HERCULANO GOMES
238	RUA GAL ROCA
239	RUA GITA
240	RUA GOIAS
241	RUA GOMES CARNEIRO
242	RUA GUAIANAZES
243	RUA HADDOCK LOBO
244	RUA HANNIBAL PORTO
245	RUA HORACIO ALVES BARBOSA
246	RUA HUMAITA
247	RUA IBIAPINA
248	RUA ICURANA
249	RUA IGREJINHA
250	RUA ITABIRA
251	RUA ITACURUCA
252	RUA JACARAU
253	RUA JANGADEIROS
254	RUA JARDIM BOTANICO
255	RUA JOAO PAULO I
256	RUA JOAO VICENTE
257	RUA JOSE DO PATROCINIO
258	RUA JUDITE GUERRA
259	RUA LAUDELINO V. DE CAMPOS
260	RUA LEONIDIA
261	RUA LEOPOLDINA REGO
262	RUA LEOPOLDO BULHOES
263	RUA LICINIO CARDOSO
264	RUA LUIZ BARBOSA
265	RUA LUIZA DE CARVALHO
266	RUA MACHADO COELHO
267	RUA MAJOR SUCKOW
268	RUA MAL TROMPOWSKI
269	RUA MANUEL VITORINO
270	RUA MARIA DE JESUS BOTELHO
271	RUA MARIA QUITERIA
272	RUA MARIO RIBEIRO
273	RUA MARIZ E BARROS
274	RUA MEXICO
275	RUA MIGUEL ANGELO
276	RUA MIGUEL LEMOS
277	RUA MINIST WALDEMAR FALCAO
278	RUA MIRABEAU SOUTO UCHOA
279	RUA MOEMA
280	RUA MUNIZ BARRETO
281	RUA NERVAL DE GOUVEIA
282	RUA NICARAGUA
283	RUA NOEMIA NUNES
284	RUA OCIDENTAL
285	RUA OLIVA MAIA

nº	Logradouro
286	RUA OTTON DA FONSECA
287	RUA PACÍFICO PEREIRA
288	RUA PADRE MANSO
289	RUA PADRE TELEMACO
290	RUA PINHEIRO MACHADO
291	RUA PINTO GUEDES
292	RUA POMPEU LOUREIRO
293	RUA POMPILIO DE ALBUQUERQUE
294	RUA PREF OLIMPIO DE MELO
295	RUA PRIMEIRO DE MARÇO
296	RUA PROF AZEVEDO MARQUES
297	RUA PROF PEREIRA REIS
298	RUA PROFA GUILHERMINA
299	RUA PRUDENTE DE MORAIS
300	RUA QUEIMADO
301	RUA QUITO
302	RUA RAUL POMPEIA
303	RUA REAL GRANDEZA
304	RUA REPUBLICA ARABE DA SIRIA
305	RUA RICARDO MACHADO
306	RUA RODOLFO DANTAS
307	RUA SACADURA CABRAL
308	RUA SALUSTIANO SILVA
309	RUA SANTA BASILISSA
310	RUA SANTIAGO
311	RUA SANTOS LIMA
312	RUA SAO CLEMENTE
313	RUA SAO FRANCISCO XAVIER
314	RUA SAO MIGUEL
315	RUA SAO SEBASTIAO
316	RUA SARG FERNANDES FONTES
317	RUA SARG SILVA NUNES
318	RUA SEN CAMARA
319	RUA SEN. BERNARDO MONTEIRO
320	RUA SENAD DANTAS
321	RUA SIQUEIRA CAMPOS
322	RUA SOUZA BARROS
323	RUA TEIXEIRA CAMPOS
324	RUA TEIXEIRA DE FREITAS
325	RUA TEIXEIRA SOARES
326	RUA TEODORO DA SILVA
327	RUA TORRES HOMEM
328	RUA URANOS
329	RUA VASSALO CARUSO
330	RUA VINICIUS DE MORAES
331	RUA VINTE E QUATRO DE MAIO
332	RUA VISC DE NITEROI
333	RUA VISC DE OURO PRETO
334	RUA VISC DE PIRAJA
335	RUA VISC DE RIO BRANCO
336	RUA VISC DE SANTA ISABEL

