



Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho"

Programa Interunidades

unesp 

Mestrado

Engenharia Civil e Ambiental

FRANCYELLY GIOVANY CORDEIRO

**MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DE RISCO AMBIENTAL DE ACIDENTES
DE TRÂNSITO ENVOLVENDO PRODUTOS PERIGOSOS USANDO ANÁLISE
MULTICRITÉRIO**

Bauru
2014

FRANCYELLY GIOVANY CORDEIRO

**MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DE RISCO AMBIENTAL DE ACIDENTES
DE TRÂNSITO ENVOLVENDO PRODUTOS PERIGOSOS USANDO ANÁLISE
MULTICRITÉRIO**

Dissertação apresentada como requisito a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Área de Concentração Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. Anna Silvia Palcheco Peixoto

Coorientador: Prof. Dr. Barbara Stolte Bezerra

Bauru

2014

Cordeiro, Francyelly Giovany.
Método para avaliação de risco ambiental de
acidentes de trânsito envolvendo produtos perigosos
usando análise multicritério / Francyelly Giovany
Cordeiro, 2014
189 f.

Orientador: Anna Silvia Palcheco Peixoto
Coorientador: Barbara Stolte Bezerra

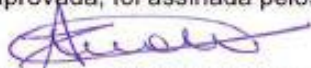
Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2014

1. Gestão do conhecimento. 2. Educação
corporativa. 3. Métricas de gestão. I. Universidade
Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. II.
Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado DE FRANCYELLY GIOVANY CORDEIRO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL, DO(A) FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU.

Aos 11 dias do mês de agosto do ano de 2014, às 15:00 horas, no(a) Anfiteatro da Seção Técnica de Pós-graduação, da Faculdade de Engenharia de Bauru, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Profa. Dra. ANNA SILVIA PALCHECO PEIXOTO do(a) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental/ Faculdade de Engenharia de Bauru, Prof. Dr. ARCHIMEDES AZEVEDO RAIA JUNIOR do(a) Departamento de Engenharia Civil / Universidade Federal de Sao Carlos, Profa. Dra. ROSANE APARECIDA GOMES BATTISTELLE do(a) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental/ Faculdade de Engenharia de Bauru, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE Mestrado de FRANCYELLY GIOVANY CORDEIRO, intitulada "ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA AVALIAÇÃO DE RISCO AMBIENTAL DE ACIDENTES DE TRÂNSITO ENVOLVENDO PRODUTOS PERIGOSOS".

Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: Aprovada. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.



Profa. Dra. ANNA SILVIA PALCHECO PEIXOTO

Prof. Dr. ARCHIMEDES AZEVEDO RAIA JUNIOR



Profa. Dra. ROSANE APARECIDA GOMES BATTISTELLE





UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Bauru

PROPOSTA DE ALTERAÇÃO DO TÍTULO

A BANCA EXAMINADORA PROPÕE A ALTERAÇÃO DO TÍTULO DO TRABALHO DA ALUNA
FRANCYELLY GIOVANY CORDEIRO

DE: "ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA AVALIAÇÃO DE RISCO AMBIENTAL DE ACIDENTES DE
TRÂNSITO ENVOLVENDO PRODUTOS PERIGOSOS"

PARA:

Método para avaliações de risco ambiental
de acidentes de trânsito envolvendo pro-
dutores perigosos usando análise multicritério.

Bauru, 11 de agosto de 2014.

Prof.ª, Dr.ª, Anna Silvia Palcheco Peixoto
Orientadora



Faculdade de Engenharia de Bauru – Pós-graduação
Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01 17033-360 Bauru - SP
tel. (14) 3103-6108 spg@feb.unesp.br www.feb.unesp.br

Dedico aos meus pais Valdemir e Elizabeth, ao meu irmão Marcelo e ao meu namorado Guilherme, sempre presentes nos momentos mais difíceis da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Prof. Dr. Anna Silvia Palcheco Peixoto e a Prof. Dr. Barbara Stolte Bezerra, pela amizade, incentivo, orientação e ensinamentos transmitidos.

À Capes pela concessão de bolsa de estudos, permitindo fazer parte do mestrado com dedicação exclusiva.

À Fapesp pelo apoio financeiro e institucional prestado durante o desenvolvimento deste estudo.

Aos colegas do curso de pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” pela amizade, companheirismo e troca de experiências.

A Prof. Dr. Ilza Machado Kaiser pelo apoio e suas ricas contribuições e correções.

Ao Prof. Dr. Rui António Rodrigues Ramos, que mesmo à distância, colaborou no desenvolvimento da pesquisa.

A todos os especialistas que se dispuseram a responder os questionários.

Aos grandes amigos da CART pela compreensão, companheirismo, apoio e cessão dos dados necessários para darmos continuidade a pesquisa.

Ao meu namorado Guilherme pelo apoio e compreensão.

Aos meus pais, Valdemir e Elizabeth e ao meu irmão Marcelo, por todo afeto, apoio e incentivo.

E por fim, a equipe de meio ambiente da Renuka que não mediram esforços todas as vezes que precisei me ausentar.

*Se eu soubesse que o mundo terminaria
amanhã, hoje ainda plantaria uma árvore.*
(Martin Luther King)

RESUMO

MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DE RISCO AMBIENTAL DE ACIDENTES DE TRÂNSITO ENVOLVENDO PRODUTOS PERIGOSOS USANDO ANÁLISE MULTICRITÉRIO

A preocupação com o transporte rodoviário de produtos perigosos (TRPP) vem aumentando nos últimos anos devido: ao crescente consumo deste tipo de produto, que tem uma relação direta com uma maior movimentação desta carga nas rodovias; a dominância do TRPP sobre outros modos; a crescente urbanização ao longo das rodovias e a utilização de veículos de carga com idade avançada, aumentando a ocorrência e a gravidade dos acidentes. Por esta razão, existe uma demanda por estudos ambientais que avaliem o risco associado com o transporte de produtos perigosos, direcionando ações preventivas e corretivas do setor público e privado a fim de reduzir o risco e minimizar os danos provocados por acidentes com este tipo material. Sendo assim, o objetivo desta pesquisa foi propor uma metodologia para a identificação dos elementos que farão parte para a determinação do risco ambiental no TRPP que poderá ser aplicada em locais distintos, pois as características regionais podem ser bastante diversas influenciando na determinação do risco final. Buscou-se uma nova abordagem para a determinação da vulnerabilidade ambiental, da vulnerabilidade populacional e da probabilidade de acidentes incluindo a análise multicritério para a ponderação e combinação dos critérios. O modelo foi implementado em um Sistema de Informações Geográficas (SIG), para a elaboração do mapa de risco ambiental e identificação dos trechos críticos da rodovia em estudo. Os dados de acidentes com o TRPP foram analisados, para o período de Janeiro de 2012 a Dezembro de 2013, nas rodovias SP 225 e SP 327 no trecho que liga Bauru à Ourinhos. A rodovia SP 225 possui um trecho de alto risco ambiental por ser um local que corta a malha urbana com alta densidade populacional e também por ser cortado pelo Rio Batalha utilizado para captação pública do município de Bauru. Na SP 327 o risco ambiental é baixo, pois a probabilidade de ocorrência de acidentes é menor em relação a SP 225 e também toda a sua extensão é ocupada para uso agropecuário, não identificando áreas ambientalmente sensíveis. Para o caso em estudo, os métodos *rank sum* e comparação par a par mostraram uma análise da situação condizente com as características reais do local onde foi aplicado. Conclui-se que o modelo de risco ambiental de acidentes de trânsito envolvendo produtos perigosos desenvolvido se mostrou uma ferramenta útil para a identificação de áreas com alto risco de acidentes e pode ser utilizado: na orientação em operações de emergências; no direcionamento de medidas para reduzir estes riscos; e/ou orientar a identificação de áreas com maior potencial de risco para que as mesmas não sejam utilizadas como rotas principais. E com isso poderá ser utilizado no direcionamento de ações preventivas e corretivas do setor público e privado para reduzir o risco e minimizar os danos causados pelos acidentes do TRPP.

Palavras-chave: Produtos perigosos, Modelagem de Risco, Avaliação Multicritério, Sistema de Informação Geográfica, Risco Ambiental.

ABSTRACT

METHOD FOR ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT OF TRAFFIC ACCIDENTS INVOLVING HAZARDOUS MATERIALS USING MULTICRITERIA ANALYSIS

Concerns about the road transportation of hazardous materials (RTHM) have been increasing over the last few years mainly due to: the increasing consumption of this kind of goods, which has a direct relation with the increase in road transportation of these goods; the dominance of RTHM over other transport means; the growing urbanization along roads and using old trucks for transportation, increasing the occurrence and severity of accidents. For this reason, there is a demand for environmental studies that assess the risk involved in the transportation of hazardous goods, so that they can lead to preventive and corrective measures from the public and private sectors in order to reduce the risk and minimize damage caused by accidents involving this kind of material. Thus, the goal of this study was to propose a methodology to identify the elements that will influence to determinate the environmental risk in the RTHM, which may be applied for different sites, since the varied regional characteristics influence the determination of the final risk. A new approach will be tried to determinate environmental vulnerability, population vulnerability and the probability of accidents including the multicriteria analysis for weighting and combination of criteria. The model was implemented in a Geographic Information System (GIS), to elaborate the map of environmental risk and to identify the dangerous parts of the road begin studied. The data of accidents with the RTHM was analyzed, for the period between January 2012 and December 2013, on the highways SP 225 and SP 327, in the part that connects Bauru to Ourinhos. The highway SP 225 has a part with high environmental risk, because it is in a place that cuts the urban fabric with a high population density, and also for being crossed by the River Batalha, used in the drinking water abstraction in Bauru sites. On the SP 327 the environmental risk is very low, because the probability to occur accidents is lower than in SP 205, and also all its extension is surrounded by agricultural properties, which do not represent fragile environmental areas. For the case studied, the methods rank sum and pair-to-pair comparison revealed a analysis of the situation that matches the real characteristics of the place where they were applied. It is concluded that the model of environmental risk of road accidents involving hazardous goods is a useful tool to identify areas with high accident risk and can be used for: orienting in emergency operations; implementing measures to reduce these risks; and/or helping to identify areas with higher potential risks, so that these are avoided as main routes. Therefore, these information can be used in preventive and corrective measures from the public and private sectors to reduce risks and minimize consequences of accidents involving THMR.

Keywords: Hazardous goods, Risk Modeling, Multi-criteria Evaluation, Geographic Information System, Environmental Risk.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Identificação painel de segurança e rótulo de risco.	12
Figura 4.2 - Hierarquização da Legislação do transporte rodoviário de produtos perigosos. ..	14
Figura 4.3 - Acidentes de trânsito nas rodovias federais do Brasil (1952-2010).	16
Figura 4.4 - Veículos acidentados nas rodovias federais do Brasil segundo a finalidade do veículo (1957-2010).	17
Figura 4.5 - Distribuição anual das emergências químicas no transporte rodoviário de São Paulo.	18
Figura 4.6 - Emergências químicas 1983-2012 classificadas por atividade geradora.	19
Figura 4.7 - Classes de risco envolvidas nas emergências químicas de 2012 no transporte rodoviário.	20
Figura 4.8 - Perfil de umedecimento do solo durante a infiltração.	23
Figura 4.9 - Estruturação dos critérios nos diferentes níveis.	29
Figura 5.1 - Trecho para o desenvolvimento do estudo.	40
Figura 5.2 - Etapas para adequação do modelo para as necessidades do local.	42
Figura 5.3 - Geração do mapa de risco ambiental.	42
Figura 5.4 - Estruturação hierárquica para determinação da gravidade do risco no TRPP.	50
Figura 5.5 - Estruturação hierárquica para determinação da probabilidade de ocorrência de acidentes no TRPP.	51
Figura 5.6 - Estrutura para aplicação da análise multicritério.	52
Figura 5.7 - Elaboração do mapa de risco ambiental para o TRPP.	54
Figura 6.1 - Distribuição dos pontos críticos no trecho em estudo.	56
Figura 6.2 - Caracterização dos pontos críticos.	57
Figura 6.3 - Mapa uso e ocupação do solo.	65
Figura 6.4 - Mapa textura do solo.	66
Figura 6.5 - Mapa rede de drenagem.	68
Figura 6.6 - Mapa de declividade	70
Figura 6.7 - Mapa áreas protegidas.	71
Figura 6.8 - Mapa densidade populacional.	73
Figura 6.9 - Mapa mancha urbana.	74
Figura 6.10 - Mapa de declividade da rampa.	78
Figura 6.11 - Frequência de ocorrência de acidentes por tipo de acidentes com o TRPP no trecho em estudo durante o período de 2012-2013.	80

Figura 6.12 - Mapa probabilidade de ocorrência de acidentes envolvendo o TRPP	90
Figura 6.13 - Representação geração mapa vulnerabilidade ambiental.....	92
Figura 6.14 - Vulnerabilidade ambiental do uso e ocupação do solo.	93
Figura 6.15 - Vulnerabilidade ambiental da textura do solo.....	95
Figura 6.16 - Vulnerabilidade ambiental da rede de drenagem.	96
Figura 6.17 - Vulnerabilidade ambiental da topografia.	97
Figura 6.18 - Vulnerabilidade ambiental fauna.	99
Figura 6.19 - Vulnerabilidade ambiental vegetação.	100
Figura 6.20 - Vulnerabilidade ambiental da área em estudo.....	101
Figura 6.21 - Representação geração mapa vulnerabilidade populacional.....	102
Figura 6.22 - Vulnerabilidade populacional densidade populacional.....	104
Figura 6.23 - Vulnerabilidade populacional atividade econômica rural.....	105
Figura 6.24 - Vulnerabilidade populacional localização da cidade.	106
Figura 6.25 - Vulnerabilidade populacional da área em estudo.....	108
Figura 6.26 - Mapa gravidade de dano ambiental sub-cenário 1.1.....	110
Figura 6.27 - Mapa gravidade de dano ambiental sub-cenário 1.2.....	111
Figura 6.28 - Mapa gravidade de dano ambiental sub-cenário 2.1.....	113
Figura 6.29 - Mapa gravidade de dano ambiental sub-cenário 2.2.....	114
Figura 6.30 - Mapa de risco ambiental de acidentes envolvendo o TRPP sub-cenário 1.2...	116
Figura 6.31 - Mapa de risco ambiental de acidentes envolvendo o TRPP sub-cenário 2.2...	118

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Classificação de produtos perigosos.	10
Tabela 4.2 - Intensidade do risco.....	11
Tabela 4.3 - Escala de comparação utilizada na comparação par a par.....	30
Tabela 4.4 - Exemplo matriz de comparação par a par.	31
Tabela 4.5 - Exemplo normalização matriz de comparação par a par.....	31
Tabela 4.6 - Cálculo do máximo <i>eigenvalue</i>	32
Tabela 4.7 - Tabela de índices de aleatoriedade (RI).	33
Tabela 5.1 - Valores atribuídos ao perigo por tipo de acidente.....	46
Tabela 5.2 - Interpretação dos valores de G, P _{TRPP} e R.	48
Tabela 5.3 - Critérios listados para a realização do painel de especialistas.	49
Tabela 5.4 - Informações coletadas para a análise do risco ambiental envolvendo TRPP.....	53
Tabela 6.1 - Identificação dos pontos selecionados para estudo.	57
Tabela 6.2 - Elementos contidos no formulário painel de especialista.	59
Tabela 6.3 - Contribuição dos elementos populacionais primeiro painel de especialistas.....	60
Tabela 6.4 - Contribuição dos elementos rodoviários primeiro painel de especialistas.....	60
Tabela 6.5 - Contribuição dos elementos ambientais primeiro painel de especialistas.....	61
Tabela 6.6 - Peso dos critérios para determinação da probabilidade de acidentes envolvendo TRPP.....	62
Tabela 6.7 - Peso dos critérios para determinação da gravidade do dano.	63
Tabela 6.8 - Identificação recursos hídricos identificados.	69
Tabela 6.9 - Serviços e instalações de apoio na SP 225.....	75
Tabela 6.10 - Obras de arte especiais na SP 225.....	76
Tabela 6.11 - Serviços e instalações de apoio na SP 327.....	77
Tabela 6.12 - Obras de arte especiais na SP 327.....	77
Tabela 6.13 - Acidentes envolvendo o TRPP no trecho em estudo durante o período de 2012-2013.	79
Tabela 6.14 - Número e frequência de acidentes por classe ocorridos no trecho em estudo durante o período de 2012-2013.....	80
Tabela 6.15 - Taxa de acidentes de acidentes envolvendo o TRPP para o caso em estudo.	81
Tabela 6.16 - Probabilidade de ocorrência de acidentes envolvendo o TRPP na SP 225.	82
Tabela 6.17 - Probabilidade de ocorrência de acidentes envolvendo o TRPP na SP 327.....	88
Tabela 6.18 - Cenários simulação modelo de risco para determinação da gravidade de dano ambiental.	109

LISTA DE SIGLAS OU ABREVIATURAS

ABIQUIM	Associação Brasileira da Indústria Química
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AHP	<i>Analytic Hierachy Process</i>
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APA	Área de Preservação Permanente
APP	Área de Preservação Permanente
BTEX	Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno
CART	Concessionária Auto Raposo Tavares
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNT	Confederação Nacional do Transporte
COMEX	Comércio Exterior
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNAPL	<i>Dense Nonaqueous Phase Liquid</i>
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EEC	Estação Ecológica
EEX	Estação Experimental
FE	Floresta Estadual
GHS	<i>Global Harmonization System</i>
GITTA	Geographic Information Technology Training Alliance
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ISDR	<i>International Strategy for Disaster Reduction</i>
ITS	<i>Intelligent Transport System</i>
LNAPL	<i>Light Nonaqueous Phase Liquid</i>
MCDA	<i>Multiple Criteria Decision Aid</i>
MJ	Ministério da Justiça

MMA	Ministério do Meio Ambiente
MTE	Ministério do Meio Ambiente
NAPL	<i>Nonaqueous Phase Liquid</i>
NBR	Norma Brasileira
Nº	Número
ONU	Organização das Nações Unidas
OWA	Order Weighted Average
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SP	São Paulo
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
TIN	<i>Triangular Irregular Networks</i>
TRPP	Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos
UC	Unidade de Conservação
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe.
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
UTM	<i>Universal Transversa de Mercator</i>
VDM	Volume Diário Médio de Tráfego
WLC	<i>Weighted Linear Combination</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