nº	Logradouro
337	RUA VOLUNTARIOS DA PATRIA
338	RUA WALDIR AMARAL
339	RUA XAVIER CURADO

Matrizes Utilizadas no Método AHP

Matriz 1							Matriz 2							Matriz 3						
	DP	IA	LV	MA				DP	IA	LV	MA				DP	IA	LV	MA		
DP	1	0,333333	3	5			DP	1	7	5	3			DP	1	5	7	3		
IA	3	1	5	7			IA	0,142857	1	0,333333	0,2			IA	0,2	1	3	0,333333		
LV	0,333333	0,2	1	3			LV	0,2	3	1	0,333333			LV	0,142857	0,333333	1	0,2		
MA	0,2	0,142857	0,333333	1			MA	0,333333	5	3	1			MA	0,333333	3	7	1		
Σ	4,533333	1,67619	9,333333	16			Σ	1,67619	16	9,333333	4,533333			Σ	1,67619	9,333333	18	4,533333		
	DP	IA	LV	MA	ω			DP	IA	LV	MA	ω			DP	IA	LV	MA	ω	
DP	0,220588	0,198864	0,321429	0,3125	0,2633		DP	0,596591	0,4375	0,535714	0,661765	0,5579		DP	0,596591	0,535714	0,388889	0,661765	0,5457	
IA	0,661765	0,596591	0,535714	0,4375	0,5579		IA	0,085227	0,0625	0,035714	0,044118	0,0569		IA	0,119318	0,107143	0,166667	0,073529	0,1167	
LV	0,073529	0,119318	0,107143	0,1875	0,1219		LV	0,119318	0,1875	0,107143	0,073529	0,1219		LV	0,085227	0,035714	0,055556	0,044118	0,0552	
MA	0,044118	0,085227	0,035714	0,0625	0,0569		MA	0,198864	0,3125	0,321429	0,220588	0,2633		MA	0,198864	0,321429	0,388889	0,220588	0,2824	
1	0,333333	3	5	0,2633	1,0994		1	7	5	3	0,557892	2,3555		1	5	7	3	0,54574	2,3625	
3	1	5	7	0,5579	2,355519		0,142857	1	0,333333	0,2	0,05689	0,2299		0,2	1	3	0,333333	0,116664	0,485421	
0,333333	0,2	1	3	0,1219	0,491902		0,2	3	1	0,333333	0,121873	0,4919		0,142857	0,333333	1	0,2	0,055154	0,228493	
0,2	0,142857	0,333333	1	0,0569	0,229882		0,333333	5	3	1	0,263345	1,0994		0,333333	3	7	1	0,282442	1,200424	
			nmax	4,1767							nmax	4,1767						nmax	4,2768	
CI	0,058893						CI	0,058893						CI	0,092267					
RI	0,99						RI	0,99						RI	0,99					
CR	0,059488						CR	0,059488						CR	0,093199					

Matriz 4						Matriz 5						Matriz 6					
	DP	IA	LV	MA			DP	IA	LV	MA			DP	IA	LV	MA	
DP	1	0,142857	0,333333	0,2		DP	1	3	7	5		DP	1	3	7	5	
IA	7	1	5	3		IA	0,333333	1	5	3		IA	0,333333	1	5	3	
LV	3	0,2	1	0,333333		LV	0,142857	0,2	1	0,333333		LV	0,142857	0,2	1	0,333333	
MA	5	0,333333	3	1		MA	0,2	0,333333	3	1		MA	0,2	0,333333	3	1	
Σ	16	1,67619	9,333333	4,533333		Σ	1,67619	4,533333	16	9,333333		Σ	1,67619	4,533333	16	9,333333	
	DP	IA	LV	MA	ω		DP	IA	LV	MA	ω		DP	IA	LV	MA	ω
DP	0,0625	0,085227	0,035714	0,044118	0,0569	DP	0,596591	0,661765	0,4375	0,535714	0,5579	DP	0,596591	0,661765	0,4375	0,535714	0,5579
IA	0,4375	0,596591	0,535714	0,661765	0,5579	IA	0,198864	0,220588	0,3125	0,321429	0,2633	IA	0,198864	0,220588	0,3125	0,321429	0,2633
LV	0,1875	0,119318	0,107143	0,073529	0,1219	LV	0,085227	0,044118	0,0625	0,035714	0,0569	LV	0,085227	0,044118	0,0625	0,035714	0,0569
MA	0,3125	0,198864	0,321429	0,220588	0,2633	MA	0,119318	0,073529	0,1875	0,107143	0,1219	MA	0,119318	0,073529	0,1875	0,107143	0,1219
1	0,142857	0,333333	0,2	0,05689	0,2299	1	3	7	5	0,557892	2,3555	1	3	7	5	0,557892	2,3555
7	1	5	3	0,557892	2,355519	0,333333	1	5	3	0,263345	1,099376	0,333333	1	5	3	0,263345	1,099376
3	0,2	1	0,333333	0,121873	0,491902	0,142857	0,2	1	0,333333	0,05689	0,229882	0,142857	0,2	1	0,333333	0,05689	0,229882
5	0,333333	3	1	0,263345	1,099376	0,2	0,333333	3	1	0,121873	0,491902	0,2	0,333333	3	1	0,121873	0,491902
				nmax	4,1767					nmax	4,1767					nmax	4,1767
CI	0,058893					CI	0,058893					CI	0,058893				
RI	0,99					RI	0,99					RI	0,99				
CR	0,059488					CR	0,059488					CR	0,059488				

Matriz 7						Matriz 8						Matriz 9							
	DP	IA	LV	MA			DP	IA	LV	MA			DP	IA	LV	MA			
DP	1	3	7	5			DP	1	3	5	7			DP	1	5	7	3	
IA	0,333333	1	5	3			IA	0,333333	1	3	5			IA	0,2	1	3	0,333333	
LV	0,142857	0,2	1	0,333333			LV	0,2	0,333333	1	3			LV	0,142857	0,333333	1	0,2	
MA	0,2	0,333333	3	1			MA	0,142857	0,2	0,333333	1			MA	0,333333	3	7	1	
Σ	1,67619	4,533333	16	9,333333			Σ	1,67619	4,533333	9,333333	16			Σ	1,67619	9,333333	18	4,533333	
	DP	IA	LV	MA	ω			DP	IA	LV	MA	ω			DP	IA	LV	MA	ω
DP	0,596591	0,661765	0,4375	0,535714	0,5579		DP	0,596591	0,661765	0,535714	0,4375	0,5579		DP	0,596591	0,535714	0,388889	0,661765	0,5457
IA	0,198864	0,220588	0,3125	0,321429	0,2633		IA	0,198864	0,220588	0,321429	0,3125	0,2633		IA	0,119318	0,107143	0,166667	0,073529	0,1167
LV	0,085227	0,044118	0,0625	0,035714	0,0569		LV	0,119318	0,073529	0,107143	0,1875	0,1219		LV	0,085227	0,035714	0,055556	0,044118	0,0552
MA	0,119318	0,073529	0,1875	0,107143	0,1219		MA	0,085227	0,044118	0,035714	0,0625	0,0569		MA	0,198864	0,321429	0,388889	0,220588	0,2824
1	3	7	5	0,557892	2,3555		1	3	5	7	0,5579	2,3555		1	5	7	3	0,54574	2,3625
0,333333	1	5	3	0,263345	1,0994		0,333333	1	3	5	0,2633	1,0994		0,2	1	3	0,333333	0,116664	0,4854
0,142857	0,2	1	0,333333	0,05689	0,2299		0,2	0,333333	1	3	0,1219	0,4919		0,142857	0,333333	1	0,2	0,055154	0,2285
0,2	0,333333	3	1	0,121873	0,4919		0,142857	0,2	0,333333	1	0,0569	0,2299		0,333333	3	7	1	0,282442	1,2004
				nmax	4,1767						nmax	4,1767						nmax	4,2768
CI	0,058893						CI	0,058893						CI	0,092267				
RI	0,99						RI	0,99						RI	0,99				
CR	0,059488						CR	0,059488						CR	0,093199				

Matriz 10						Matriz 11						Matriz 12					
	DP	IA	LV	MA			DP	IA	LV	MA			DP	IA	LV	MA	
DP	1	3	7	5		DP	1	5	7	3		DP	1	0,333333	5	3	
IA	0,333333	1	5	3		IA	0,2	1	3	0,333333		IA	3	1	7	5	
LV	0,142857	0,2	1	0,333333		LV	0,142857	0,333333	1	0,2		LV	0,2	0,142857	1	0,333333	
MA	0,2	0,333333	3	1		MA	0,333333	3	7	1		MA	0,333333	0,2	3	1	
Σ	1,67619	4,533333	16	9,333333		Σ	1,67619	9,333333	18	4,533333		Σ	4,533333	1,67619	16	9,333333	
	DP	IA	LV	MA	ω		DP	IA	LV	MA	ω		DP	IA	LV	MA	ω
DP	0,596591	0,661765	0,4375	0,535714	0,5579	DP	0,596591	0,535714	0,388889	0,661765	0,5457	DP	0,220588	0,198864	0,3125	0,321429	0,2633
IA	0,198864	0,220588	0,3125	0,321429	0,2633	IA	0,119318	0,107143	0,166667	0,073529	0,1167	IA	0,661765	0,596591	0,4375	0,535714	0,5579
LV	0,085227	0,044118	0,0625	0,035714	0,0569	LV	0,085227	0,035714	0,055556	0,044118	0,0552	LV	0,044118	0,085227	0,0625	0,035714	0,0569
MA	0,119318	0,073529	0,1875	0,107143	0,1219	MA	0,198864	0,321429	0,388889	0,220588	0,2824	MA	0,073529	0,119318	0,1875	0,107143	0,1219
1	3	7	5	0,557892	2,3555	1	5	7	3	0,54574	2,3625	1	0,333333	5	3	0,263345	1,0994
0,333333	1	5	3	0,263345	1,0994	0,2	1	3	0,333333	0,116664	0,4854	3	1	7	5	0,557892	2,3555
0,142857	0,2	1	0,333333	0,05689	0,2299	0,142857	0,333333	1	0,2	0,055154	0,2285	0,2	0,142857	1	0,333333	0,05689	0,2299
0,2	0,333333	3	1	0,121873	0,4919	0,333333	3	7	1	0,282442	1,2004	0,333333	0,2	3	1	0,121873	0,4919
			nmax	4,1767						nmax	4,2768					nmax	4,1767
CI	0,058893					CI	0,092267					CI	0,058893				
RI	0,99					RI	0,99					RI	0,99				
CR	0,059488					CR	0,093199					CR	0,059488				