$\mu[R]$	Média dos <i>scores</i>
$\sigma[R]$	Desvio padrão
α_1	Peso de contribuição do dano inerente
α_2	Peso de contribuição da vulnerabilidade ambiental
α_3	Peso de contribuição da vulnerabilidade populacional
CI	<i>Consistency Index</i>
CR	<i>Consistency Ratio</i>
DH	Distância horizontal
DV	Desnível vertical
E	Extensão do trecho em estudo
G	Gravidade do dano
H _{GO}	Oxidação
H _{hg}	Potencial de dano inerente ao produto
H _I	Flamabilidade do produto
H _R	Tendência a reagir
H _T	Toxicidade/corrosividade
IA	Índice de Acidentes
m	Multiplicador arbitrário (intervalo de estudo)
n	Número de critérios
N	Número de acidentes
P	Probabilidade de ocorrência acidentes
P_e	Perigo envolvido no acidente
P_{est}	Período de estudo
P_{TRPP}	Probabilidade de um acidente envolvendo um veículo que transporta produtos perigosos
R	Risco
R_i	<i>Score</i> bruto
RI	<i>Random Index</i>
r_j	Ordem do critério j
R_{max}	<i>Score</i> máximo
R_{min}	<i>Score</i> mínimo

SAI	Combinação de critérios rodoviários
S_{VE}	Combinação de critérios ambientais
S_{VH}	Combinação de critérios populacionais
T_a	Taxa de Acidentes
VDM_{TRPP}	Volume diário médio de veículos que transportam produtos perigosos
V_E	Vulnerabilidade Ambiental
V_H	Vulnerabilidade Populacional
w_j	Peso normalizado do critério j
λ_{max}	<i>Eigenvalue</i>

SUMÁRIO

RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
LISTA DE FIGURAS.....	xvii
LISTA DE TABELAS.....	xix
LISTA DE SIGLAS OU ABREVIATURAS.....	xxi
LISTA DE SÍMBOLOS.....	xxiii
SUMÁRIO.....	xxv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	5
2.1 OBJETIVO GERAL	5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
3 JUSTIFICATIVA	7
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
4.1 PRODUTOS PERIGOSOS E TRANSPORTE RODOVIÁRIO.....	9
4.1.1 Classificação	9
4.1.2 Rotulagem.....	11
4.1.3 Normatização referente ao transporte rodoviário de produtos perigosos	12
4.2 PANORAMA ATUAL DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS PERIGOSOS	14
4.3 IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS AOS ACIDENTES COM TRANSPORTE DE PRODUTOS PERIGOSOS.....	19
4.3.1 Contenção dos riscos e descontaminação dos meios.....	21
4.4 FLUXO DE CONTAMINANTES.....	21
4.5 INFILTRAÇÃO.....	23
4.5.1 Fatores que influenciam no processo de infiltração da água no solo	24
4.6 ANÁLISE DO RISCO NO TRANSPORTE DE PRODUTOS PERIGOSOS	25
4.6.1 Modelo conceitual de risco.....	26
4.7 ANÁLISE MULTICRITÉRIO	28
4.7.1 Avaliação dos pesos.....	29
4.7.2 Normalização dos critérios	35

4.7.3	Combinação dos critérios	36
4.8	FERRAMENTA SIG PARA O PLANEJAMENTO DE RISCO	36
4.8.1	Planejamento ambiental	36
4.8.2	Ferramenta SIG	37
5	METODOLOGIA	39
5.1	MATERIAIS	39
5.1.1	Características da rodovia	39
5.1.2	Acidentes no TRPP	41
5.1.3	Mapas	41
5.2	MÉTODO.....	41
5.2.1	Etapa 1 - Modelagem do Risco	43
5.2.2	Etapa 2 - Análise multicritério	49
5.2.3	Etapa 3 - Caracterização da área de estudo	52
5.2.4	Etapa 4 - Coleta de dados.....	52
5.2.5	Etapa 5 - Preparo de mapas básicos	53
5.2.6	Etapa 6 - Mapeamento do risco utilizando a ferramenta SIG	53
6	RESULTADOS.....	55
6.1	DESENVOLVIMENTO DO MODELO DO RISCO.....	55
6.2	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	56
6.3	IDENTIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS PARA A DETERMINAÇÃO DO RISCO ..	58
6.4	PESOS DOS CRITÉRIOS PARA DETERMINAÇÃO DO RISCO AMBIENTAL....	62
6.5	MAPAS BÁSICOS	64
6.5.1	Uso e ocupação do solo.....	64
6.5.2	Textura do solo.....	65
6.5.3	Hidrografia	67
6.5.4	Topografia	69
6.5.5	Áreas protegidas.....	71
6.5.6	Densidade populacional e mancha urbana	72
6.6	DESCRIÇÃO DAS RODOVIAS QUE COMPÕEM O TRECHO EM ESTUDO	75
6.6.1	Declividade da rampa.....	77
6.7	OCORRÊNCIA E CARACTERÍSTICAS DOS ACIDENTES COM TRPP NO TRECHO EM ESTUDO	79
6.8	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE ACIDENTES COM O TRPP.....	81

6.9 GRAVIDADE DO DANO.....	91
6.9.1 Dano inerente do produto	91
6.9.2 Perigo.....	92
6.9.3 Estimativa da vulnerabilidade ambiental.....	92
6.9.4 Estimativa da vulnerabilidade populacional.....	102
6.9.5 Mapa de gravidade de dano ambiental	108
6.10 RISCO AMBIENTAL DE ACIDENTE DE TRÂNSITO ENVOLVENDO O TRPP	115
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	121
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
ANEXO.....	133

1 INTRODUÇÃO

São considerados produtos perigosos todos os produtos de origem química, biológica ou radiológica que apresentam um risco ao meio ambiente e à saúde humana, em caso de vazamento. No entanto, apesar destes produtos serem potencialmente prejudiciais, são essenciais para as indústrias comerciais, agrícolas e de serviços. Além disso, a indústria química é um dos mais importantes e dinâmicos setores da economia brasileira, com um potencial de investimentos da ordem de US\$ 167 bilhões, no período entre 2010 e 2020 devido às oportunidades oferecidas pela exploração do pré-sal (ABIQUIM, 2009).

Concomitante, a preocupação com o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos (TRPP) vem aumentando nos últimos anos devido ao crescente consumo deste tipo de produto, que tem uma relação direta com uma maior movimentação desta carga nas rodovias e à dominância do TRPP sobre outros modos. No Brasil esse modal corresponde a 63% do transporte de produtos perigosos (CETESB, 2005), enquanto que nos Estados Unidos mais de 90% do transporte de produtos perigosos são feitos pelo modal rodoviário e em Portugal este percentual é de apenas 10% (COSTA, 2001 e PANWHAR et al., 2000). Outros fatores de preocupação no Brasil são a crescente urbanização ao longo das rodovias e a utilização de veículos de carga com idade avançada, aumentando a ocorrência e a gravidade dos acidentes (NARDOCCI e LEAL, 2006), o que torna o tráfego de produtos perigosos um risco crescente para a sociedade e para o ambiente. De acordo com Ferraz et al. (2008) os acidentes de trânsito acontecem, em geral, por uma convergência de fatores de riscos associados ao ser humano, à via, aos veículos e ao meio ambiente.

Devido às características físico-químicas destes produtos perigosos, qualquer acidente apresenta sérios riscos, podendo causar simultaneamente múltiplos danos ao meio ambiente e à saúde dos seres humanos expostos, levando em alguns casos décadas para a sua recuperação. Assim, as empresas e o poder público direcionam ações preventivas e corretivas a fim de reduzir o risco e minimizar os danos provocados por acidentes com este tipo de material. Adicionalmente os acidentes envolvendo este tipo de material podem causar impactos ambientais não previstos, principalmente durante o seu transporte, uma vez que a

carga passa a ser exposta a variáveis imprevisíveis, que não são consideradas nas ações preventivas e corretivas, tais como as condições climáticas e o estado físico e mental do motorista.

Dados da CETESB (2013) revelam que o TRPP é a principal atividade geradora de emergências químicas, gerando nos últimos 11 anos 2.529 ocorrências, sendo que somente em 2012 foram registrados 236 casos, ocorridos principalmente no interior de São Paulo, o qual foi responsável por 64,8% das ocorrências.

Neste contexto, é fundamental o desenvolvimento de metodologias que permitam a identificação de áreas com alto risco de acidentes, para que possam ser designadas medidas que reduzam estes riscos ou auxiliem na escolha de rotas mais apropriadas. Através do mapeamento do risco de TRPP pode-se, por exemplo, realizar uma melhor realocação dos postos de emergência buscando a otimização do atendimento, diminuindo assim o tempo de resposta e consequentemente minimizando a magnitude e a abrangência do impacto, além de permitir a identificação de problemas com a própria infraestrutura viária, como por exemplo, raio de curva ou inclinação.

Na região de estudo, trecho Bauru à Ourinhos, o transporte rodoviário de produtos perigosos é relativamente alto, pois estas rodovias permitem o escoamento da produção do Mato Grosso do Sul e do norte do Paraná em direção à região metropolitana de São Paulo e o Porto de Santos, sendo o etanol o principal produto transportado, chegando a cerca de 90% do produto transportado pelo trecho em estudo. Entre os anos de 2010 a 2014, no trecho em estudo, todos os acidentes registrados não tiveram o vazamento do produto transportado reduzindo a gravidade do dano, no entanto, na região em estudo ocorreram vários acidentes com o TRPP que causaram problemas ambientais graves.

Um exemplo ocorreu em março de 2010 na altura do km 459 da Rodovia Marechal Rondon - SP-300, no município de Promissão, interior de São Paulo, quando um acidente envolvendo um caminhão que transportava 13.800 quilos de produtos de limpeza tombou no Córrego Bonsucesso, ao lado da pista. Parte das embalagens dos produtos de limpeza se rompeu formando uma espuma por cerca de três quilômetros do córrego e causou a morte de muitos espécimes menores de peixes, como lambaris e bagres.

Outra ocorrência foi em março de 2011 no km 274 + 350 m, da Rodovia BR 153, município de Marília, interior de São Paulo, quando aproximadamente 15 toneladas de gordura escorreram pelo acostamento da rodovia sendo necessária a raspagem do solo para remoção da gordura.

Mais recentemente, em julho de 2014 um caminhão carregado com óleo vegetal tombou próximo ao município de Itápolis, interior de São Paulo, na vicinal SP 333. O caminhão carregava 35 mil litros de óleo vegetal em seus dois tanques conjugados e aproximadamente um terço da quantidade total vazou e atingiu o córrego São Pedro.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo desta pesquisa é o desenvolvimento de uma modelagem matemática para a análise de risco ambiental de acidentes de trânsito que envolva o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos (TRPP) em função da vulnerabilidade ambiental e populacional, do tipo de produto transportado, do cenário e da probabilidade de acidentes.

2.2 Objetivos específicos

- 1- Integrar a avaliação multicritério para a identificação dos elementos que farão parte para a determinação do risco ambiental no TRPP.
- 2- Realizar um estudo de caso para verificar a validade da metodologia desenvolvida através da simulação do modelo com o uso de um Sistema de Informação Geográfica (SIG).
- 3- Criar o mapa de risco ambiental para identificação das áreas críticas para o TRPP no trecho que liga Bauru à Ourinhos (SP 225, km 235 ao km 317 e SP 327, km 0 ao km 32).

3 JUSTIFICATIVA

No Brasil existem poucos procedimentos estabelecidos para a elaboração do mapeamento de risco ambiental dos acidentes de trânsito envolvendo o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos (TRPP). Um exemplo é o estudo para o município de Campinas-SP, fundamentado na probabilidade de ocorrência do acidente e na gravidade do dano ambiental, porém não foi realizada a análise multicritério para verificar quais os elementos seriam prioritários para a determinação do risco (PEDRO, 2006), limitando o modelo caso aplicado em locais com características distintas.

Devido à inexistência destes procedimentos, os planos de emergência consistem apenas na contenção do produto em função de suas peculiaridades intrínsecas, sendo muitas vezes ineficazes, pois a estrutura de combate deveria ser elaborada principalmente em função das características ambientais do local do acidente.

Existem na literatura vários trabalhos abordando análise de risco de TRPP de forma tradicional, sendo o risco determinado pela probabilidade de acidentes e a média da população exposta (FABIANO et al., 2002; KARA E VERTER, 2004; CAROTENUTO et al., 2005; BONVICINI e SPADONI, 2008 e NATHANAIL et al., 2010). Contudo, poucos se preocupam com a análise de risco ambiental de TRPP, como Lepofsky et al. (1993) e Martínez-Alegría et al. (2003) e Tixier et al. (2006).

Outro fato relevante é que na literatura pesquisada não há concordância em relação à ponderação dos critérios e elementos que constituirão a vulnerabilidade ambiental. Sendo assim, a presente pesquisa propõe uma metodologia utilizando um modelo para a identificação dos elementos que farão parte para a determinação do risco ambiental no TRPP que poderá ser aplicada em locais distintos, uma vez que as características regionais podem ser bastante diversas influenciando na determinação do risco final. Dessa forma, é proposto um procedimento metodológico para a determinação da vulnerabilidade ambiental, da vulnerabilidade populacional e da probabilidade de acidentes através da identificação e

ponderação dos elementos ambientais, populacionais e rodoviários utilizando-se um painel de especialistas e análise multicritério.

O resultado final desta pesquisa é o estabelecimento de um modelo para obtenção de risco ambiental de acidentes de trânsito envolvendo TRPP, com a finalidade de criar um mapa de risco ambiental em um SIG. O mapa de risco ambiental é uma ferramenta útil para a identificação de áreas com alto risco de acidentes e pode ser utilizado: na orientação em operações de emergências; no direcionamento de medidas para reduzir estes riscos; ou orientar a identificação de áreas com maior potencial de risco para que as mesmas não sejam utilizadas como rotas principais. E com isso poderá ser utilizado no direcionamento de ações preventivas e corretivas do setor público e privado para reduzir o risco e minimizar os danos causados pelos acidentes do TRPP.

Finalmente é esperada uma contribuição para o aperfeiçoamento dos procedimentos de controle e contenção dos impactos causados pelos acidentes com produtos perigosos para auxiliar as operações de emergência

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 PRODUTOS PERIGOSOS E TRANSPORTE RODOVIÁRIO

Produto perigoso, de acordo com a Resolução ANTT nº 420/04, é toda substância que, devido suas características físico-químicas, representa risco para a saúde humana, segurança pública ou meio ambiente. A Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT - NBR 7500 define como perigo a propriedade de uma substância em causar danos potenciais à vida, à propriedade ou ao meio ambiente (ABNT, 2013).

Internacionalmente são considerados produtos perigosos aqueles listados no *United Nations Recommendations on the Transport of Dangerous Goods*, conhecido como *Orange Book*. Neste livro, desenvolvido pela Organização das Nações Unidas (ONU), são confrontadas as regulamentações internacionais com as nacionais e do Mercosul visando a harmonização para classificação e rotulagem de produtos químicos, *Global Harmonization System* (GHS). O documento estabelece as exigências para o transporte de produtos perigosos, servindo de referência para a elaboração de legislações em diversos países (UNECE, 2013).

4.1.1 Classificação

A classificação de um produto perigoso para o transporte deve ser feita com base nas características físico-químicas do produto, sendo responsabilidade do fabricante ou do expedidor orientado pelo fabricante alocá-lo numa das classes ou subclasses descritas na Resolução ANTT nº 420 (ANTT, 2004). A classificação das nove classes de risco possíveis é descrita na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Classificação de produtos perigosos.

Classe de risco	
Classe	Substância ou artigo
1	Explosivos
	Gases, com as seguintes subclasses:
2	2.1 - Gases inflamáveis, 2.2 - Gases não inflamáveis e não tóxicos, 2.3 - Gases tóxicos.
3	Líquidos inflamáveis
	(Classe subdividida em):
4	4.1 - Sólidos inflamáveis, 4.2 - Substâncias sujeitas à combustão espontânea, 4.3 - Substâncias que, em contato com água, emitem gases inflamáveis.
	(Classe subdividida em):
5	5.1 - Substâncias oxidantes, 5.2 - Peróxidos orgânicos.
	(Classe subdividida em):
6	6.1 - Substâncias tóxicas, 6.2 - Substâncias infectantes.
7	Material radioativo
8	Substâncias corrosivas
9	Substâncias e artigos perigosos diversos

Fonte: ANTT (2004).

A ordem numérica das classes não corresponde ao grau de risco, apenas indica o tipo de risco do produto transportado.

O número de risco indica o tipo e a intensidade do risco, é formado por dois ou três algarismos. A importância do risco é registrada da esquerda para a direita, o que permite determinar imediatamente o risco principal (primeiro algarismo) e os riscos subsidiários do produto (segundo e terceiro algarismos).

A repetição de um número indica aumento na intensidade do risco específico, o zero indica a ausência de riscos secundários e o “x” indica que a substância reage com a água, conforme apresentado na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Intensidade do risco.

Número de risco	
Algarismo	Significado
2	Desprendimento de gás devido à pressão ou a reação química
3	Inflamabilidade de líquidos (vapores) e gases ou líquido sujeito ao autoaquecimento
4	Inflamabilidade de sólidos ou sólidos sujeitos ao autoaquecimento
5	Efeito oxidante (intensifica o fogo)
6	Toxicidade ou risco de infecção
7	Radioatividade
8	Corrosividade
9	Risco de violenta reação espontânea
x	A substância reage perigosamente com água (utilizado como prefixo do código numérico)

Fonte: ANTT (2004).

Como exemplo para a identificação do número de risco foram propostas algumas combinações com seus respectivos significados: 20 (Gás inerte), 33 (Líquido muito inflamável), 423 (Sólido que reage com água desprendendo gases inflamáveis) e x80 (Produto corrosivo que reage perigosamente com água).

4.1.2 Rotulagem

De acordo com o Decreto nº 96.044/88, para a segurança e eficiência dos procedimentos em caso de emergência, os veículos e equipamentos utilizados para transporte de produtos perigosos devem conter rótulos de risco e painéis de segurança que possibilitem a identificação do produto transportado e o reconhecimento dos riscos envolvidos (BRASIL, 1988).

Os rótulos de risco devem ter a forma de um losango e conter o símbolo de indicação do risco, o número da classe ou subclasse de risco e o texto indicativo da natureza do risco. O painel de segurança deve conter o número de risco e o número da ONU, conforme apresentado na Figura 4.1.

O número da ONU é um número atribuído para cada produto perigoso, composto por quatro algarismos, cuja função é identificar o produto transportado.