Matriz 13						Matriz 14						Matriz 15					
	DP	IA	LV	MA			DP	IA	LV	MA			DP	IA	LV	MA	
DP	1	3	7	5		DP	1	0,2	0,333333	0,142857		DP	1	3	7	5	
IA	0,333333	1	5	3		IA	5	1	3	0,333333		IA	0,333333	1	5	3	
LV	0,142857	0,2	1	0,333333		LV	3	0,333333	1	0,2		LV	0,142857	0,2	1	0,333333	
MA	0,2	0,333333	3	1		MA	7	3	5	1		MA	0,2	0,333333	3	1	
Σ	1,67619	4,533333	16	9,333333		Σ	16	4,533333	9,333333	1,67619		Σ	1,67619	4,533333	16	9,333333	
	DP	IA	LV	MA	ω		DP	IA	LV	MA	ω		DP	IA	LV	MA	ω
DP	0,596591	0,661765	0,4375	0,535714	0,5579	DP	0,0625	0,044118	0,035714	0,085227	0,0569	DP	0,596591	0,661765	0,4375	0,535714	0,5579
IA	0,198864	0,220588	0,3125	0,321429	0,2633	IA	0,3125	0,220588	0,321429	0,198864	0,2633	IA	0,198864	0,220588	0,3125	0,321429	0,2633
LV	0,085227	0,044118	0,0625	0,035714	0,0569	LV	0,1875	0,073529	0,107143	0,119318	0,1219	LV	0,085227	0,044118	0,0625	0,035714	0,0569
MA	0,119318	0,073529	0,1875	0,107143	0,1219	MA	0,4375	0,661765	0,535714	0,596591	0,5579	MA	0,119318	0,073529	0,1875	0,107143	0,1219
1	3	7	5	0,557892	2,3555	1	0,2	0,333333	0,142857	0,05689	0,2299	1	3	7	5	0,557892	2,3555
0,333333	1	5	3	0,263345	1,0994	5	1	3	0,333333	0,263345	1,0994	0,333333	1	5	3	0,263345	1,0994
0,142857	0,2	1	0,333333	0,05689	0,2299	3	0,333333	1	0,2	0,121873	0,4919	0,142857	0,2	1	0,333333	0,05689	0,2299
0,2	0,333333	3	1	0,121873	0,4919	7	3	5	1	0,557892	2,3555	0,2	0,333333	3	1	0,121873	0,4919
				nmax	4,1767					nmax	4,1767					nmax	4,1767
CI	0,058893					CI	0,058893					CI	0,058893				
RI	0,99					RI	0,99					RI	0,99				
CR	0,059488					CR	0,059488					CR	0,059488				

Matriz 16						Matriz 17						Matriz 18						
	DP	IA	LV	MA			DP	IA	LV	MA			DP	IA	LV	MA		
DP	1	7	5	3			DP	1	3	5	0,333333		DP	1	7	3	5	
IA	0,142857	1	0,333333	0,2			IA	0,333333	1	3	0,2		IA	0,142857	1	0,2	0,333333	
LV	0,2	3	1	0,333333			LV	0,2	0,333333	1	0,142857		LV	0,333333	5	1	3	
MA	0,333333	5	3	1			MA	3	5	7	1		MA	0,2	3	0,333333	1	
Σ	1,67619	16	9,333333	4,533333			Σ	4,533333	9,333333	16	1,67619		Σ	1,67619	16	4,533333	9,333333	
	DP	IA	LV	MA	ω			DP	IA	LV	MA	ω		DP	IA	LV	MA	ω
DP	0,596591	0,4375	0,535714	0,661765	0,5579		DP	0,220588	0,321429	0,3125	0,198864	0,2633	DP	0,596591	0,4375	0,661765	0,535714	0,5579
IA	0,085227	0,0625	0,035714	0,044118	0,0569		IA	0,073529	0,107143	0,1875	0,119318	0,1219	IA	0,085227	0,0625	0,044118	0,035714	0,0569
LV	0,119318	0,1875	0,107143	0,073529	0,1219		LV	0,044118	0,035714	0,0625	0,085227	0,0569	LV	0,198864	0,3125	0,220588	0,321429	0,2633
MA	0,198864	0,3125	0,321429	0,220588	0,2633		MA	0,661765	0,535714	0,4375	0,596591	0,5579	MA	0,119318	0,1875	0,073529	0,107143	0,1219
1	7	5	3	0,557892	2,3555		1	3	5	0,333333	0,263345	1,0994	1	7	3	5	0,557892	2,3555
0,142857	1	0,333333	0,2	0,05689	0,2299		0,333333	1	3	0,2	0,121873	0,4919	0,142857	1	0,2	0,333333	0,05689	0,2299
0,2	3	1	0,333333	0,121873	0,4919		0,2	0,333333	1	0,142857	0,05689	0,2299	0,333333	5	1	3	0,263345	1,0994
0,333333	5	3	1	0,263345	1,0994		3	5	7	1	0,557892	2,3555	0,2	3	0,333333	1	0,121873	0,4919
				nmax	4,1767						nmax	4,1767					nmax	4,1767
CI	0,058893						CI	0,058893					CI	0,058893				
RI	0,99						RI	0,99					RI	0,99				
CR	0,059488						CR	0,059488					CR	0,059488				

Matriz 19						Matriz 20						Matriz 21						
	DP	IA	LV	MA			DP	IA	LV	MA			DP	IA	LV	MA		
DP	1	0,333333	5	3			DP	1	5	7	3		DP	1	7	5	3	
IA	3	1	7	5			IA	0,2	1	3	0,333333		IA	0,142857	1	0,333333	0,2	
LV	0,2	0,142857	1	0,333333			LV	0,142857	0,333333	1	0,2		LV	0,2	3	1	0,333333	
MA	0,333333	0,2	3	1			MA	0,333333	3	7	1		MA	0,333333	5	3	1	
Σ	4,533333	1,67619	16	9,333333			Σ	1,67619	9,333333	18	4,533333		Σ	1,67619	16	9,333333	4,533333	
	DP	IA	LV	MA	ω			DP	IA	LV	MA	ω		DP	IA	LV	MA	ω
DP	0,220588	0,198864	0,3125	0,321429	0,2633		DP	0,596591	0,535714	0,388889	0,661765	0,5457	DP	0,596591	0,4375	0,535714	0,661765	0,5579
IA	0,661765	0,596591	0,4375	0,535714	0,5579		IA	0,119318	0,107143	0,166667	0,073529	0,1167	IA	0,085227	0,0625	0,035714	0,044118	0,0569
LV	0,044118	0,085227	0,0625	0,035714	0,0569		LV	0,085227	0,035714	0,055556	0,044118	0,0552	LV	0,119318	0,1875	0,107143	0,073529	0,1219
MA	0,073529	0,119318	0,1875	0,107143	0,1219		MA	0,198864	0,321429	0,388889	0,220588	0,2824	MA	0,198864	0,3125	0,321429	0,220588	0,2633
1	0,333333	5	3	0,263345	1,0994		1	5	7	3	0,54574	2,3625	1	7	5	3	0,557892	2,3555
3	1	7	5	0,557892	2,3555		0,2	1	3	0,333333	0,116664	0,4854	0,142857	1	0,333333	0,2	0,05689	0,2299
0,2	0,142857	1	0,333333	0,05689	0,2299		0,142857	0,333333	1	0,2	0,055154	0,2285	0,2	3	1	0,333333	0,121873	0,4919
0,333333	0,2	3	1	0,121873	0,4919		0,333333	3	7	1	0,282442	1,2004	0,333333	5	3	1	0,263345	1,0994
			nmax	4,1767								4,2768				nmax	4,1767	
CI	0,058893						CI	0,092267					CI	0,058893				
RI	0,99						RI	0,99					RI	0,99				
CR	0,059488						CR	0,093199					CR	0,059488				

Matriz 22						Matriz 23						Matriz 24					
	DP	IA	LV	MA			DP	IA	LV	MA			DP	IA	LV	MA	
DP	1	5	3	7		DP	1	7	5	3		DP	1	3	7	5	
IA	0,2	1	0,333333	3		IA	0,142857	1	0,333333	0,2		IA	0,333333	1	5	3	
LV	0,333333	3	1	5		LV	0,2	3	1	0,333333		LV	0,142857	0,2	1	0,333333	
MA	0,142857	0,333333	0,2	1		MA	0,333333	5	3	1		MA	0,2	0,333333	3	1	
Σ	1,67619	9,333333	4,533333	16		Σ	1,67619	16	9,333333	4,533333		Σ	1,67619	4,533333	16	9,333333	
	DP	IA	LV	MA	ω		DP	IA	LV	MA	ω		DP	IA	LV	MA	ω
DP	0,596591	0,535714	0,661765	0,4375	0,5579	DP	0,596591	0,4375	0,535714	0,661765	0,5579	DP	0,596591	0,661765	0,4375	0,535714	0,5579
IA	0,119318	0,107143	0,073529	0,1875	0,1219	IA	0,085227	0,0625	0,035714	0,044118	0,0569	IA	0,198864	0,220588	0,3125	0,321429	0,2633
LV	0,198864	0,321429	0,220588	0,3125	0,2633	LV	0,119318	0,1875	0,107143	0,073529	0,1219	LV	0,085227	0,044118	0,0625	0,035714	0,0569
MA	0,085227	0,035714	0,044118	0,0625	0,0569	MA	0,198864	0,3125	0,321429	0,220588	0,2633	MA	0,119318	0,073529	0,1875	0,107143	0,1219
1	5	3	7	0,557892	2,3555	1	7	5	3	0,557892	2,3555	1	3	7	5	0,557892	2,3555
0,2	1	0,333333	3	0,121873	0,4919	0,142857	1	0,333333	0,2	0,05689	0,2299	0,333333	1	5	3	0,263345	1,0994
0,333333	3	1	5	0,263345	1,0994	0,2	3	1	0,333333	0,121873	0,4919	0,142857	0,2	1	0,333333	0,05689	0,2299
0,142857	0,333333	0,2	1	0,05689	0,2299	0,333333	5	3	1	0,263345	1,0994	0,2	0,333333	3	1	0,121873	0,4919
				nmax	4,1767					nmax	4,1767					nmax	4,1767
CI	0,058893					CI	0,058893					CI	0,058893				
RI	0,99					RI	0,99					RI	0,99				
CR	0,059488					CR	0,059488					CR	0,059488				

Matriz 25						Matriz 26						Matriz 27						
	DP	IA	LV	MA			DP	IA	LV	MA			DP	IA	LV	MA		
DP	1	5	7	3			DP	1	5	7	3		DP	1	3	5	7	
IA	0,2	1	3	0,333333			IA	0,2	1	3	0,333333		IA	0,333333	1	3	5	
LV	0,142857	0,333333	1	0,2			LV	0,142857	0,333333	1	0,2		LV	0,2	0,333333	1	3	
MA	0,333333	3	7	1			MA	0,333333	3	7	1		MA	0,142857	0,2	0,333333	1	
Σ	1,67619	9,333333	18	4,533333			Σ	1,67619	9,333333	18	4,533333		Σ	1,67619	4,533333	9,333333	16	
	DP	IA	LV	MA	ω			DP	IA	LV	MA	ω		DP	IA	LV	MA	ω
DP	0,596591	0,535714	0,388889	0,661765	0,5457		DP	0,596591	0,535714	0,388889	0,661765	0,5457	DP	0,596591	0,661765	0,535714	0,4375	0,5579
IA	0,119318	0,107143	0,166667	0,073529	0,1167		IA	0,119318	0,107143	0,166667	0,073529	0,1167	IA	0,198864	0,220588	0,321429	0,3125	0,2633
LV	0,085227	0,035714	0,055556	0,044118	0,0552		LV	0,085227	0,035714	0,055556	0,044118	0,0552	LV	0,119318	0,073529	0,107143	0,1875	0,1219
MA	0,198864	0,321429	0,388889	0,220588	0,2824		MA	0,198864	0,321429	0,388889	0,220588	0,2824	MA	0,085227	0,044118	0,035714	0,0625	0,0569
1	5	7	3	0,54574	2,3625		1	5	7	3	0,54574	2,3625	1	3	5	7	0,557892	2,3555
0,2	1	3	0,333333	0,116664	0,4854		0,2	1	3	0,333333	0,116664	0,4854	0,333333	1	3	5	0,263345	1,0994
0,142857	0,333333	1	0,2	0,055154	0,2285		0,142857	0,333333	1	0,2	0,055154	0,2285	0,2	0,333333	1	3	0,121873	0,4919
0,333333	3	7	1	0,282442	1,2004		0,333333	3	7	1	0,282442	1,2004	0,142857	0,2	0,333333	1	0,05689	0,2299
				nmax	4,2768						nmax	4,2768					nmax	4,1767
CI	0,092267						CI	0,092267					CI	0,058893				
RI	0,99						RI	0,99					RI	0,99				
CR	0,093199						CR	0,093199					CR	0,059488				