Figura 4.1 - Identificação painel de segurança e rótulo de risco.



Os rótulos de risco e os painéis de segurança devem ser fixados na frente, na traseira e nas laterais de cada tanque/*container* de acordo com o descrito na ABNT NBR 7500, devendo ser identificados todos os produtos perigosos transportados (ABNT, 2013).

4.1.3 Normatização referente ao transporte rodoviário de produtos perigosos

A legislação brasileira destinada ao controle do transporte terrestre de produtos perigosos desenvolveu-se ao longo dos anos, buscando um controle rígido desta movimentação, a fim de preservar o meio ambiente e a saúde humana.

O TRPP por vias públicas foi instituído no país através do Decreto nº 2.063 em 6 de outubro de 1983 que estabeleceu as multas a serem aplicadas por infrações à regulamentação do transporte rodoviário de produtos perigosos disposto no mesmo. Posteriormente, foi publicado o Decreto nº 96.044 em 18 de maio de 1988 que aprovava o Regulamento para Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos. O decreto especificava as condições dos equipamentos e do veículo de transporte, a documentação e sinalização necessária, a capacitação dos condutores entre outras ações para garantir a segurança e eficiência dos procedimentos em caso de emergência (BRASIL, 1988).

Em 2001 ocorreu uma reestruturação no setor federal de transporte com a Lei nº 10.233, sendo criado a Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT), responsável por regulamentar o transporte de cargas e produtos perigosos em rodovias e ferrovias e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), responsável por

implementar a política formulada para a administração da infraestrutura do Sistema Federal de Viação (BRASIL, 2001).

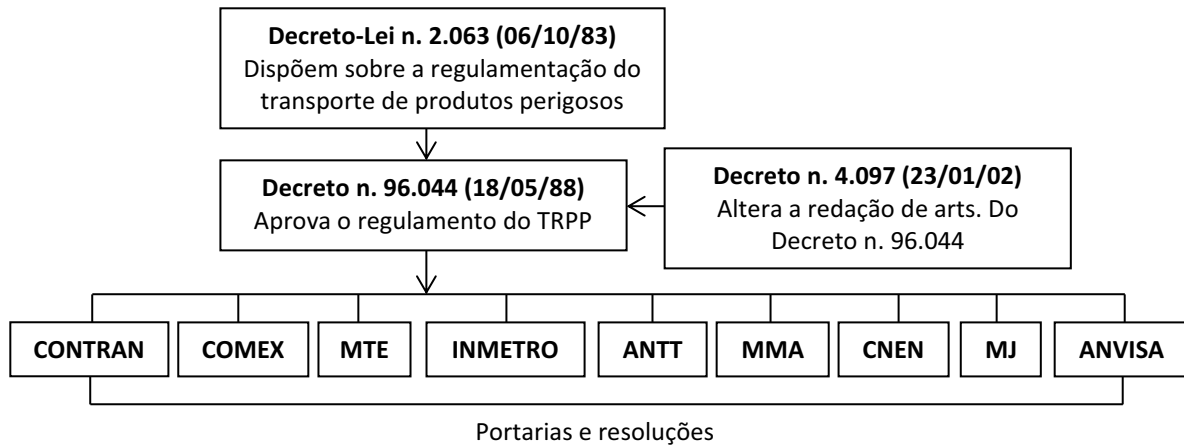
Em 2004, a ANTT através da Resolução nº 420 instruções complementares ao Regulamento para Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos, estabeleceu a classificação e simbologia a ser utilizada para o transporte terrestre de produtos perigosos.

A Resolução nº 420/04 foi alterada pela ANTT, Resolução nº 701, de 25 de agosto de 2004, e posteriormente pelas Resoluções nº 2.657/08 e nº 2.975/08. Mais recentemente, o anexo da Resolução nº 420/04 foi alterado pela Resolução nº 3.763, de 26 de janeiro de 2012, sendo aprovadas algumas instruções que complementam o Regulamento para o TRPP.

Para a uniforme e generalizada aplicação destas normatizações, o Ministério dos Transportes conta com as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e com as certificações do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). A ABNT dispõe de normas específicas para o transporte terrestre de produtos perigosos e o INMETRO é responsável por atestar a adequação dos veículos e equipamentos ao transporte de produto perigoso.

Na Figura 4.2 é representado um diagrama com hierarquização da legislação do transporte rodoviário de produtos perigosos, em que é ilustrada a situação atual da legislação referente ao TRPP, sendo as portarias e resoluções de extrema importância para o detalhamento específico das Leis buscando melhor compreensão do tema abordado. Os principais órgãos responsáveis por redigir as portarias e resoluções relacionadas ao TRPP são: Comércio Exterior (COMEX), Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Ministério da Justiça (MJ), Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT), Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN).

Figura 4.2 - Hierarquização da Legislação do transporte rodoviário de produtos perigosos.



Fonte: Adaptado de David (2007).

4.2 PANORAMA ATUAL DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS PERIGOSOS

Dados levantados pelo Relatório Anual da Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM) mostram que os produtos químicos são importantes nas cadeias produtivas do país, sendo base de todas as atividades industriais, comerciais, agrícolas e de serviços, originando a necessidade de se transportar estes produtos de um local para o outro (ABIQUIM, 2009).

Em alguns casos as necessidades do transporte aliado à falta de infraestrutura em outros modais como dutos, ferrovias e hidrovias e o baixo custo do combustível, têm estimulado a movimentação desta mercadoria pelo modal rodoviário.

Em Portugal, 10% da totalidade de mercadorias transportadas nas rodovias correspondem aos produtos perigosos, enquanto que nos Estados Unidos mais de 90% do transporte de produtos perigosos são feitos por meio de caminhões (COSTA, 2001 e PANWHAR et al., 2000).

No Brasil, a malha rodoviária é responsável por 63% do transporte de produtos perigosos (CETESB, 2005) e as ocorrências de acidentes são crescentes.

De acordo com Ferraz et al. (2008) os acidentes de trânsito acontecem, em geral, por uma convergência de fatores de riscos associados ao ser humano, à via, aos veículos e ao meio ambiente, sendo as principais causas associadas a formação inadequada do condutor, uso de substâncias ilícitas, excesso de carga de trabalho, utilização de frotas velhas sem

manutenção, projetos geométricos da via inadequados e sem manutenção e fiscalização praticamente ausente contribuindo para a ocorrência de acidentes.

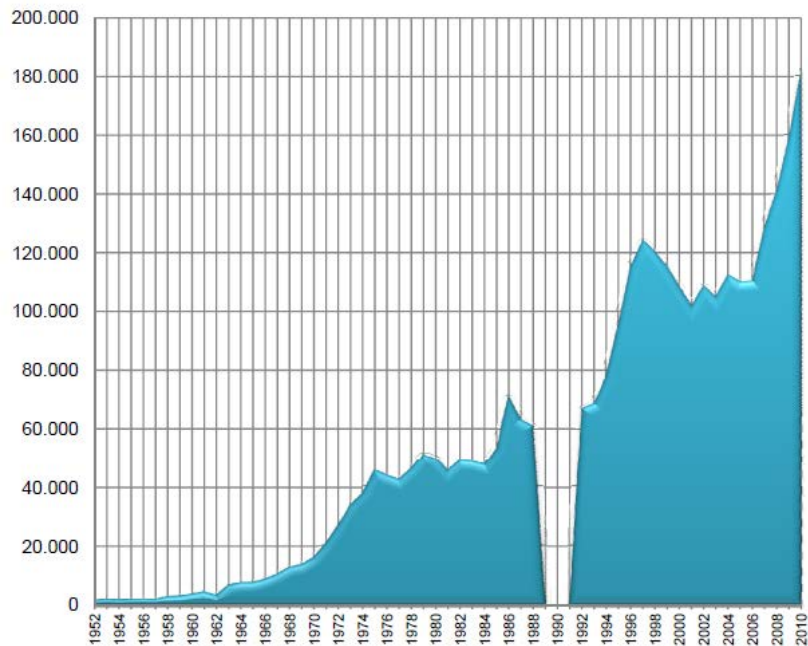
Um estudo realizado por Oliveira et al. (2013) nas rodovias Fernão Dias, Presidente Dutra e Cônego Domênico Rangoni demonstrou que a classe dos motoristas profissionais de caminhão tem estado susceptível ao uso de substâncias ilícitas, sendo que 7% dos participantes haviam feito uso recente de substâncias ilícitas, dos quais 2,7% haviam usado anfetaminas. Outro estudo realizado por Takitane et al. (2013) próximo a região de estudo, nas rodovias Régis Bittencourt e Transbrasiliana, indicou que 10,8% dos motoristas fizeram o uso de anfetamina, justificando o uso pela necessidade de ficar acordado a fim de cumprir os prazos de entrega da carga transportada.

Mello (2013) afirma que longas jornadas de trabalho causam aumento de fadiga, perda de reflexos, fadiga física, sonolência, aumento da irritabilidade, entre outros. No Brasil, dirigir com sono tem sido o responsável por uma grande percentagem de acidentes de trânsito e dado este problema atualmente os motoristas profissionais, ou seja, os motoristas das categorias C, D e E precisam realizar exames médicos e psicológicos incluindo o exame para Avaliação da apnéia obstrutiva do sono para identificação de distúrbios do sono (CLIN, 2009).

Aliado aos riscos associados ao ser humano tem-se a idade avançada da frota de caminhões no Brasil, de acordo com uma entrevista do senador Clésio Andrade, presidente da CNT, uma frota antiga traz problemas relacionados à segurança, à mobilidade, às operações, ao meio ambiente e à economia, e de acordo com dados da ANTT, quase 400 mil caminhões têm idade superior a 20 anos de uso, sendo a idade média da frota nacional de 16 anos. Diante dos problemas tem se verificado o surgimento de programas de incentivo para renovação da frota, como o Programa de Incentivo à Renovação da Frota de Caminhões, implantado pela Desenvolve SP (Agência de Desenvolvimento do Governo do Estado) que permite que os transportadores financiem integralmente a compra de novos veículos sem cobrança de juros em até oito anos (CNT, 2013).

A Figura 4.3 indica as tendências de aumento do número de acidentes de trânsito ao decorrer dos anos o que torna a matriz de transporte rodoviária brasileira equivocada, caso contrário o número de acidentes seria bem menor.

Figura 4.3 - Acidentes de trânsito nas rodovias federais do Brasil (1952-2010).

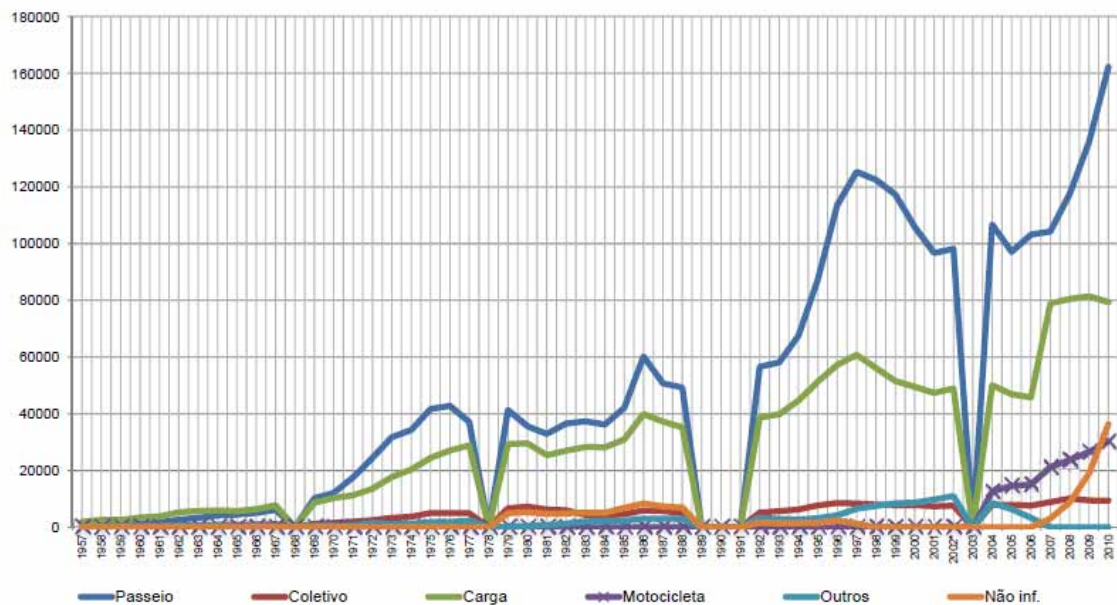


Fonte: DNIT (2011).

Como verificado na Figura 4.3 o número de ocorrências registradas de acidentes de trânsito nas rodovias federais do Brasil entre os anos de 2008 e 2010 quase que duplicaram. Devido à indisponibilidade de dados, verifica-se que entre os anos de 1989 a 1991 não foram registrados acidentes de trânsito, tal fato não foi mencionado e explicado no Anuário Estatístico das Rodovias Federais (DNIT, 2011).

Diante dos números de acidentes registrados verifica-se expressiva participação de veículos de carga, como mostrado na Figura 4.4. Somente o estado de São Paulo possui cerca de 33.000 km de rodovias pavimentadas, por onde transitam milhares de veículos transportando produtos perigosos diariamente e, por este motivo, essa atividade costuma registrar anualmente o maior número de emergências químicas (CETESB, 2005).

Figura 4.4 - Veículos acidentados nas rodovias federais do Brasil segundo a finalidade do veículo (1957-2010).

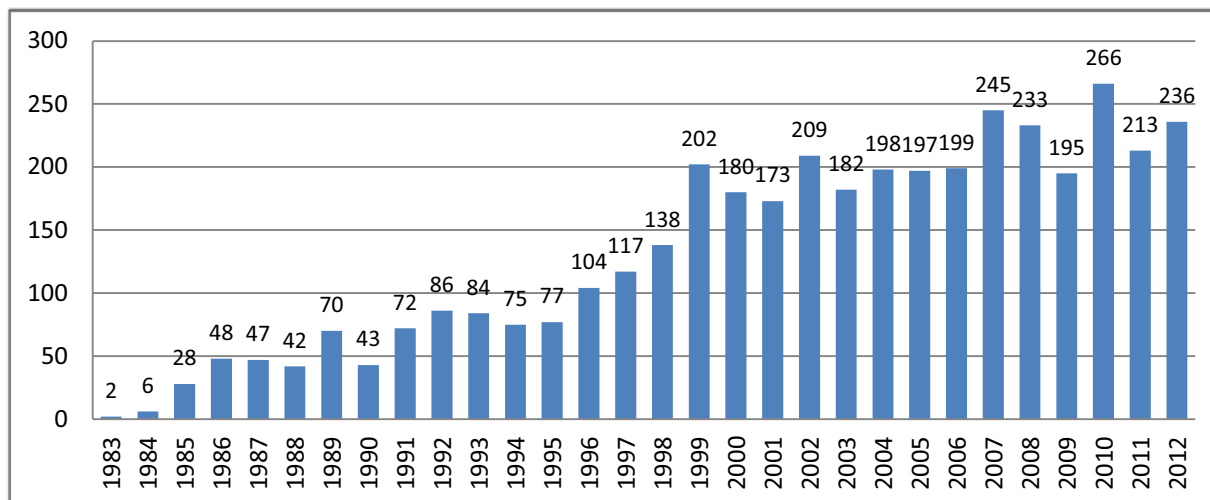


Fonte: DNIT (2011).

Levantamentos realizados pelo DNIT indicam que 57,4% das rodovias estão em condições desfavoráveis, das quais 26,9% estão em situação crítica, causando o aumento das ocorrências de acidentes (DNIT, 2011). O Relatório Estatístico das Rodovias Federais revela que os acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras vêm aumentando nos últimos anos (DNIT, 2011), e as principais causas dos acidentes com TRPP são: tombamentos (21,4%), seguidos de choque/ colisão (16,2%), falha operacional (4,4%) e falha mecânica (4,2%) (CETESB, 2013).

Acompanhando o crescimento dos acidentes rodoviários apontados pelo DNIT, há também uma elevação no número de atendimentos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) aos acidentes envolvendo o transporte rodoviário de cargas perigosas nas rodovias do estado de São Paulo, como mostrado na Figura 4.5.

Figura 4.5 - Distribuição anual das emergências químicas no transporte rodoviário de São Paulo.



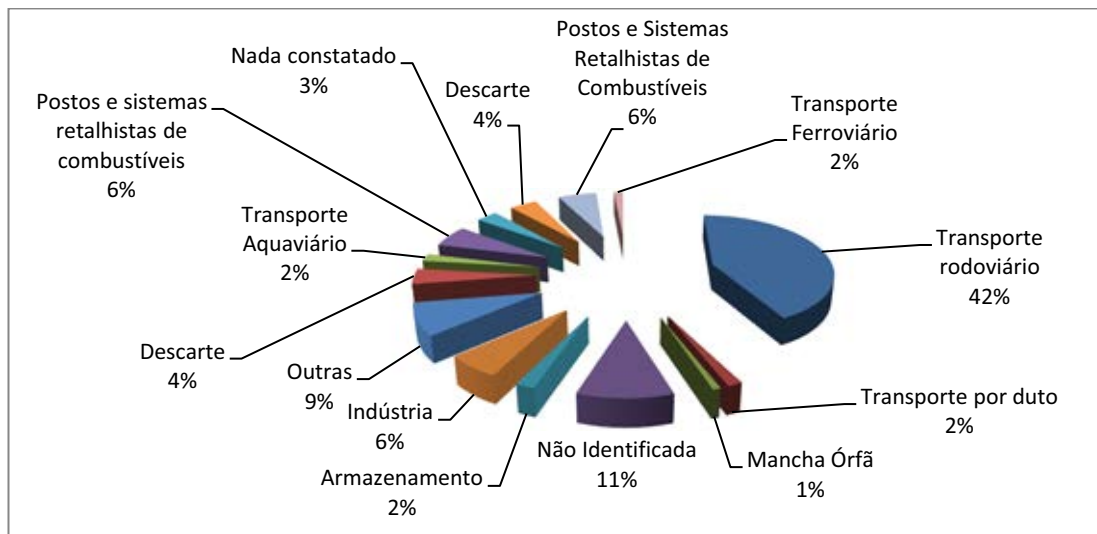
Fonte: Adaptado CETESB (2011) e CETESB (2013).