Matriz 28						Matriz 29						Matriz 30						
	DP	IA	LV	MA			DP	IA	LV	MA			DP	IA	LV	MA		
DP	1	5	3	7			DP	1	0,142857	0,2	0,333333		DP	1	0,2	3	0,333333	
IA	0,2	1	0,333333	3			IA	7	1	3	5		IA	5	1	7	3	
LV	0,333333	3	1	5			LV	5	0,333333	1	3		LV	0,333333	0,142857	1	0,2	
MA	0,142857	0,333333	0,2	1			MA	3	0,2	0,333333	1		MA	3	0,333333	5	1	
Σ	1,67619	9,333333	4,533333	16			Σ	16	1,67619	4,533333	9,333333		Σ	9,333333	1,67619	16	4,533333	
	DP	IA	LV	MA	ω		DP	IA	LV	MA	ω		DP	IA	LV	MA	ω	
DP	0,596591	0,535714	0,661765	0,4375	0,5579		DP	0,0625	0,085227	0,044118	0,035714	0,0569	DP	0,107143	0,119318	0,1875	0,073529	0,1219
IA	0,119318	0,107143	0,073529	0,1875	0,1219		IA	0,4375	0,596591	0,661765	0,535714	0,5579	IA	0,535714	0,596591	0,4375	0,661765	0,5579
LV	0,198864	0,321429	0,220588	0,3125	0,2633		LV	0,3125	0,198864	0,220588	0,321429	0,2633	LV	0,035714	0,085227	0,0625	0,044118	0,0569
MA	0,085227	0,035714	0,044118	0,0625	0,0569		MA	0,1875	0,119318	0,073529	0,107143	0,1219	MA	0,321429	0,198864	0,3125	0,220588	0,2633
1	5	3	7	0,557892	2,3555		1	0,142857	0,2	0,333333	0,05689	0,2299	1	0,2	3	0,333333	0,121873	0,4919
0,2	1	0,333333	3	0,121873	0,491902		7	1	3	5	0,557892	2,355519	5	1	7	3	0,557892	2,355519
0,333333	3	1	5	0,263345	1,099376		5	0,333333	1	3	0,263345	1,099376	0,333333	0,142857	1	0,2	0,05689	0,229882
0,142857	0,333333	0,2	1	0,05689	0,229882		3	0,2	0,333333	1	0,121873	0,491902	3	0,333333	5	1	0,263345	1,099376
			nmax	4,1767							nmax	4,1767					nmax	4,1767
CI	0,058893						CI	0,058893					CI	0,058893				
RI	0,99						RI	0,99					RI	0,99				
CR	0,059488						CR	0,059488					CR	0,059488				

Incidentes com Produtos Perigosos Ocorridos no Rio de Janeiro (1984/2007)

1984									
1	22/5	Vazamento em caminhão tanque. Penha. Acrilato de Etila (1917). Responsável: Curtume Carioca. Com Perda.							
2	12/6	Acidente com caminhão tanque. Perda de 220 litros de Óleo. Ilha do Governador Praia da Ribeira. UTM: 7475966,84/686564,56. Com Perda.							
3	16/8	Tombamento de caminhão tanque. Cloro (1017). Responsável: Solutec - Exxon do Brasil . UTM: 7475380,48/685685,02							
1985									
4	10/10	Caminhão carroceria. Queda de uma bombona. Vazamento de 40 litros de Anídrico Acético (1715). Rua Belizário Pena - Penha. UTM: 7473035,04/676596,44. Com Perda.							
1986									
5	25/2	Caminhão carroceria. Derramamento de Enxofre. Av. Brasil, km 3. UTM: 7471569,14/679235,06. Com perda.							
6	19/6	Vazamento de Gasolina. Transportadora Americana. UTM: 7473621,40/676303,26. Com perda.							
7	30/7	Queda de Tambor de caminhão carroceria. Derramamento em via pública de 2kg de Óxido Arsênico. Mangueira. UTM: 7468637,34/675716,90. Com perda.							
8	17/9	Acidente Rodoviário. Vazamento de Gasolina. Posto Reigadense Ltda. UTM: 7470689,60/672991,92. Com perda.							
9	18/12	Caminhão Basculante. Derramamento de Enxofre na pista. Cajú. UTM: 7465705,54/680114,6. Com perda.							

1987									
10	31/3	Vazamento proveniente da válvula de alívio. Amônia (1005). Frigorífico Moura. UTM: 7470396,42/679528,24. Com perda.							
11	7/4	Queda de um tambor de um Caminhão carroceria no pátio do Cais do Porto do Rio. Perda de cerca de 300 kg de Tetracloreto de Titânio. Caju. UTM: 7465119,18/681873,68							
12	2/5	Rompimento de um tambor com Nitrato em caminhão carroceria. Emissão de resíduos gasosos. Bonsucesso. Com perda.							
13	12/5	Vazamento de Amônia proveniente de um container em caminhão carroceria. Via Dutra Km 2. Pavuna. UTM: 7475966,84/671612,38. Com perda.							
14	9/6	Vazamento em caminhão tanque. Resíduo de Alumínio retirado do Porão de um navio. Bonsucesso. UTM: 7462480,56/684512,30. Com perda.							
15	9/11	Queda de seis tambores de Cloreto Cianúrico da carroceria de um caminhão. Espalhou-se na pista cerca de 15 kg. Av. Brasil. Ramos. UTM: 7467757,80/682166,86. Com perda.							
16	18/11	Derramamento de Cloreto de Metileno de um caminhão carroceria. Vinte e oito tambores de 200 litros. Quatro com vazamento e perda de 15 litros. Carga roubada Campo Grande. UTM: 7466585,08/648744,34. Com Perda.							
1988									
17	18/10	Queda e abandono de trinta tambores de caminhão carroceria com produtos químicos não identificados. Av. Brasil. Campo Grande.							
18	27/12	Acidente com caminhão carroceria. Perda total de 1625 baldes de tintas e solventes. Av. Brasil, km 35. UTM: 7463653,28/680114,60. Com perda.							

1989									
19	24/2	Acidente com caminhão tanque. Ácido Sulfúrico. UTM: 7465705,54/680997,14							
20	12/4	Colisão de um caminhão tanque. Perda de 750 litros de Álcool. Av. Brasil. Bangu. UTM: 7463653,28/684219,12. Com perda.							
21	5/5	Vazamento de Hidróxido de Amônia em bombona de caminhão. Santa Cruz. UTM: 7468050,98/682166,86. Com perda.							
22	24/10	Tombamento de caminhão carroceria com carga mista, composta por tinta, redutor e alimentos. Av. Brasil. Manguinhos. UTM: 7466291,90/682460,04.							
23	18/11	Tombamento de caminhão transportando cimento. Av. Brasil. Guadalupe. UTM: 7469223,70/678941,88.							
1990									
24	9/7	Tombamento de caminhão. Explosão do tanque que transportava Óleo Diesel e estava vazio. Aterro do Flamengo.							
1991									
25	16/1	Tombamento de caminhão tanque, perda de 1600 litros de querosene. Barra da Tijuca. Com perda.							
26	14/2	Tombamento de caminhão carroceria, com 108 bombonas de Sellavol/CIBA GEIGY. Colégio.							
27	24/3	Tombamento de 2 carretas com Chumbo Tetra-Etila em containers. Caju.							
28	11/11	Rompimento de uma bombona de Ácido Muriático em caminhão carroceria. Vazamento de 50 litros. Sulacap. Com perda.							

1992									
29	26/1	Caminhão Tanque. Vazamento de 30 litros de Tolueno diisocianato (2078), pela válvula de segurança. Meier. Com perda.							
30	8/4	Vazamento de 1.000 litros de Ácido Sulfúrico pela válvula de fundo do caminhão tanque no pátio de transportadora. Jardim América. Com perda.							
31	3/7	Tombamento de bombona de caminhão. Pequena perda de produto não identificado. Jacarépaguá. Com perda.							
32	13/9	Tombamento de caminhão carroceria com carga mista. Acari.							
33	23/11	Tombamento de caminhão tanque com 20.000 litros de gasolina. Parada de Lucas							
1993									
34	1/2	Tombamento de caminhão carroceria com carga mista, perda de 100kg. Cachambi. Com perda.							
35	5/4	Tombamento de caminhão carroceria com Calcinium Silício (1405). 23 ton. São Cristóvão Com perda.							
36	23/8	Caminhão Tanque. Rompimento do tanque. Perda de 800 litros de Álcool Hidratado. Sulacap. Com perda.							
37	14/9	Caminhão Baú com carga mista. Abalroamento de veículos com perda de produtos químicos. Cordovil. Com perda.							