De acordo com levantamentos feitos pela CETESB, de 2000 até 2012 foram registrados um total de 6.446 acidentes ambientais envolvendo produtos perigosos, sendo o modal rodoviário de transporte de produtos perigosos o responsável por 2.726 casos, ou seja, 42% do total de ocorrências atendidas, como mostrado na Figura 4.6 (CETESB, 2013).

Ressalta-se que somente em 2012 foram registrados 236 acidentes ambientais envolvendo o TRPP, sendo o interior de São Paulo responsável por 64,8% dos acidentes, seguido pela região metropolitana com 20,8% e o litoral com 14,4% (CETESB, 2013).

Sendo assim, com a intensificação da movimentação de veículos transportando produtos perigosos, surge um crescente anseio, por parte das pessoas físicas ou jurídicas em realizar o gerenciamento dos riscos no TRPP, pois de acordo com a Política Nacional do Meio Ambiente, qualquer pessoa que, direta ou indiretamente, causar degradação ambiental, independentemente de culpa, adotando-se para o caso a teoria da responsabilidade objetiva, tem o dever de responder pelo dano.

Figura 4.6 - Emergências químicas 1983-2012 classificadas por atividade geradora.



Fonte: CETESB (2013).

Além disso, devido à periculosidade do material transportado, em caso de acidentes envolvendo o TRPP podem ocorrer simultaneamente múltiplos danos ao meio ambiente e à saúde dos seres humanos expostos, levando em alguns casos décadas para a sua recuperação.

4.3 IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS AOS ACIDENTES COM TRANSPORTE DE PRODUTOS PERIGOSOS

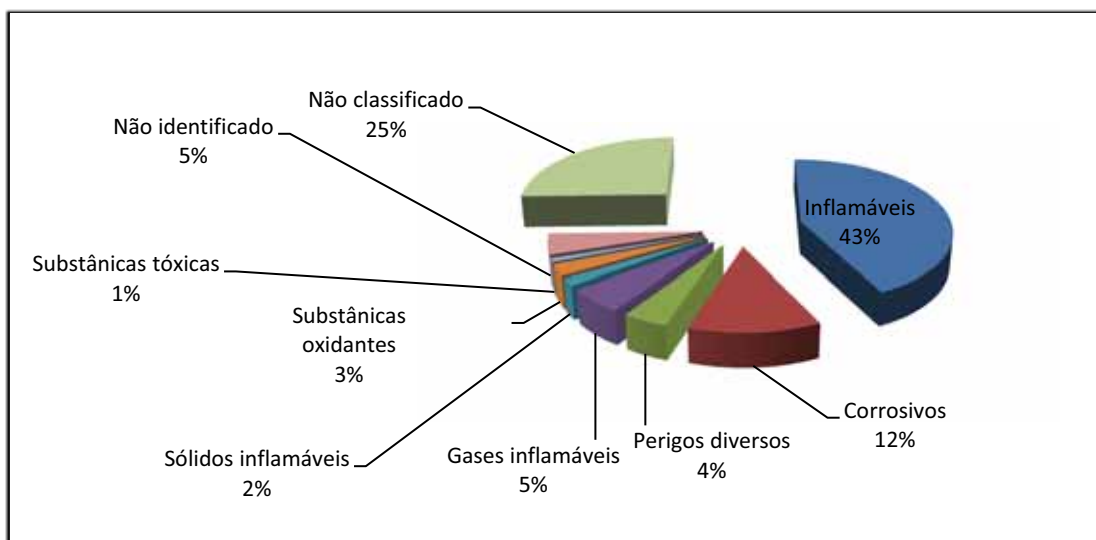
De acordo com a Resolução CONAMA nº 001, é considerado impacto ambiental:

“Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais” (CONAMA, 1986).

Em razão das características físico-químicas dos produtos transportados, o transporte de produtos perigosos, segundo a Lei nº 10.165 de 27 de Dezembro de 2000, é considerado uma atividade potencialmente poluidora e consumidora de recursos ambientais (BRASIL, 2000), colocando em risco o meio ambiente e a saúde do condutor e da população lindeira às rodovias.

Levantamentos feitos pela CETESB (2013) indicam que do total registrado em 2012, o maior percentual de emergências químicas (43%) envolveu líquidos inflamáveis (classe 3), Figura 4.7. Situação preocupante, pois esses produtos, em razão da sua periculosidade intrínseca, podem gerar incêndios e contaminação do solo e das águas subterrâneas afetando a potabilidade da água para consumo humano, uma vez que são constituídos, em sua maioria, por compostos orgânicos voláteis, como os hidrocarbonetos, que podem causar sérios impactos ao homem, ao meio ambiente e ao patrimônio.

Figura 4.7 - Classes de risco envolvidas nas emergências químicas de 2012 no transporte rodoviário.



Fonte: CETESB (2013).

De acordo com a CETESB (2011), os líquidos inflamáveis mais frequentemente envolvidos nas emergências foram os combustíveis automotivos (óleo diesel, álcool etílico e gasolina). Dentre os gases destacam-se os produtos GLP (gás liquefeito de petróleo), gás natural e amônia anidra. Em relação aos líquidos corrosivos, destacam-se o ácido sulfúrico, o ácido clorídrico e a soda cáustica.

Frente a estas situações de emergências tem-se o solo, água e ar como os principais meios atingidos em decorrência de acidentes envolvendo o TRPP, causando assim elevados impactos ao homem e ao meio ambiente. Segundo dados apontados pelo CETESB (2013), das 236 emergências químicas envolvendo transporte rodoviário em 2012, 155 causaram contaminação do meio, sendo: 74 casos (48%) geraram contaminação de solo, 48 casos (31%) geraram contaminação de recursos hídricos, 22 casos (14%) geraram contaminação de ar, 9 casos (6%) geraram contaminação de flora e 2 casos (1%) geraram contaminação de fauna.

4.3.1 Contenção dos riscos e descontaminação dos meios

A maior parte dos acidentes envolvendo TRPP decorre por falhas humanas, falhas de projeto ou por ações externas (fenômenos naturais). Devido principalmente às características intrínsecas do produto transportado, tais acidentes causam perigo imediato ao ambiente e a população exposta, incluindo os trabalhadores e as comunidades lindeiras às rodovias, podendo gerar distúrbios sociais graves.

Por esse motivo o atendimento em situações de emergência exige um altíssimo nível de conhecimento e treinamento constante da equipe para que o tempo de resposta seja o menor possível, evitando que os desastres atinjam vastas áreas.

Basicamente, de acordo com a CETESB (2003), as atuações em emergências com produtos perigosos envolvem o reconhecimento do produto transportado, o isolamento da área e proteção do pessoal, contenção do vazamento e descontaminação do local.

De acordo com Schenini (2006), as ações de contenção são consideradas como defensivas, pois não visam parar o vazamento nem neutralizar, química e fisicamente, os efeitos do produto.

Desta forma, é essencial estabelecer uma solução de remediação para cada situação de emergência, visando prevenir danos presentes e/ou futuros ao meio ambiente, à saúde humana e a segurança pública.

Durante os últimos anos, técnicas convencionais como a escavação do solo contaminado, seguido de tratamento ou disposição em aterros, têm sido frequentemente utilizadas para efetuar a remediação de locais contaminados, no entanto apresentam elevados custos e geram novos passivos ao ambiente. Além das técnicas de remoção e redistribuição de solos, outras técnicas têm sido melhoradas, testadas e avaliadas em relação ao seu custo-benefício, incluindo a contenção, biorremediação, desorção térmica, oxidação química, extração de vapores, bombeamento e tratamento de águas subterrâneas, no entanto todas envolvem altos custos.

4.4 FLUXO DE CONTAMINANTES

De acordo com os levantamentos da CETESB (2011), já mencionados anteriormente, os líquidos inflamáveis são os principais causadores de emergências químicas relacionadas ao TRPP. No corredor Raposo Tavares, ou seja, no trecho que liga Bauru à Presidente Epitácio formado pelas rodovias João Baptista Rennó (SP 225), Orlando Quagliato (SP 327) e Raposo

Tavares (SP 270), estes produtos representam 82,60% da movimentação de produtos perigosos, sendo o Etanol a principal carga transportada (CART, 2014).

Em um derramamento de produtos perigosos, uma das principais preocupações é a contaminação das águas superficiais e subterrâneas utilizadas para o abastecimento público. Após a contaminação do lençol freático a atenuação natural à contaminação será por sorção, dispersão, diluição, volatilização e biodegradação, sendo este último de grande importância para prever até onde a pluma pode se deslocar, verificando assim a necessidade ou não da implantação de tecnologias artificiais de remediação.

Muitos dos contaminantes líquidos não se dissolvem facilmente em água, grupo conhecido como NAPL (*Nonaqueous Phase Liquid*), o qual é subdividido em duas classes: DNAPL (*Dense Nonaqueous Phase Liquid*), substância orgânica que tende a afundar verticalmente ao atingir o lençol freático por ser mais denso que a água, e LNAPL (*Light Nonaqueous Phase Liquid*), substância orgânica menos densa que a água, formando uma camada sobre o lençol freático (EPA, 2012).

O etanol por ser completamente miscível em água e consumir todo o oxigênio pode potencializar os danos quando misturados com outras substâncias. Desta forma, Rixey et al. (2008) salientaram a importância de estudar dois cenários de derramamento: em solo pré-contaminado com NAPL e em solo sem contaminação.

Kulkamp et al. (2002) analisaram os efeitos do derramamento de óleo diesel com etanol e verificaram que a biodegradação do etanol acontece preferencialmente em relação aos outros contaminantes, consumindo assim todo o oxigênio disponível, transformando parte do ambiente em um sistema anaeróbio e impossibilitando a biodegradação dos demais contaminantes.

Em uma ocorrência de vazamento de gasolina com etanol, ocorrerá o aumento da solubilidade e da mobilidade dos principais constituintes da gasolina com razoável solubilidade – Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno (BTEX) e decréscimo da biodegradação natural aumentando a persistência destes compostos, pois o etanol além de consumir todo o oxigênio pode ser tóxico a muitos microorganismos degradadores dos BTEX (CORSEUIL et al., 1996).

Powers et al. (2001) concluíram ao estudar o transporte da pluma de gasolina e etanol em águas subterrâneas que o etanol pode aumentar a concentração dos compostos BTEX e inibir sua biodegradação sendo desta forma o responsável por aumentar o comprimento da pluma dos BTEX.

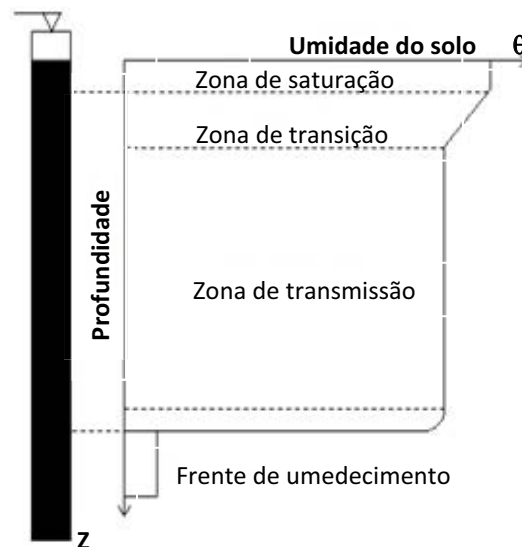
4.5 INFILTRAÇÃO

A infiltração é um fenômeno conhecido como sendo a entrada da água no solo, podendo ser em forma de chuva, neve derretida ou irrigação (MAIDMENT, 1993 *apud* CARVALHO et al., 2012.).

A entrada da água no solo depende do potencial hidráulico. Em solos saturados, a força da gravidade desempenha maior influência no processo de infiltração, forçando o fluxo da água para baixo, e nos solos não saturados, são as forças capilares que apresentam maior importância podendo desviar o fluido lateralmente (SINGH, 1989 *apud* CARVALHO et al., 2012).

À medida que a água penetra no solo o perfil de umidade vai se alterando gradativamente, as camadas superiores vão se umedecendo de cima para baixo, sendo possível distinguir quatro zonas: (i) zona de saturação; (ii) zona de transição; (iii) zona de transmissão; (iv) frente de umedecimento, conforme Figura 4.8.

Figura 4.8 - Perfil de umedecimento do solo durante a infiltração.



Fonte: Adaptado de Prevedello (1996).

Quando ocorre uma chuva em um solo seco, a taxa de infiltração é alta devido ao elevado gradiente potencial causando um alto movimento da umidade. De acordo com o conceito estabelecido por Horton (1940), durante uma chuva prolongada, a taxa de infiltração diminuirá gradativamente até atingir um valor constante, atingindo a capacidade de infiltração, ou seja, a taxa máxima de água que o solo pode absorver através da superfície em um tempo específico (CARVALHO et al., 2012).

Desta forma, a infiltração desempenha papel fundamental na superfície terrestre, pois determina a quantidade de água presente na superfície que será absorvida pelo solo influenciando no escoamento superficial, na recarga de aquíferos, no processo erosivo e no transporte de produtos químicos. Diamond e Shanley (1998) levantam a necessidade de avaliar o escoamento superficial para minimizar os riscos de transferência de poluentes do solo para rios e lagos. Sendo assim, a compreensão do processo de infiltração é de grande importância para o desenvolvimento do estudo.

Lima (2008) ressalta que a infiltração é intimamente dependente da percolação, pois se não houver a percolação da água no solo a infiltração se cessa. Sendo a percolação caracterizada como sendo o movimento da água dentro do solo na direção da força da gravidade (CARVALHO et al., 2012).

4.5.1 Fatores que influenciam no processo de infiltração da água no solo

Diversos fatores interferem na infiltração da água no solo sendo os principais: textura do solo, porosidade, cobertura vegetal, declividade, rugosidade do solo, intensidade da chuva, forma do terreno e umidade do solo (CARVALHO et al., 2012; LEONARD e ANDRIEUX, 1998).

Pela disponibilidade de dados disponíveis foram considerados para o estudo os seguintes fatores: textura do solo, declividade e cobertura vegetal. De acordo com estudos realizados por Ribeiro (2010) a dinâmica de uso e ocupação do solo é o fator que mais interfere na capacidade de infiltração, sendo assim, os três fatores considerados para o estudo são capazes de simular a taxa de infiltração da área.

Textura do solo

A textura do solo refere-se ao tamanho das partículas que compõem o solo, ou seja, refere-se à proporção relativa de silte, areia e argila que se encontra em uma determinada massa de solo, tendo influência direta na taxa de infiltração, pois determinam a quantidade de macroporos presentes em seu perfil.

Solos arenosos, ou seja, de textura grossa, apresentam maiores condições para o fluxo da água e drenagem do solo e conseqüentemente apresentam maior condutividade hidráulica e taxa de infiltração. Entretanto, solos argilosos, ou seja, de textura fina, apresentam tendência de maior retenção de água por mais tempo (MOORE, 2001).

Declividade

A declividade do solo interfere no tempo de permanência e na quantidade de água disponível na superfície para ser infiltrada.

Em terrenos íngremes a velocidade de escoamento superficial da água aumenta diminuindo o tempo de permanência e consequentemente diminui a taxa de infiltração. Enquanto que em terrenos planos o escoamento superficial é retardado e com isso aumenta o tempo de contato entre a água e a superfície de infiltração proporcionando condições para o aumento da infiltração. Desta forma, quanto maior a declividade maior a velocidade do escoamento superficial e consequentemente menor a infiltração (USGS, 2013).

Cobertura vegetal

A presença de cobertura vegetal reduz a velocidade da água ao atingir o solo devido ao amortecimento das gotas de chuva ao atingirem as folhagens. Desta forma, a vegetação retarda o processo de escoamento superficial permitindo que uma maior quantidade de água infiltre no solo, pois aumenta o tempo de contato entre a água e a superfície do solo (USGS, 2013).

Em áreas densas, ou seja, fragmentos florestais em estágio avançado, existem a presença de serapilheira (camada de matéria orgânica) que favorece a atividade microbiana e melhora as condições do solo contribuindo para o retardamento do escoamento superficial e aumento da taxa de infiltração.

As raízes, por sua vez, também contribuem para aumentar a capacidade de infiltração, pois as raízes melhoram a estrutura do solo formando caminhos por onde a água se movimenta com pouca resistência.

4.6 ANÁLISE DO RISCO NO TRANSPORTE DE PRODUTOS PERIGOSOS

O risco é definido como a probabilidade de ocorrência de danos resultante da interação de perigo e vulnerabilidade, ou seja, a vulnerabilidade por si só não leva ao risco (ISDR, 2002). De forma bem simples, o risco pode ser ainda definido como sendo a possibilidade de ocorrência de um evento que venha a causar danos (SCHWEITZER, 2006).

Perigo é a condição de uma substância ou atividade em causar danos às pessoas, ao patrimônio e/ou ao meio ambiente (MAGNANELLI, 2012).

A vulnerabilidade é parte essencial do risco e refere-se à susceptibilidade do sujeito ou da comunidade a uma situação de perigo, sendo perigo definido como um evento que tem potencial de causar danos à vida, à propriedade e/ou ao meio ambiente (KUMPULAINEN, 2006).

Para o TRPP o risco pode ser definido da mesma forma com uma peculiaridade, a fonte de risco é móvel e por essa forma exige o conhecimento das informações territoriais da rota exigindo a análise dos parâmetros em cada segmento homogêneo da via.

Autores como Bubbico et al. (2004a) e Reniers et al. (2010) listam como parâmetros para a análise de risco a identificação dos cenários, que vão desde um pequeno vazamento até um vazamento de grandes proporções; o índice de acidentes ligado às características da via e a densidade populacional.

4.6.1 Modelo conceitual de risco

O modelo conceitual de risco é uma simplificação que nos permite modelar o funcionamento de qualquer processo para o qual o modelo se direciona. Para o caso de acidentes envolvendo TRPP, o retorno sempre será negativo, pois eventos envolvendo este tipo de material sempre serão prejudiciais ao meio ambiente e à população.

Na literatura podem ser encontrados dois tipos de modelos para a análise de risco envolvendo produtos perigosos: os modelos estáticos e os modelos dinâmicos. Os modelos estáticos realizam a análise do risco em um ponto fixo, por exemplo, em uma planta industrial (PLANAS et al., 2006), e são difíceis de serem aplicados para análise de risco no TRPP, uma vez que é um risco móvel, visto que o material está se movendo continuamente pelo ambiente. Dessa forma, para a análise do risco do TRPP os modelos dinâmicos são os mais apropriados, pois incorporam informações espaciais da rota e geralmente utilizam um SIG como ferramenta para facilitar a modelagem do risco.