1994									
38	30/9	Tombamento de caminhão com Cimento Asfáltico de Petróleo. 23 ton. Av. Brasil. UTM: 7475483/672783,1875.							
39	17/11	Tombamento de caminhão tanque com Óleo BPF. Vazamento de 10.000 litros. Estrada Grajaú-Jacarepaguá. Com perda.							
40	24/11	Tombamento de Container em caminhão carreta. Magalhães Bastos.							
1995									
41	17/1	Roubo de Caminhão. Produto Tinofix (detergente) da CIBA GEIGY. Bonsucesso.							
42	12/2	Roubo de Caminhão. Produto Sinthacryl (resina) da Hoechst. Penha.							
43	18/4	Caminhão tanque. Pequena perda de Hidróxido de Sódio pela válvula de fundo. Av. Brasil, km 12,5. Parada de Lucas. UTM: 7474794,12/676010,08. Com perda.							
44	23/06	Abalroamento de caminhão tanque com 5.000 litros de gasolina. Acidente de trânsito em Vila Isabel.							
45	18/8	Tombamento de 20 bombonas do produto antiespumante P/116-81 num caminhão baú. Perda de 3 bombonas. Ponte Rio-Niterói. Com Perda.							
46	20/9	Tombamento de container num caminhão carroceria com Amino Diferilamina. São Cristóvão. UTM: 7468050,98/680114,60.							
47	4/11	Abalroamento de caminhão carroceria. Vazamento de 50 litros de Ácido Muriático. Benfica. UTM: 7468637,34/680114,60							
1996									
48	7/9	Avaria em caminhão tanque transportando Hipoclorito de Sódio. Lins de Vasconcelos.							
49	21/12	Tombamento de caminhão tanque. Perda de 10.000 litros de álcool e gasolina. Barra da Tijuca. Com perda.							
50	31/12	Queda de tambores de um caminhão carroceria. Perda de 600 litros de Óleo Combustível Via Dutra, km 171. Pavuna. Com perda.							

1997									
51	8/2	Tombamento de caminhão tanque. Perda de 6.000 litros de Querosene de aviação.							
		Cabeceira da pista do Aeroporto Galeão. Ilha do governador. Com perda.							
52	22/2	Abalroamento de um caminhão tanque. Perda total da Carga de 20.000 litros de Ácido							
		Clorídrico. Av. Brasil. Bangu. Com perda.							
53	19/5	Abalroamento de caminhão tanque transportando gasolina. Praça da Bandeira.							
54	12/9	Carreta com Ácido Sulfúrico detida no Posto da PRF. Via Dutra, km 4. Jardim América							
1998									
55	23/3	Vazamento de 25 litros de Óleo na pista da Rua voluntários da pátria. Fonte							
		não identificada. Botafogo. Com perda.							
56	29/4	Tombamento de um caminhão carroceria contendo um container com tintas. Ponte							
		Rio-Niterói. Vazamento de 9.000 litros. Com perda.							
1999									
57	11/1	Vazamento de um cilindro contendo Tetracloroeto de Estanho, transportado num							
		caminhão baú. 100 kg. Vigário Geral. Com perda.							
58	22/9	Tombamento de carreta contendo Cimento. Vazamento de Óleo Diesel para a pista da							
		Av. Brasil. Com perda.							

2001									
59	17/1	Tombamento do container de um caminhão contendo carga tóxica, no Cais do Porto. O container transportava pesticida organofosforado.							
60	19/3	Abalroamento de um caminhão com um poste da light, ocasionando a queda de um transformador e vazamento de um óleo, com suspeita de ser ascarel. Parada de Lucas. Com perda.							
61	11/5	Acidente de um caminhão contendo Furfural (1199), que se chocou com uma árvore, ficando o veículo preso. São Cristóvão.							
62	28/5	Abalroamento de caminhão tanque, transportando 30.000 litros de Óleo BPF B1, com carro de passeio. Perda de 10.000 litros do produto. Santíssimo. Com perda.							
63	27/7	Tombamento de carreta transportando Óleo Combustível B1. Final da Av. Brasil, esquina com a Av. João XXIII. Sta. Cruz. Com perda.							
64	25/9	Tombamento de Carreta na Av. Brasil. Barros Filho. Com vazamento de 30.000 litros de Óleo Combustível. Com perda.							
65	30/10	Uma carreta tanque foi fechada por um táxi, causando a ruptura da solda do tanque e provocando o vazamento de querosene de aviação. Aeroporto Santos Dumont. Centro. Com perda.							
2002									
66	25/1	Tombamento de um caminhão tanque, que estava transportando 25.000 litros de combustível. Houve vazamento pelas duas bocas de visita. Perda de 6.500 litros. Av. Brasil, passarela de pedestres nº 23, sentido Centro. Deodoro. Com perda.							
67	22/10	Tombamento de um caminhão tanque, que estava transportando 10.000 litros de Óleo Diesel. Perda de 400 litros. Av. Brasil. Realengo, próximo o Hotel Bariloche. Com Perda.							

2005									
68	15/2	Tombamento de carreta com container transportando Latéx, próximo ao Hospital de Bonsucesso e Mc Donald, na pista lateral da Av. Brasil.							
2007									
69	31/1	Acidente com caminhão transportando Hidróxido de Amônia. Houve vazamento de 580 litros. Na Av. Brasil, sentido zona norte, no bairro de Parada de Lucas. Com perda.							
70	13/5	Tombamento de uma carreta transportando Gás Propeno (1077). Av. Brasil, km 13 em Parada de Lucas.							
71	20/5	Derramamento na ponte Rio-Niterói de gel detergente aniônico biodegradável em alta concentração. Viatura não identificada. O produto se espalhou na pista, as faixas foram isoladas, cobertas com areia e posteriormente foram varridas. Com a chuva houve espalhamento deste gel formando uma grande quantidade de espuma. Com perda.							
72	6/6	Deslocamento de carga dentro de um caminhão baú. O motorista estacionou o veículo e acionou o o Policiamento de Vias Especiais (BPVE). A carga era composta de 1.000 litros Ácido Alquil. Este incidente ocorreu na saída 9B da Linha Amarela, sentido Zona Norte.							
73	11/8	Tombamento de uma carreta transportando Querosene de Avião (1863). Próximo ao Hospital da Ilha do Fundão, na Av. Trompowski. Cidade Universitária. Com perda.							