Nos modelos dinâmicos, ou seja, os modelos que realizam uma diagnóstico do risco no espaço, podem ser encontradas duas formas de análise: aquelas que incorporam apenas o risco social, isto é, não incorporam a variável ambiental e são as análises mais frequentes, sendo o risco determinado pela maioria dos autores através das características da via e da população exposta; e outra forma de análise são aquelas que envolvem, além do risco social, também o risco ambiental, constituindo assim uma ferramenta importante para gestão e tomadas de decisões por ser mais completa.

Nos modelos dinâmicos que envolvem apenas os riscos sociais são considerados somente as características da via e da população exposta. Para a caracterização da via diversos fatores podem ser considerados, Fabiano et al. (2002) consideraram os fatores colaterais inerentes tais como: existência de túneis, pontes ferroviárias, gradiente altura, declividade, características da vizinhança e as condições de tráfego. De maneira mais simples, a caracterização da via pode ser realizada através da probabilidade de ocorrência do acidente no trecho em estudo durante o transporte de produtos perigosos, método utilizado por Carotenuto et al. (2005) e por Bonvicini e Spadoni (2008). Verter e Kara (2001), para a determinação do risco no transporte rodoviário de produtos perigosos, salientaram que a probabilidade de um acidente de trânsito varia de acordo com a estrutura da estrada, como por exemplo, o número de pistas.

Existem também, modelos mais complexos que consideram além das características da via e da população exposta, as características do produto transportado e as condições meteorológicas. Bubbico et al. (2004a) incluíram para a determinação do risco do TRPP: a taxa de acidentes que está ligada as características da via; as condições meteorológicas e a densidade populacional que está relacionada com as características da área. Posteriormente Bubbico et al. (2004b) desenvolveram uma análise de risco para o transporte rodoviário e ferroviário de mercadorias perigosas utilizando o SIG para gerir as informações territoriais, juntamente com um banco de dados dos produtos. Utilizaram dados locais que afetam a análise de risco tais como a distribuição da população, a taxa de acidentes e as condições meteorológicas. Nathanail et al. (2010) determinaram o risco social para o transporte de produtos perigosos em túneis, metodologia aplicada para *Attica Tollway*, uma auto estrada urbana em Atenas, Grécia. Foram contabilizadas pelos autores para o desenvolvimento do modelo: as características dos túneis; os tipos de produto perigoso; as características de tráfego; a probabilidade de acidentes envolvendo veículos que transportam produto perigoso no túnel e a população em risco, medido como a contagem de pessoas dentro de certa distância ao longo da rota.

Nos modelos dinâmicos que incorporam a variável ambiental foram encontrados os modelos de Lepofsky et al. (1993), Martínez-Alegría et al. (2003), Pedro (2006) e Tixier et al. (2006).

Lepofsky et al. (1993) realizaram o gerenciamento de acidentes e a avaliação de risco no TRPP utilizando o sistema de informação geográfica em vários estudos de caso nas rodovias da Califórnia. O modelo desenvolvido relacionou a probabilidade de ocorrência do acidente, a probabilidade de vazamento do produto perigoso transportado e as consequências,

medida pela população exposta e danos econômicos causados em áreas ambientalmente sensíveis.

Martínez-Alegría et al. (2003) realizaram uma análise global da rede viária de Valladolid, na Espanha, delimitando as áreas de maior risco. Para a determinação do risco ambiental do TRPP os autores relacionaram a vulnerabilidade ambiental, populacional, e a probabilidade de ocorrência do acidente. Para a determinação da vulnerabilidade ambiental, os autores elaboram uma lista hierárquica com os elementos a serem considerados e propuseram utilizar uma escala de ponderação de 0 a 4 para determinação da vulnerabilidade, não levando em consideração as características de cada local onde o modelo será aplicado para a escolha dos elementos que contribuirão para a determinação da vulnerabilidade ambiental. Posteriormente, Pedro (2006) aplicou a metodologia de Martínez-Alegría et al. (2003) no Brasil, no município de Campinas-SP, fundamentado na probabilidade de ocorrência do acidente e na gravidade do dano ambiental. Após simulação do risco ambiental no trecho em estudo o autor verificou que o modelo permite a geração rápida e flexível dos mapas de gravidade e de risco ambiental indicando os trechos mais críticos caso ocorra um acidente envolvendo o TRPP.

Tixier et al. (2006) propuseram uma metodologia para mapear a vulnerabilidade ambiental na área em torno de um local industrial na França, para tal foi realizado um estudo para a ponderação dos critérios de acordo com as características da região chegando aos seguintes pesos: 75% vulnerabilidade humana; 20% vulnerabilidade ambiental e 5% danos materiais. Nota-se um alto índice para a vulnerabilidade humana, principalmente pelo estudo ser realizado em um local densamente edificado (distrito industrial), podendo esta realidade ser invertida no caso, por exemplo, se a modelagem for para o TRPP em um trecho afastado da cidade e rico em recursos naturais.

4.7 ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Para se tomar uma decisão ou para se atingir determinados objetivos é frequentemente necessário avaliar e combinar múltiplos critérios. De acordo com Eastman et al. (1995), um critério é a base para a tomada de decisão, visto que o mesmo pode ser avaliado e medido.

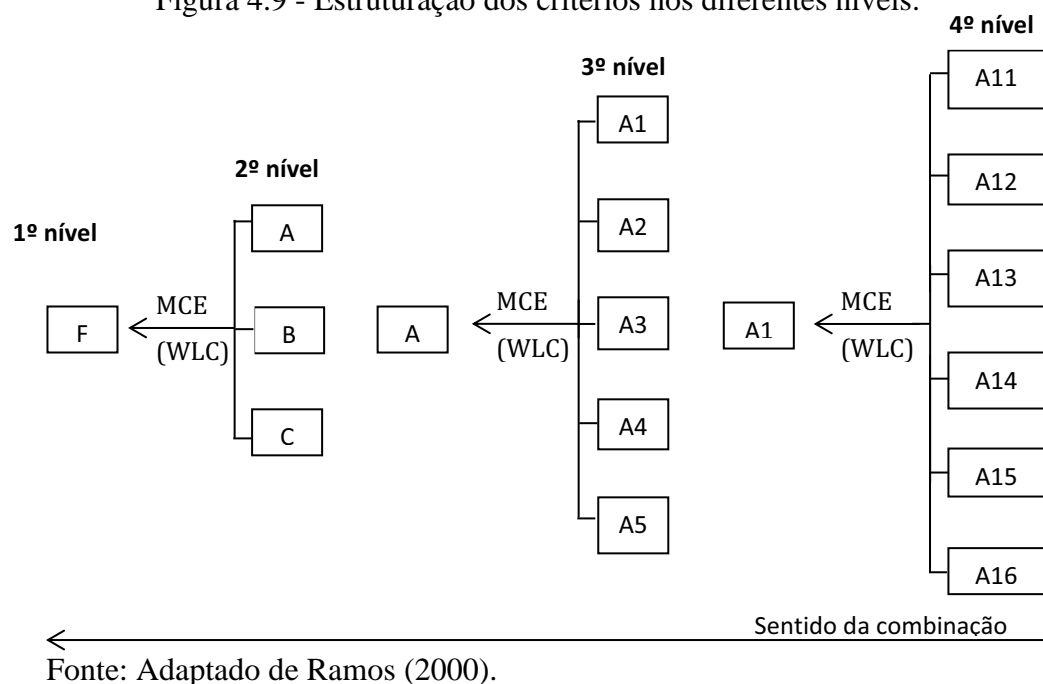
Em um processo de decisão envolvendo diversos critérios a inter-relação é possível através da avaliação multicritério, sendo necessário atribuir um peso a cada critério visando quantificar a relativa importância de cada um.

Para aplicação da análise multicritério é primordial que o problema seja decomposto em uma hierarquia de critérios para possibilitar a análise de modo independente. A construção da estrutura de decisão hierárquica é apresentada na Figura 4.9, sendo que a decomposição hierárquica ocorre da direita para a esquerda.

Conforme Figura 4.9, o nível superior, representado pelo símbolo “F”, corresponde ao objetivo final do processo de decisão, o segundo nível (“A”, ”B” e ”C”) são os critérios principais que resultam da combinação dos seus respectivos subcritérios do terceiro nível, representados pelos símbolos “A1”, “A2”, “A3”, “A4” e “A5”. O quarto nível são os atributos dos subcritérios (“A11”, “A12”, “A13”, “A14”, “A15” e “A16”) e assim sucessivamente.

Após a estruturação é necessário à avaliação de pesos, a normalização e a combinação dos critérios envolvidos (RAMOS, 2000).

Figura 4.9 - Estruturação dos critérios nos diferentes níveis.



4.7.1 Avaliação dos pesos

Uma das principais dificuldades envolvendo múltiplos critérios para a tomada de decisão é a ponderação dos mesmos, visto que na maioria das vezes além de envolver diversos fatores, dependem do consenso de cada decisor.

Na avaliação de pesos para os critérios existem diversos procedimentos capazes de identificar a importância relativa de cada um dos critérios, sendo os principais o método de comparação par a par e o método baseado no ordenamento dos critérios.

Método de comparação par a par

De acordo com Eastman et al. (1995), embora existam diversas técnicas para a avaliação dos pesos, uma das mais promissoras é a comparação par a par. Jankowski (1995) relata também que esta técnica é a mais comum para a comparação de critérios.

A partir deste método é apresentada aos decisores combinações pareadas de critérios, devendo os mesmos selecionar o critério de maior relevância em cada par.

De acordo com Bock e Jones (1968) *apud* Maydeu-Olivares e Bockenholt (2005), uma combinação dos pares na ordem pode causar um efeito redundante, sendo fundamental permutar a ordem de apresentação dos pares e a ordem dos critérios dentro de cada par, por exemplo, partindo dos seguintes critérios {A, B, C}, os pares não devem ser apresentados na seguinte ordem: {A,B}; {A,C} e {B,C}.

O *Analytic Hierachy Process* (AHP) desenvolvido por Thomas Saaty na década de 1970 é o método de comparação par a par mais utilizado, pois permite ao tomador de decisão lidar com problemas que envolvem múltiplos critérios e incertezas (BHUSHAN e RAI, 2004). De acordo com Salomon (2004), no Brasil as pesquisas se concentram, basicamente, em aplicações do método AHP, podendo ser tratado como “método tradicional” de *Multiple Criteria Decision Aid* - Auxílio à Decisão por Múltiplos Critérios (MCDA).

Para verificar a relação de importância dos critérios envolvidos em cada par, Saaty (2008) criou uma escala de comparação continua de nove pontos, Tabela 4.3. Por exemplo, se a existência de um rio é muito mais forte do que a declividade do terreno para a determinação do risco ambiental de acidentes com o transporte rodoviário de produtos perigosos então seria introduzido um 7 nesta escala.

Tabela 4.3 - Escala de comparação utilizada na comparação par a par.

Grau de importância	Definição
1	Importância igual para os dois elementos.
3	Um critério é um pouco mais importante que o outro.
5	Um critério é muito mais importante que o outro.
7	Importância elevada de um critério em comparação com o outro.
9	Importância absoluta de um critério em comparação com o outro.
2,4,6,8	Valores intermediários.
1/2,1/3,1/4,1/5,1/6,1/7, 1/8,1/9	Importância menor de um critério em comparação com o outro, sendo o grau de importância igual aos anteriores.

Fonte: Adaptado de Saaty (2008).

Comumente procura-se utilizar os números ímpares da tabela para garantir aceitável distinção entre os pesos atribuídos para cada comparação.

O processo para determinação dos pesos envolve oito etapas:

Etapa 1 - Construção da matriz de comparação par a par

A partir da escala Saaty (2008), é construída a matriz quadrada de comparação $n \times n$, sendo n o número de critérios para cada matriz, realizando assim a comparação par a par. Na Tabela 4.4 e Tabela 4.5 encontram-se dois exemplos de uma matriz de comparação. A comparação deve ser feita com priorização da linha e os valores devem ser atribuídos por especialistas.

Tabela 4.4 - Exemplo matriz de comparação par a par.

Matriz A	Critério 2	Critério 1
Critério 1	Avaliação numérica	1
Critério 2	1	1/Avaliação numérica

Etapa 2 - Cálculo do *eigenvector* principal

Após a construção da matriz de comparação para a par é necessário recuperar (normalizar) os pesos de cada elemento da matriz através da média geométrica.

Saaty (2008) define que a média geométrica de uma linha é dada pela raiz enésima do produto dos n elementos de cada linha. A soma das raízes enésimas é utilizada para a normalização dos critérios, *eigenvector* principal. O *eigenvector* principal relaciona a importância de um critério em relação aos demais, é obtido pela divisão de cada raiz enésima pela soma.

A seguir um exemplo de aplicação da média geométrica.

Tabela 4.5 - Exemplo normalização matriz de comparação par a par

	A ₁	A ₂	A ₃	Raiz enésima do produto de n	<i>Eigenvector</i> principal
A ₁	1	7	1/3	1,33	0,43
A ₂	1/7	1	7	0,33	0,33
A ₃	3	1/7	1	0,75	0,24
	SOMA			3,08	1,00

Etapa 3 - Cálculo do máximo *eigenvalue*

Para a determinação do máximo *eigenvalue* (λ_{max}) é necessário obter um novo vetor multiplicando os pesos das linhas da esquerda para direita da matriz de comparação pelo autovetor, conforme Tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Cálculo do máximo *eigenvalue*.

	A ₁	A ₂	A ₃	<i>Eigenvector</i> principal	Novo vetor
A ₁	1	7	1/3	0,43	(1x0,43 + 7x0,33 + 1/3x0,34) = 2,85
A ₂	1/7	1	7	0,33	(1/7x0,43 + 1x0,33 + 7x0,34) = 2,77
A ₃	3	1/7	1	0,34	(3x0,43 + 1/7x0,33 + 1x0,34) = 1,68

Após determinação do novo vetor o λ_{max} é determinado pela média das divisões de cada novo vetor pelo *Eigenvector* principal, conforme Equação 1.

$$\lambda_{max} = \frac{(2,85/0,43 + 2,77/0,33 + 1,68/0,34)}{3} = 6,65 \quad (1)$$

Etapa 4 - Cálculo do índice de consistência (CI-Consistency Index)

Na aplicação do método AHP pode-se verificar a consistência da matriz, ou seja, a coerência dos julgamentos. Por exemplo, se um especialista diz que a presença de um rio próximo à rodovia (critério x) é absolutamente mais importante do que a existência de uma cidade próxima à rodovia (critério y) então deve ser atribuído o valor de $W_{xy} = 9$ e $W_{yx} = 1/9$. No entanto, muitas vezes esta consistência não é expressa pelos especialistas, principalmente em casos de vários critérios. Desta forma Saaty desenvolveu um método para medir a inconsistência da matriz de comparação pareada e definiu um limite de consistência que não deve ser ultrapassado.

O índice de consistência (CI) é calculado a partir da Equação 2.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

Sendo n número de critérios avaliados.

Etapa 5 - Cálculo do índice de aleatoriedade (RI- *Random Index*)

O índice de aleatoriedade é fixo e tem como base o número de critérios avaliados. A Tabela 4.7 o índice de aleatoriedade determinada por Saaty (2008).

Tabela 4.7 - Tabela de índices de aleatoriedade (RI).

n	RI	n	RI	n	RI	n	RI	n	RI
1	0,00	4	0,90	7	1,32	10	1,49	13	1,56
2	0,00	5	1,12	8	1,41	11	1,51	14	1,57
3	0,58	6	1,24	9	1,45	12	1,48	15	1,59

Fonte: Saaty (2008).

Etapa 6 - Cálculo do grau de consistência (CR- *Consistency Ratio*)

O grau de consistência (CR) é determinado pela Equação 3.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

O limite para CR é 0,1. Sendo assim a matriz de comparação será considerada consistente quando $CR < 0,1$.

Etapa 7 - Eventual reavaliação da matriz de comparação

Uma matriz de comparações com $CR > 0,1$ deverá ter suas comparações revisadas para se obter uma melhor consistência (SAATY, 2008).

Método baseado no ordenamento de critérios

Neste método são apresentados todos os critérios de forma aleatória e cada um deles é ordenado de acordo com sua importância, atribuída pelo tomador de decisão, geralmente por especialistas.

Esta classificação é feita de acordo com o número de critérios partindo do mais relevante para o menos, como exemplo, para uma ordenação de 4 critérios, ao mais importante é atribuído a ordem 1, ao segundo mais importante a ordem 2, e assim sucessivamente, estabelecendo assim uma ordem no ranking.

De acordo com Stillwell et al. (1981), quando usado em análises hierárquicas, o ordenamento dos critérios deve ser aplicado a cada nível da hierarquia.

Definido o ordenamento Stillwell et al. (1981) propõem três funções para atribuição dos pesos: *rank sum*, *rank reciprocal* e o *rank exponent*, sendo a maneira mais fácil de ponderação o ordenamento em ordem crescente e decrescente (GITTA, 2013).

O *rank sum* utiliza a ordem no ranking, Equação 4, ou seja, realiza o ordenamento em ordem crescente, rank 1 é dado para o critério menos importante, rank 2 o segundo menos importante e assim sucessivamente (RAMOS, 2000):

$$\text{Rank sum: } w_i = \frac{n-r_i+1}{\sum_k n-r_k+1} \quad (4)$$

O *rank reciprocal* utiliza o inverso da ordem, Equação 5, ou seja, realiza o ordenamento em ordem ascendente, rank 1 é dado ao critério mais importante, rank 2 ao segundo critério mais importante e assim sucessivamente (RAMOS, 2000):

$$\text{Rank reciprocal: } w_i = \frac{1/r_i}{\sum_k 1/r_i} \quad (5)$$

Onde w_j é o peso normalizado do critério j , r_i a ordem do mesmo critério e n o número de critérios.

O *rank exponent* é definido através da Equação 6 (STILLWELL et al., 1981):

$$\text{Rank exponent: } w_i = \frac{(n-r_i+1)^z}{\sum_k (n-r_k+1)^z} \quad (6)$$

Sendo z uma medida definida da dispersão dos pesos.

No ordenamento dos critérios cada peso é então normalizado por: $\sum_k n - r_k + 1$.

Estudos desenvolvidos por Edwards (1980) para avaliar os planos de desagregação do Distrito Escolar de Los Angeles, por Otway e Edwards (1977) para avaliar locais de eliminação de resíduos nucleares e por Newman (1977) para escolha do designer ideal de automóvel foram avaliados por Stillwell et al. (1981) concluindo que dentre as três técnicas utilizadas para o ordenamento dos critérios a técnica *rank sum* foi a mais aconselhável.

Zeleňáková et al. (2012) utilizaram o método de comparação par a par e o método *rank sum* para avaliação dos riscos ambientais na Líbia. Para determinação do risco os autores realizaram a ponderação dos seguintes perigos: seca, vulcão, terremoto, poluição, inundação e tsunami. Ao final da análise concluíram que os resultados de ambas as técnicas foram mais ou menos estáveis.

WVU (2011) salienta que o ordenamento dos critérios é recomendável para trabalhar com tomadores de decisão em direção a um consenso sendo útil para aplicações em SIG.

4.7.2 Normalização dos critérios

Devido às diferentes grandezas e valores atribuídos a cada critério, se faz necessária a realização da normalização para uma mesma escala para que assim possam ser comparados, ou seja, após a normalização os critérios terão uma base de medição equivalente (EASTMAN et al., 1995).

Segundo Eastman et al. (1995) dentre uma gama de processos de normalização que utilizam os *scores* (qualidades) máximos e mínimos a escala linear é a mais simples para se atingir o resultado, sendo expresso pela Equação 7:

$$x_i = \frac{R_i - R_{min}}{R_{max} - R_{min}} * m \quad (7)$$

Onde R_i é o *score* bruto, ou seja, o valor a normalizar, R_{max} e R_{min} são os *scores* máximo e mínimo respectivamente e m um multiplicador arbitrário (intervalo de estudo).

Quando se tem *scores* (qualidades) em número suficiente para realizar cálculos significativos de médias e desvio padrão é indicado o método *z-score*, expresso pela Equação 8 (BOSSARD, 1999 *apud* RAMOS, 2000).

$$Z_score = a \frac{R - \mu[R]}{\sigma[R]} \quad (8)$$

Onde R é o valor do *score* a normalizar, $\mu[R]$ é a média dos *scores*, $\sigma[R]$ é o respectivo desvio padrão e a é 1 quando a maioria dos *scores* contribuem positivamente para o objetivo em estudo e -1 quando a maioria dos *scores* contribuem negativamente para o objetivo em estudo.

A normalização dos critérios também pode ser realizada utilizando várias funções, denominadas funções *Fuzzy*, algumas das existentes são: *Sigmoidal*, *J-shaped*, *Linear* e *Complexa*. Este processo é parecido ao de *fuzzification*, no qual os valores dos critérios são convertidos em escalas compatíveis. Segundo Ramos (2000) a escolha da função depende do tipo de critério envolvido, sendo a *Sigmoidal* a mais utilizada na teoria dos conjuntos *fuzzy*. É elaborada através de uma função de coseno, sendo necessária a identificação de 4 pontos ao longo do eixo das abcissas que vão definir a forma da curva.

4.7.3 Combinação dos critérios

Após a normalização dos *scores* dos critérios para um intervalo determinado, sendo recomendado por Eastman et al. (1995) que a soma seja 1 é possível realizar a combinação deles.

A combinação dos critérios pode ser por diversos procedimentos capazes de atingir o resultado, sendo os principais o método *Weighted Linear Combination* (WLC) e o *Order Weighted Average* (OWA).

Al-Hanbali et al. (2011) utilizaram a análise linear ponderada, ou seja, o método WLC para selecionar os locais adequados para a disposição de resíduos sólidos, relatando que este método é amplamente utilizado para análise de aptidão do terreno, visto que possibilita trabalhar com grandes quantidades de informações e combinar as informações dos diversos critérios para formar um único índice de avaliação.

De acordo com Malczewski (2000), o método WLC é um modelo amplamente utilizado em SIG para ponderação dos critérios. Através deste procedimento, os critérios são combinados através de uma média ponderado pelos pesos dos critérios (VOOGD, 1983). A grande vantagem deste procedimento é permitir a compensação entre critérios (*Trade-off*) compensando *scores* muito baixos de um critério por um conjunto de *scores* mais altos de outros critérios (RAMOS, 2000).

No método WLC os critérios são combinados de maneira linear associando diversos pesos de fatores que influenciaram na ponderação final do grupo, utilizando a Equação 9 (Voogd, 1983):

$$S = \sum_i w_i x_i \quad (9)$$

Onde S é o valor final do *score*, w_i é o peso do critério i e x_i é o valor normalizado do critério.

4.8 FERRAMENTA SIG PARA O PLANEJAMENTO DE RISCO

4.8.1 Planejamento ambiental

Após o evento intitulado como Rio-92, conhecido também como a conferência mais importante sobre meio ambiente da história, que reuniu representantes de 178 países para a discussão das preocupações mundiais em relação à proteção e preservação dos recursos

naturais, pode-se entender a importância de se desenvolver métodos para a avaliação dos impactos.

No TRPP apesar dos acidentes poderem ocorrer em todas as etapas dentro da cadeia produtiva, que vão desde a geração até a disposição final, o maior risco com produtos perigosos se concentram no transporte, uma vez que a carga passa a ser exposta a situações em que não há como controlar as possíveis causas de acidentes, resultando em danos ao meio ambiente e a população exposta (RAMOS, 1997).

Sendo assim, o planejamento visando à diminuição dos riscos no TRPP é importante para a redução ou eliminação dos riscos, que é alcançado selecionando rotas de baixa vulnerabilidade ambiental, populacional e com baixa probabilidade de acidentes.

Nos países desenvolvidos estão entre as prioridades das agências de transporte incorporar as considerações ambientais nos processos de planejamento e gerenciamento das rodovias visando à redução dos riscos e preservação ambiental (MCCORMACK, 2001).

Plowman e Imhoff (1972) apontam que a partir da década de 70, nos países desenvolvidos, os aspectos ambientais se tornaram tão importantes quanto os econômicos para seleção dos traçados e da infraestrutura das rodovias, buscando a defesa do meio ambiente e a garantia da qualidade de vida dos indivíduos.

No entanto, nos países em desenvolvimento, pouco foi a preocupação com o planejamento ambiental durante a fase implantação e manutenção da infraestrutura das rodovias para redução dos riscos. Sendo no Brasil incorporado em 1972, a partir da conferência mundial sobre o meio ambiente (LISBOA, 2002).

Diante dos fatos, Real (2000) realizou uma abordagem conceitual de técnicas de gerenciamento para a avaliação do risco no TRPP no Brasil. Após estudos verificou que a falta de infraestrutura para atender situações emergenciais com produtos perigosos reduz a segurança ambiental e populacional.

4.8.2 Ferramenta SIG

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um poderoso recurso para a gestão visto sua praticidade de propagação e atualização das informações. Por este motivo, o SIG tem sido muito utilizado como ferramenta para o planejamento do risco através da espacialização dos dados.

Sua aplicação é bem variada, sendo utilizado por Dalmas et al. (2011) para identificação de áreas aptas à implantação de aterros sanitários na Unidade de Gerenciamento

de Recursos Hídricos (UGRHI) 11. Manfré et al. (2012) realizaram uma análise espacial de riscos e gestão dos desastres naturais, e Pincinato et al. (2009) realizaram o mapeamento da sensibilidade ambiental ao vazamento de petróleo em uma das regiões litorâneas do Brasil num ambiente SIG tendo como benefício a eliminação dos custos de impressão de mapas.

Lepofsky et al. (1993) realizaram o gerenciamento de acidentes e a avaliação de risco no TRPP utilizando o sistema de informação geográfica, destacando a aceitação destes sistemas pelas agências governamentais e a possibilidade de tomada de decisão em tempo real graças a essa tecnologia.

Para Ramos (2000), a utilidade do SIG está relacionada com a geografia, ressaltando que a maior parte das tomadas de decisões dos seres humanos está relacionada ou influenciada por dados geográficos. Referindo-se a TRPP, as empresas que trabalham com produtos perigosos, precisam definir onde instalar seu parque fabril. Além disso, as concessionárias de rodovias, por sua vez, também necessitam recorrer ao SIG para definirem as melhores rotas para o tráfego destes produtos.

Mais recentemente Bubbico et al. (2004a) utilizaram o SIG para análise de risco no transporte de produtos perigosos em rodovias e ferrovias em Sicília, Itália. Para a identificação do risco, os autores consideraram os dados populacionais, taxas de acidentes e as condições climáticas ao longo do trecho.

Posteriormente, Bubbico et al. (2004b) realizaram um estudo entre Gela e Priolo para a identificação das áreas com maior risco em TRPP utilizando o SIG como ferramenta de análise. Ao final do estudo uma das alternativas propostas para a redução dos riscos foi a alteração da rota ou modal de transporte.

5 METODOLOGIA

5.1 MATERIAIS

Os dados necessários para o desenvolvimento da pesquisa se resumem em:

- a) Dados correspondentes às características da rodovia (elementos funcionais, estruturais e geométricos);
- b) Dados referentes à ocorrência de acidentes no TRPP nos trechos em estudo;
- c) Mapas.

5.1.1 Características da rodovia

A CART é a concessionária que administra o corredor Raposo Tavares e parte do trecho de sua concessão passa pelo município de Bauru, local próximo para o desenvolvimento do estudo e com grande volume de tráfego de veículos de transporte de produtos perigosos, pois estas rodovias permitem o escoamento da produção do Mato Grosso do Sul e do norte do Paraná em direção à região metropolitana de São Paulo e ao Porto de Santos.

A escolha do trecho em estudo foi em função da existência de dados, do fluxo de veículos com produtos perigosos e do número de acidentes. Estas informações foram obtidas junto à concessionária da rodovia.

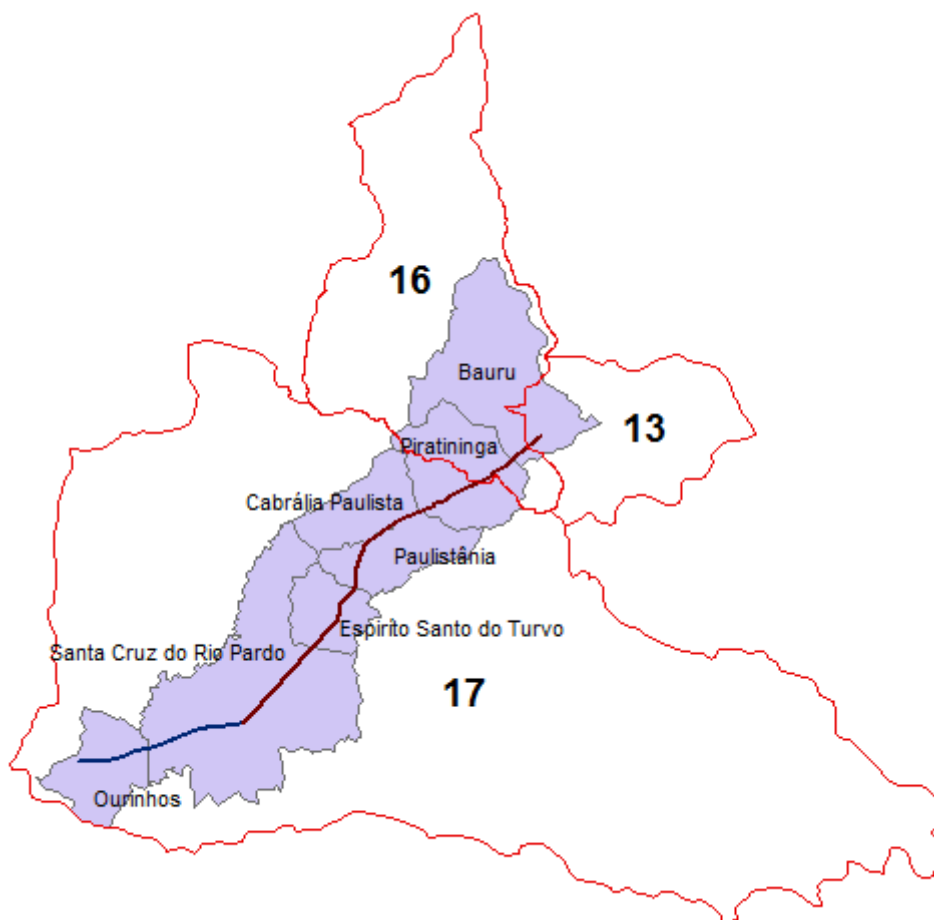
A partir da análise preliminar, se optou por estudar o trecho que liga Bauru à Ourinhos, ou seja, dois trechos do corredor Raposo Tavares (SP 225, km 235 ao km 317 e SP 327, km 0 ao km 32), pertencentes à UGRHI 16 - Bacia Hidrográfica do Tietê-Batalha, UGRHI 17 - Médio Paranapanema e UGRHI 13 – Tietê-Jacaré, Figura 5.1.

O trecho em estudo engloba três bacias hidrográficas (UGRHI 13, 16 e 17), totalizando uma área de mais de 35.000 km². Devido a sua extensão foi definido como área de influência para a análise do risco ambiental as sub-bacias do trecho.

Para vetorização dos dados foi utilizado o *software* AutoCAD 2012 e o georreferenciamento dos dados foi realizado com o auxílio de *Global Positioning System* (GPS) modelo GPSMAP 62sc da marca GARMIN.

Os dados referentes aos elementos funcionais da rodovia: Volume Diário Médio (VDM), tipo de pista, e perfil do tráfego foram obtidos no Programa de Gerenciamento de Risco: Ação Emergencial Corredor Raposo Tavares elaborado pela CART e pelas planilhas de acompanhamento disponibilizadas pela concessionária.

Figura 5.1 - Trecho para o desenvolvimento do estudo.



Os dados referentes aos elementos geométricos: declividade da rampa, curva horizontal, curva vertical, trecho linear, foram obtidos através de auditoria de campo virtual através do *Google Earth*®.

O perfil altimétrico do trecho em estudo foi obtido a partir do traçado da rodovia utilizando a opção “mostrar perfil de elevação” do *Google Earth*®. Com os valores de desnível vertical (DV) e distância horizontal (DH) foi calculada a declividade de cada trecho, multiplicados por 100 para obter em porcentagem.

As curvas verticais também foram identificadas através do perfil de elevação, sendo locadas nas cotas mais altas e mais baixas de cada trecho.

Para identificação das curvas horizontais foi exportado a traçado da rodovia para o *software* AutoCAD. Sendo locadas no ponto de intersecção das tangentes da rodovia.

5.1.2 Acidentes no TRPP

Para análise dos dados de acidentes no TRPP ocorridos no trecho em estudo foi consultado o Programa de Gerenciamento de risco: Ação Emergencial Corredor Raposo Tavares e planilhas eletrônicas, ambas disponibilizadas pela Concessionária Auto Raposo Tavares (CART).

Para o estudo foi também realizada uma análise no banco de dados disponibilizados pelo Sistema de Informações sobre Emergências Químicas da CETESB.

5.1.3 Mapas

Para a coleta de dados foram utilizados mapas e imagens disponíveis em materiais técnicos das bacias hidrográficas em estudo. A seguir, a descrição destes mapas e suas fontes:

- Hidrografia - Origem: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM);
- Traçado rodovia Raposo Tavares – Origem: CART;
- Textura do solo – Origem: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE);
- Áreas protegidas – Origem: CPRM;
- Cobertura vegetal- Origem: – Origem: IBGE;
- Uso e ocupação do solo – Origem: IBGE;
- Densidade populacional – Origem: IBGE;
- Imagem *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) – Origem: Embrapa.

5.2 MÉTODO

Para a aplicação do modelo de risco desenvolvido foi proposto uma abordagem metodológica dividida em quatro etapas distintas, como apresentado na Figura 5.2 e Figura 5.3

Figura 5.3. E serão descritas a seguir.

A etapa 2 foi necessária para adequação do modelo para as necessidades do local em que se pretende estimar o risco e a na etapa 5 e 6 foram gerados os mapas utilizando a ferramenta SIG.

Figura 5.2 - Etapas para adequação do modelo para as necessidades do local.

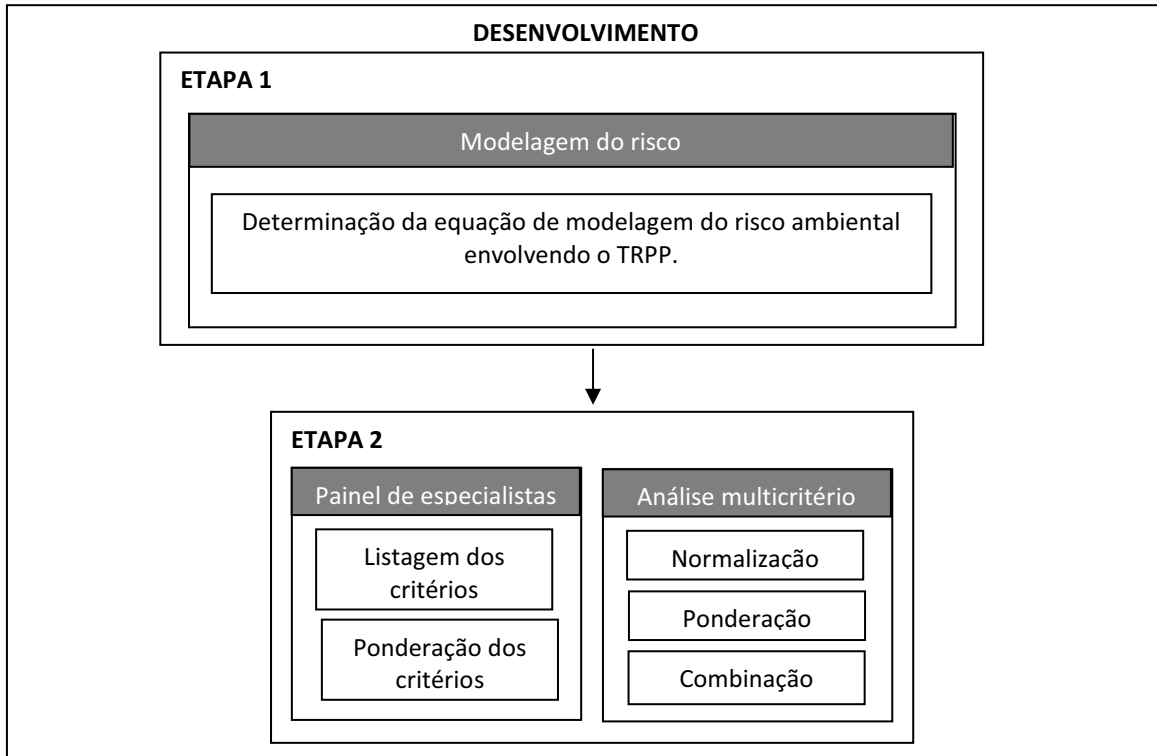
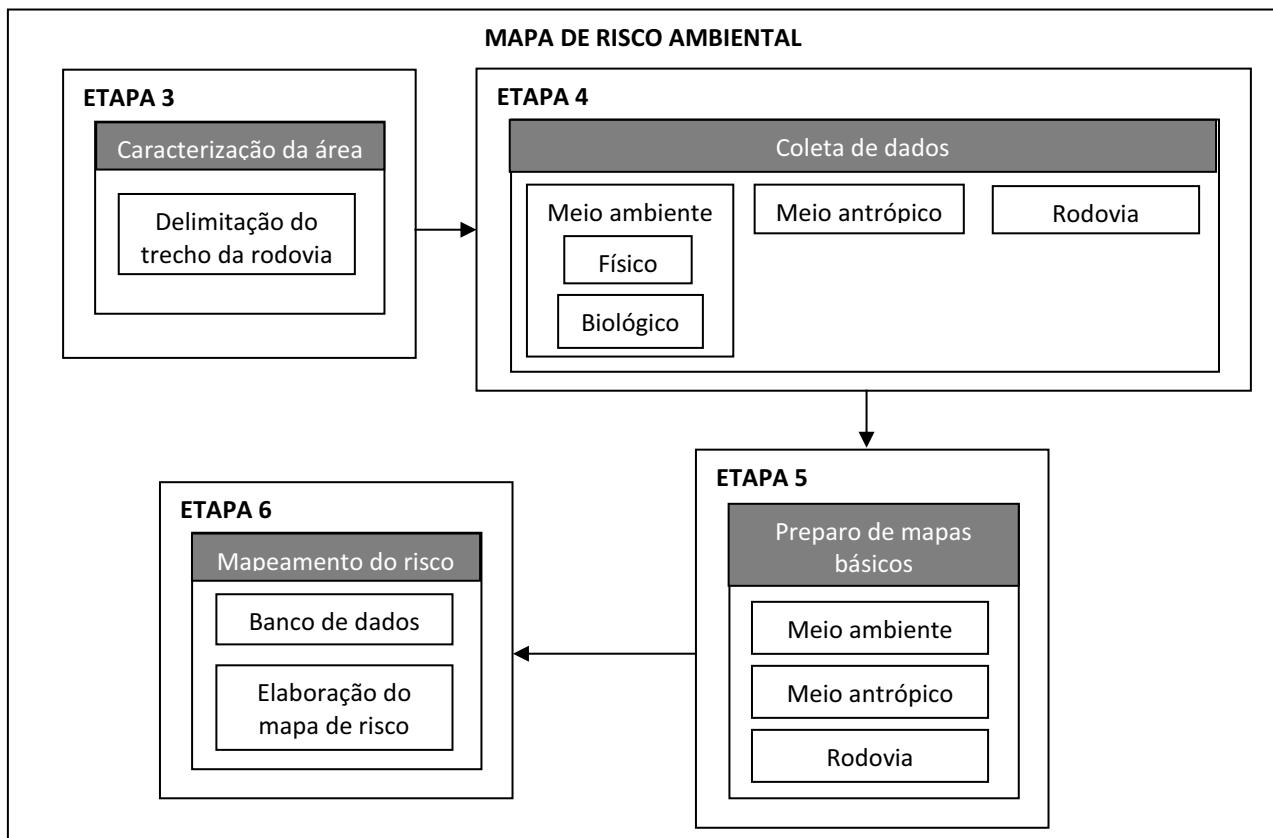


Figura 5.3 - Geração do mapa de risco ambiental.



5.2.1 Etapa 1 - Modelagem do Risco

De forma genérica o risco é expresso pelo produto da probabilidade de ocorrência de acidentes (P) e da gravidade do dano (G) (MARTINEZ-ALEGRIA et al., 2003), conforme a Equação 10.

$$R = P \cdot G \quad (10)$$

Determinação da probabilidade de acidentes

Para a determinação da probabilidade de acidentes Bubbico et al. (2004a) realizaram um estudo em registros históricos do Italian Automobile Club chegando a valores fixos para a taxa de acidentes de acordo com o tipo de estrada. No entanto, de acordo com Androutsopoulos e Zografos (2008) a taxa de acidentes é dependente de vários fatores como: características geométricas da rodovia, a condição do pavimento, declive da estrada, tipo de ligação da estrada (curvo ou reto), características do tráfego, velocidade máxima e sinalização, tempo médio de resposta a um acidente, e outros fatores incluindo iluminação viária, obras públicas e condições climáticas locais. Sendo assim, não é recomendada a utilização de valores tabulados já que a taxa de acidentes é diretamente proporcional às características da rodovia e do tráfego.

Dessa forma, neste estudo foi utilizada a equação proposta por Ferraz et al. (2008) para o cálculo da taxa de acidentes T_a em um trecho, pois a mesma considera em seus cálculos as características da rodovia em estudo, conforme a Equação 11.

$$T_a = \frac{N \cdot 10^6}{P_{est} \cdot VDM_{TRPP} \cdot E} \quad (11)$$

Sendo T_a a taxa de acidentes, N o número de acidentes com veículos transportando produtos perigosos, P_{est} o período de estudo, em dias, VDM_{TRPP} o volume diário médio de veículos que transportam produtos perigosos e E a extensão do trecho em quilômetro.

Para calcular a taxa de acidentes em um ponto ou em um trecho de pequena extensão em relação ao volume de tráfego pode-se multiplicar a T_a por 10^6 , sendo este um fator para que a T_a resulte em acidentes por cada milhão de veículo que trafega na rodovia.

Para a determinação da probabilidade de ocorrência de acidentes foi incluído o índice de acidentes (IA), Equação 12, expressa a contribuição dos elementos da rodovia para

aumentar a probabilidade de acidentes e deve ser estabelecido por especialistas através da análise multicritério.

$$IA = S_{IA} \quad (12)$$

Sendo S_{IA} a combinação de critérios rodoviários segundo Voogd (1983).

Com a taxa de acidentes e o índice de acidentes foi estabelecida a probabilidade de um acidente envolvendo um veículo que transporta produtos perigosos (P_{TRPP}), Equação 13.

$$P_{TRPP} = Ta + Ta.IA \quad (13)$$

O valor de P_{TRPP} deve ser normalizado no intervalo entre 0 e 1, conforme recomendado por Eastman et al. (1995).

Determinação da gravidade

A gravidade corresponde à intensidade dos danos, ou seja, as consequências do evento indesejado podem ser quantificadas através da gravidade do acidente.

Para o cálculo da gravidade, Planas et al. (2006) desenvolveram o índice de severidade do risco para cada fenômeno perigoso. Segundo eles, o índice de severidade do risco é uma medida quantitativa para a determinação da gravidade de um acidente. Este índice é determinado seguindo os limiares dos países Europeus. O cálculo se resume em estabelecer valores limites para os efeitos possíveis (radiação térmica, explosão, nuvem tóxica) que devem ser calculados em cinco distâncias características de cada fenômeno perigoso (incêndio, explosão, dispersão de substâncias tóxicas). Contudo é uma abordagem complexa que exige pessoal especializado e grandes quantidades de dados para sua modelagem.

Para Martínez-Alegría et al. (2003) a gravidade do acidente depende dos seguintes fatores: perigo envolvido que está associado ao tipo de acidente; dano inerente que está relacionado ao tipo de produto transportado; e diferentes elementos vulneráveis. Sendo desta forma, uma abordagem mais simplificada permitindo uma rápida análise do risco. Logo, a equação proposta por Martínez-Alegría et al. (2003) é mais plausível de ser utilizada para a realidade brasileira.

Então para a determinação da gravidade do dano ambiental Martínez-Alegría et al. (2003) propôs a Equação 14.

$$G = P_e (H_{hg} + V_E + V_H) \quad (14)$$

Em que P_e é o perigo envolvido no acidente, H_{hg} o potencial de dano inerente ao produto e V_E é a vulnerabilidade ambiental e V_H a vulnerabilidade populacional.

No entanto, Suddle (2009) recomenda definir fatores de ponderação para relacionar e comparar diversos elementos para a determinação do risco em situações que envolvem cenários com grandes consequências. No estudo, Suddle utilizou as consequências monetárias para a ponderação dos elementos mais importantes conseguindo assim equilibrar a influência dos elementos na determinação do risco.

Desta forma, nesta pesquisa como a análise de risco envolve diversos elementos foi necessário definir os fatores de ponderação para a determinação da gravidade, então modificou-se a Equação 14 obtendo a Equação 15 que expressa esta relação, em que os pesos devem ser determinados pela análise multicritério.

$$G = P_e (\alpha_1 \cdot H_{hg} + \alpha_2 \cdot V_E + \alpha_3 \cdot V_H) \quad (15)$$

Sendo α_1 o peso de contribuição do dano inerente para a determinação da gravidade, α_2 o peso de contribuição da vulnerabilidade ambiental e α_3 o peso de contribuição da vulnerabilidade populacional.

Determinação do perigo

O perigo é definido como um evento que tem potencial de causar danos, sendo assim está associado com o tipo de acidente, que é baseado nas possíveis consequências. Vários autores como Tixier et al. (2006); Suddle (2009); Androutopoulos e Zografos (2008) recomendam a simulação dos cenários para a determinação do risco, mas no entanto não propõe valores. Na pesquisa de Martínez-Alegría et al. (2003) são apresentados valores para a determinação do perigo em função do tipo de acidente, Tabela 5.1. Os valores para cada tipo de acidente estão entre 1 e 6, na escala de menor para maior gravidade do acidente. Para normalização do perigo foi utilizado o intervalo entre 0 e 1 neste estudo.

Dessa forma, para a determinação do perigo é necessário atribuir um valor normalizado (Tabela 5.1) dependendo do tipo de acidente estudado na determinação do risco.

Tabela 5.1 - Valores atribuídos ao perigo por tipo de acidente.

Valores atribuídos	Valores normalizados	Tipo de acidente
1	0,17	Acidente que impossibilita o veículo em continuar seu trajeto, no entanto o <i>container</i> ^l não sofre nenhum dano.
2	0,33	<i>Container</i> ^l apresenta imperfeições, no entanto não há vazamento do produto.
4	0,67	<i>Container</i> ^l é danificado e ocorre o vazamento do produto.
6	1	<i>Container</i> ^l é danificado e o produto derramado está em chamas.
6	1	Explosão do produto.

Fonte: Adaptado de Martínez-Alegría et al. (2003).

Determinação do dano inerente

De acordo com Suddle (2009) o tipo de resíduo transportado é um dos parâmetros básicos para a determinação do risco. Planas et al. (2006) relaciona este parâmetro com o efeito causado, separando as consequências em 4 níveis (pequeno, reversível, irreversível e letais), e Martínez-Alegría et al. (2003) relaciona o dano com o tipo do produto (H_{hg}) que é estimado com base em índices relativos à classe ao qual ele pertence, sendo assim o mais promissor visto que o dano está diretamente ligado as características do produto transportado, ou seja, quanto mais agressivo for o produto (maior a inflamabilidade, toxicidade, corrossividade, etc) maior serão os danos causados. Desta forma, o dano inerente foi definido pela Equação 16 como proposto por Martínez-Alegría et al. (2003):

$$H_{hg} = \frac{(H_I + H_R + H_T)}{3} + H_{GO} \quad (16)$$

Sendo H_I a flamabilidade do produto, H_R a tendência a reagir, H_T a toxicidade/corrosividade e H_{GO} a oxidação.

A quantificação dos índices H_I , H_R e H_T é feita de acordo com as características do produto transportado. Devendo ser estimados valores entre 0 e 4 para cada índice, na escala de menor para maior potencial de dano. O H_{GO} é somente considerado quando o produto transportado possuir uma aptidão a emissão de oxigênio, admitindo o valor 1, e zero caso contrário (MARTÍNEZ-ALEGRÍA et al., 2003).

Para a normalização do dano inerente é necessário multiplicar o valor de H_{hg} por um fator de normalização, sendo neste estudo atribuído o valor de 0,20 para manter o intervalo entre 0 e 1 (Equação 17).

$$H_{hg} = \frac{(H_I + H_R + H_T)}{3} + H_{GO} \cdot 0,20 \quad (17)$$

Determinação da vulnerabilidade

Tixier et al. (2006) utilizam o termo vulnerabilidade global para o cálculo da vulnerabilidade. Para o cálculo foi utilizado a vulnerabilidade humana, a vulnerabilidade ambiental e a material sendo a contribuição de cada um estabelecido pela análise multicritério. Este método foi proposto para mapear a vulnerabilidade na área em torno de um distrito industrial, local com grande densidade de construções. No entorno rodoviário analisado nesta pesquisa a densidade de construções é baixo e por esta razão a considerou-se a vulnerabilidade material (construções) como integrante da vulnerabilidade populacional.

Sendo assim, nesta pesquisa para o cálculo do risco ambiental no TRPP será necessário determinar a vulnerabilidade ambiental (V_E) e a vulnerabilidade populacional (V_H).

Vulnerabilidade ambiental

Para se determinar a vulnerabilidade ambiental, foi necessária a caracterização ambiental da bacia hidrográfica onde o produto perigoso foi despejado (HISCOCK et al., 1995). Os critérios que contribuíram para aumentar a vulnerabilidade ambiental são definidos pelo painel de especialistas.

Assim, a V_E é expressa pela combinação dos critérios que constituem a vulnerabilidade ambiental (S_{VE}), Equação 18.

$$V_E = S_{VE} \quad (18)$$

Sendo S_{VE} a combinação dos critérios ambientais segundo Voogd (1983).

Vulnerabilidade populacional

Para o cálculo da vulnerabilidade populacional Revelle et al. (1991) considera ser fundamental o levantamento da densidade demográfica das populações inseridas na bacia hidrográfica do trecho em estudo.

Erkut e Verter (1995) indicaram que a vulnerabilidade populacional pode ser estimada através de modelos básicos, em que o risco social pode ser calculado pela pressuposição que cada indivíduo residente no centro populacional vai incorrer no mesmo risco devido ao movimento ao transporte de produtos perigosos, modelo recomendado para centros populacionais pequenos.

Os critérios que contribuíram para aumentar a vulnerabilidade populacional foram definidos pelo painel de especialistas. Assim, a vulnerabilidade populacional (V_H) é expressa pela combinação dos critérios que constituem vulnerabilidade populacional (S_{VH}), Equação 19.

$$V_H = S_{VH} \quad (19)$$

Sendo S_{VH} a combinação dos critérios populacionais segundo Voogd (1983).

Comparando as equações (10), (13), (15), (17), (18) e (19) obteve-se a equação final de risco, Equação 20, que é um aprimoramento do modelo de Martínez-Alegría et al. (2003) conjugado com o modelo de Revelle et al. (1991) e Erkut e Verter (1995) para a determinação da população exposta e com o modelo de Ferraz et al. (2008) para o cálculo da probabilidade de acidente.

$$R = (Ta + Ta \cdot IA) \cdot \left[Pe \cdot \left(\alpha_1 \cdot \left(\frac{H_I + H_R + H_T}{3} + H_{GO} \cdot 0,20 \right) + \alpha_2 \cdot S_{VE} + \alpha_3 \cdot S_{VH} \right) \right] \quad (20)$$

Interpretação de valores

Para esta pesquisa, a interpretação dos valores do risco, gravidade e probabilidade de acidentes foram classificados em cinco categorias, como mostrado na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Interpretação dos valores de G, P_{TRPP} e R.

Valor	Gravidade	Probabilidade de acidentes	Classe de risco
0 a 0,20	Muito baixa	Muito baixa	Muito baixa
0,21 a 0,40	Baixa	Baixa	Baixa
0,41 a 0,60	Média	Média	Média
0,61 a 0,80	Alta	Alta	Alta
0,81 a 1,0	Muito alta	Muito alta	Muito alta

5.2.2 Etapa 2 - Análise multicritério

No presente estudo a análise multicritério foi realizada para a determinação da vulnerabilidade ambiental, da vulnerabilidade populacional e da probabilidade de acidentes.

Sendo assim, se fez necessário a execução das seguintes etapas antes de realizar a análise multicritério:

a) - Elaborar uma lista com os principais critérios contidos na área de estudo e que poderão influenciar na determinação do risco. Nicolet-Monnier e Gheorghe (1996) propõe-se a listagem dos seguintes critérios ambientais, Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Critérios listados para a realização do painel de especialistas.

Alvos	Critérios Listados
AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Meio físico</u>: hidrografia, textura do solo, topografia, uso e ocupação do solo, etc; • <u>Meio biótico</u>: vegetação, fauna, etc.
POPULACIONAL	<ul style="list-style-type: none"> • Localização da cidade, densidade populacional, atividade econômica lindeira a rodovia.
RODOVIA	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Funcionais</u>: tipo de pista, Volume Diário Médio de Tráfego (VDM), perfil do tráfego; • <u>Geométricos</u>: curva horizontal, curva vertical, trecho linear, cruzamento em nível, declividade da rampa, etc.

Fonte: Adaptado de Nicolet-Monnier e Gheorghe (1996).

b) - Elaborar o primeiro painel de especialista para a determinação de quais critérios contidos na lista contribuirão para a determinação da vulnerabilidade ambiental, da vulnerabilidade populacional e da probabilidade de acidentes.

c) - Após a determinação dos critérios é primordial que o problema seja decomposto em uma hierarquia de critérios para possibilitar a análise de modo independente. Na estruturação hierárquica, o objetivo da decisão, neste caso é determinar o risco ambiental envolvendo o TRPP. Para isso foram necessárias duas análises: determinar a gravidade do acidente e a contribuição dos elementos da rodovia para aumentar a probabilidade de acidentes, devendo cada objetivo ser analisado de forma independente, conforme Figura 5.4 e Figura 5.5.

Figura 5.4 - Estruturação hierárquica para determinação da gravidade do risco no TRPP.

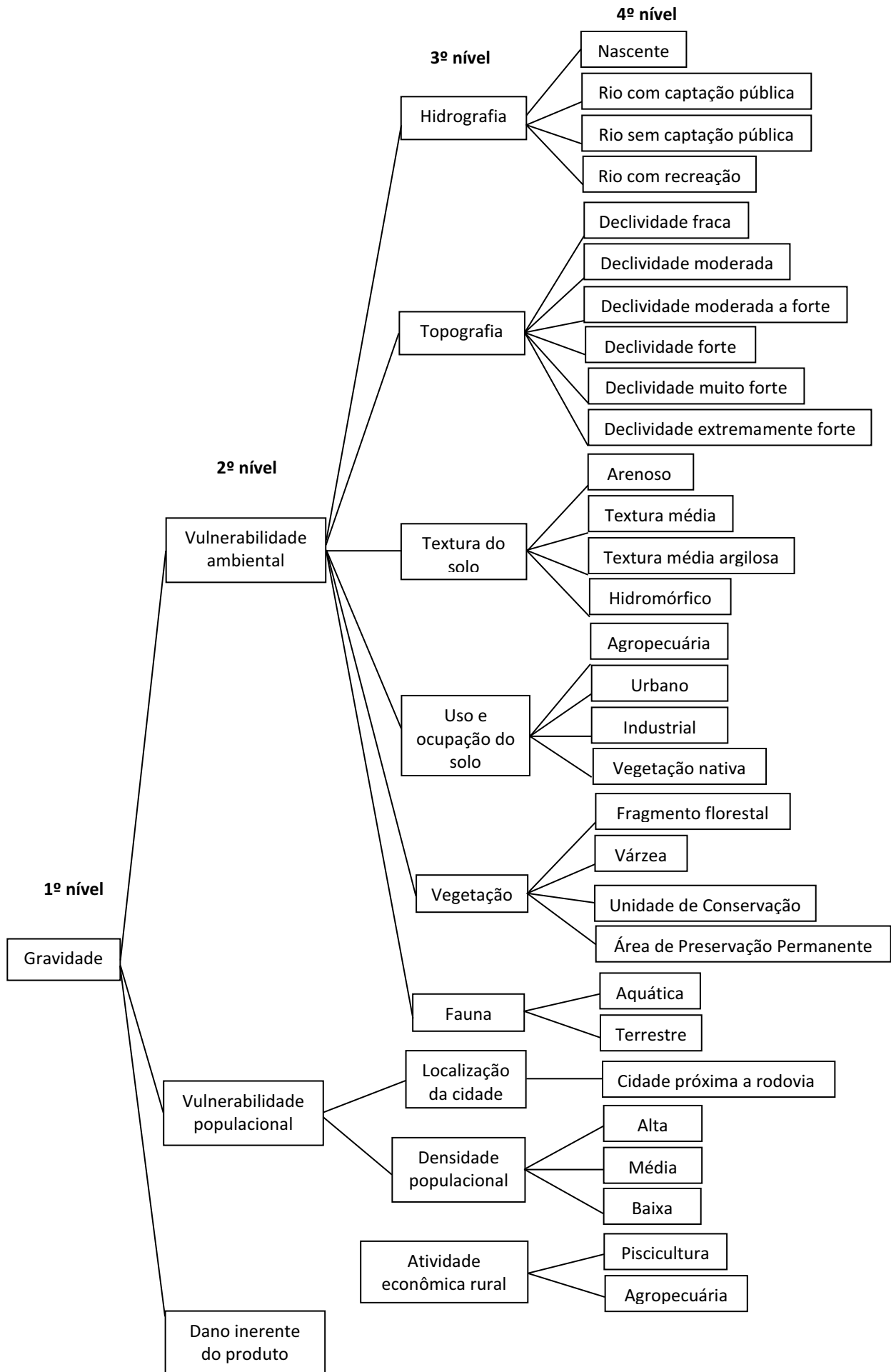
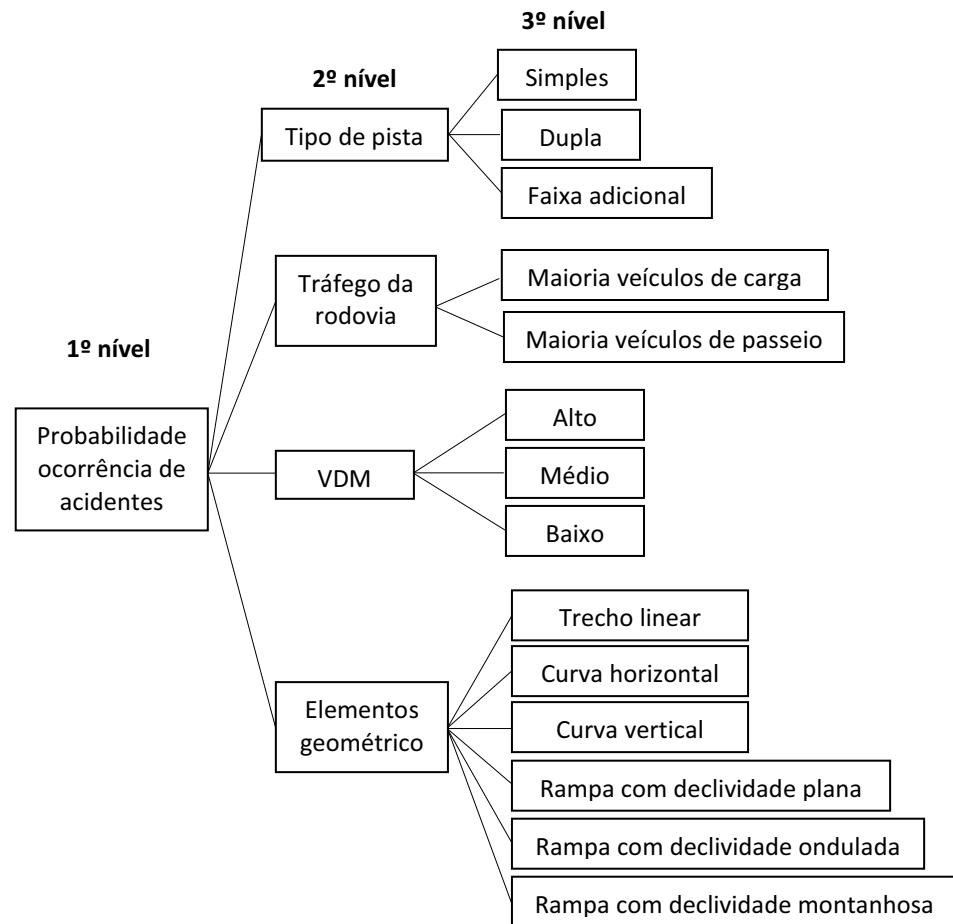


Figura 5.5 - Estruturação hierárquica para determinação da probabilidade de ocorrência de acidentes no TRPP.

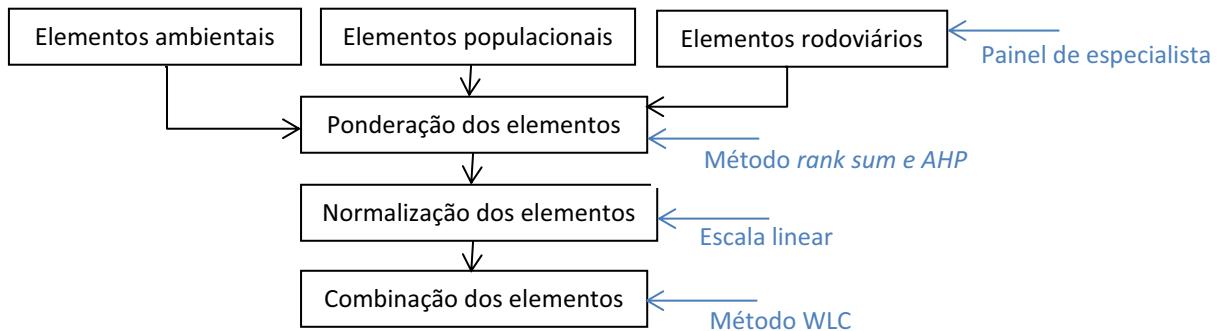


Na análise da gravidade tem-se no primeiro nível o próprio objetivo, ou seja, determinar a gravidade do acidente. No segundo nível os principais critérios que contribuem para aumentar a gravidade do acidente, como a vulnerabilidade ambiental, vulnerabilidade populacional e o dano inerente do produto transportado. No terceiro nível os subcritérios dos elementos do segundo nível como vegetação, topografia, hidrografia, densidade populacional, atividade econômica rural, etc. E no quarto nível os atributos dos elementos do terceiro nível.

Na análise da contribuição dos elementos da rodovia para aumentar a probabilidade de acidentes tem-se no primeiro nível o objetivo da análise, ou seja, determinar o índice de acidentes (IA). No segundo nível estão os principais critérios que contribuem para aumentar o IA, como tipo de pista, Volume Diário Médio (VDM), declividade da rampa, traçado da rodovia, etc. E no terceiro nível os atributos dos elementos do segundo nível.

Realizado o ordenamento dos critérios em cada nível pode então ser realizada a avaliação multicritério, obedecendo a seguinte ordem de execução, Figura 5.6.

Figura 5.6 - Estrutura para aplicação da análise multicritério.



O detalhamento para o desenvolvimento das etapas apresentadas na Figura 5.6 são apresentados na revisão bibliográfica item 4.7.1, 4.7.2 e 4.7.3.

Para a ponderação foi necessário realizar uma análise compartimentada, em que foi utilizado o método de comparação par a par para a ponderação dos critérios do último nível e o método *rank sum* para a ponderação dos demais níveis.

A partir dos pesos normalizados de cada critério foi possível realizar a combinação dos elementos ambientais, antrópicos e rodoviários para a determinação da vulnerabilidade ambiental, populacional e a probabilidade de acidentes, Equação 18, 19 e 13, respectivamente.

5.2.3 Etapa 3 - Caracterização da área de estudo

Primeiramente foi indispensável à definição do trecho para estudo e coleta preliminar de dados para a caracterização da área.

A escolha do trecho foi em função do fluxo de produtos perigosos, do número de acidentes e da localização.

5.2.4 Etapa 4 - Coleta de dados

A coleta dos dados foi realizada conforme Tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Informações coletadas para a análise do risco ambiental envolvendo TRPP.

Alvo	Elementos a serem coletados	Local da coleta	Obtenção dos dados
Meio Ambiente	Obtido no painel de especialista	Área de influência direta	Consulta a documentos técnicos e se necessário levantamento primário de campo.
Rodovia	Obtido no painel de especialista	Faixa de domínio	Consulta a documentos técnicos e se necessário levantamento primário de campo.
Meio Antrópico	Obtido no painel de especialista	Área de influência direta	Consulta a documentos técnicos.
TRPP	Levantamento dos produtos perigosos que transitam com mais frequência na rodovia, dos tipos de acidentes, e sua localização.	Trecho estudado	Solicitação dos dados para as concessionárias, Polícia Rodoviária e empresas que produzem ou lidam com produtos perigosos na região.

5.2.5 Etapa 5 - Preparo de mapas básicos

O mapeamento foi realizado, para o caso do Brasil, em Sistema de Coordenadas Geográficas, utilizando-se o *Datum* SIRGAS 2000, e projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM), fuso 22, visto que para países próximos do equador está projeção é aconselhável por apresentar baixíssimas distorções.

Foram realizadas as conversões de mapas de forma a obter a compatibilidade cartográfica, ou seja, mesma projeção e *datum*.

A partir das conversões foi possível sobrepor as informações georreferenciadas para o mapeamento do risco ambiental no TRPP.

5.2.6 Etapa 6 - Mapeamento do risco utilizando a ferramenta SIG

A metodologia proposta foi implementada em uma ferramenta SIG, visto que a mesma é uma das mais ferramentas mais indicadas para a inter-relação entre o banco de dados e o espaço territorial.

O mapeamento foi elaborado através dos seguintes passos:

- Coleta de dados e organização do banco de dados contendo todos os critérios de cada alvo (ambiental, populacional e rodoviário);

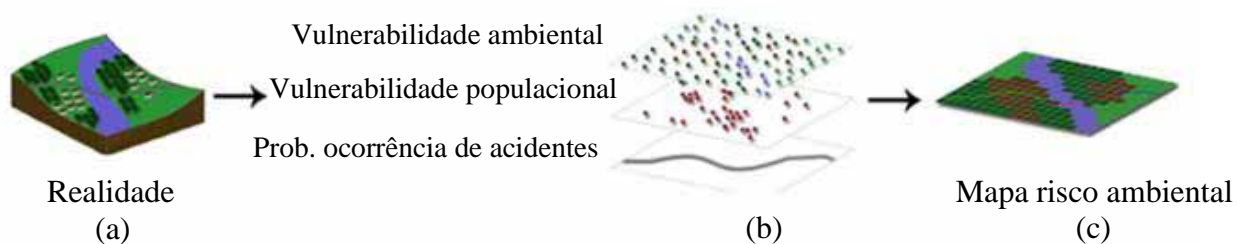
- Segmentação da rodovia em trechos homogêneos com base nas características funcionais, geométricas e estruturais;
- Definir o perigo relacionado para a área de estudo em função do tipo de acidente;
- Definir o dano inerente para a área de estudo em função do tipo de produto transportado;
- Calcular a vulnerabilidade ambiental e populacional;
- Calcular a probabilidade de ocorrência dos acidentes em cada segmento;
- Mapear os resultados através do cruzamento dos planos de informações utilizando um SIG que incorpore modelos de dados vetoriais e *raster*.

Dentre os mapas elaborados destacam-se:

- Mapa da vulnerabilidade ambiental;
- Mapa da vulnerabilidade populacional;
- Mapa de gravidade de dano ambiental (sobreposição do mapa de vulnerabilidade ambiental e populacional relacionados com o perigo e o dano inerente);
- Mapa da probabilidade de acidentes envolvendo o TRPP e
- Mapa de risco (sobreposição do mapa de gravidade de dano ambiental e de probabilidade de acidentes envolvendo o TRPP).

Na Figura 5.7 está exemplificada a produção do mapa de risco ambiental para o TRPP. A partir das reais características da área em estudo (a), foram gerados os mapas temáticos representativos referentes à vulnerabilidade ambiental, vulnerabilidade populacional e probabilidade de ocorrência de acidentes envolvendo o TRPP (b), e a partir da sobreposição destes mapas utilizando a equação 20 foi obtido o mapa de risco ambiental de acidentes de trânsito envolvendo o transporte de produtos perigosos (c).

Figura 5.7 - Elaboração do mapa de risco ambiental para o TRPP.



6 RESULTADOS

6.1 DESENVOLVIMENTO DO MODELO DO RISCO

Para a modelagem do risco ambiental do TRPP foi desenvolvido para esta pesquisa o modelo de risco já apresentado na Equação 20.

$$R = (Ta + Ta \cdot IA) \cdot \left[Pe \cdot \left(\alpha_1 \cdot \left(\frac{H_I + H_R + H_T}{3} + H_{GO} \cdot 0,20 \right) + \alpha_2 \cdot S_{VE} + \alpha_3 \cdot S_{VH} \right) \right] \quad (20)$$

O modelo foi um aprimoramento do modelo de risco proposto por Martínez-Alegría et al. (2003), considerando o painel de especialistas para a identificação dos critérios que contribuíram para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local. Foi incluso também a análise multicritério para a ponderação do dano inerente (α_1), da vulnerabilidade ambiental (α_2), da vulnerabilidade populacional (α_3) que constituem a gravidade do dano.

Para a determinação da vulnerabilidade populacional foi utilizado o modelo de Revelle et al. (1991) e Erkut e Verter (1995) incluindo o painel de especialistas e análise multicritério para identificação e ponderação dos demais critérios que contribuíram para aumentar a vulnerabilidade populacional do local.

Para determinação do perigo foi proposta a normalização dos valores indicados por Martínez-Alegría et al. (2003) em um intervalo de 0 a 1 conforme recomendado por Eastman et al. (1995).

Para o cálculo da probabilidade de acidente foi utilizado o modelo de Ferraz et al. (2008), incluindo o índice de acidentes (IA) que expressa a contribuição dos elementos da rodovia para aumentar a probabilidade de acidentes.

6.2 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

A caracterização preliminar do local de estudo foi obtida através do levantamento do traçado da rodovia, por meio da aquisição de arquivos *shape files* da concessionária, e as coordenadas dos pontos mais críticos foram coletadas em campo com receptor GPS. Foram identificados os trechos que cruzam fragmentos florestais e rios utilizados para o abastecimento público, recreação e piscicultura.

Os pontos críticos foram organizados no banco de dados possibilitando a visualização de sua distribuição no trecho em estudo, Figura 6.1.

Figura 6.1 - Distribuição dos pontos críticos no trecho em estudo.



Em campo, foi realizada a coleta das coordenadas dos principais pontos críticos da rodovia, Tabela 6.1, sendo todos os pontos registrados em arquivo fotográfico, Figura 6.2.

Tabela 6.1 - Identificação dos pontos selecionados para estudo.

Ident.	Rodovia	Trecho (km)	Coordenadas UTM	Recurso Hídrico
Ponto 1	SP 225	235+750	701267, 7525330	Afluente Água da Ressaca
Ponto 2	SP 225	236+750	700389, 7524710	Afluente Água da Ressaca
Ponto 3	SP 225	242+650	695867, 7520978	Rio Batalha
Ponto 4	SPA 247/225	0+000 a 0+600 0+250 a 1+430 0+600	692847, 7519626	Afluente do Ribeirão do Veado
Ponto 5	SP 225	246+300	692883, 7518966	Afluente do Ribeirão do Veado
Ponto 6	SP 225	269+250	672973, 7508610	Afluente Rio da Corrente (Mata Atlântica)
Ponto 7	SP 225	293+050	661563, 7489357	Córrego do Rangel (Prainha)
Ponto 8	SPA 026/327	2+400 2+400 a 3+800	618727, 7462513	Rio Pardo
Ponto 9	SP 327	31+200	614808, 7463841	Rio Turvo

Figura 6.2 - Caracterização dos pontos críticos.



(A) Ponto 1



(B) Ponto 2



(C) Ponto 3



(D) Ponto 4



(E) Ponto 5



(F) Ponto 6



(G) Ponto 7



(H) Ponto 8



(I) Ponto 9

6.3 IDENTIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS PARA A DETERMINAÇÃO DO RISCO

A identificação dos elementos para a determinação do risco ambiental foi obtida através do painel de especialista, com o intuito de se obter uma representatividade equilibrada

Para elaboração do primeiro painel de especialistas primeiramente foi realizado um formulário piloto para teste com os docentes do departamento de Pós Graduação da UNESP. Realizado as adequações recomendadas o formulário foi encaminhado para os especialistas,

no entanto, ocorreram alguns questionamentos e o painel foi abortado. Após realização de nova revisão o formulário foi então reencaminhado. O formulário, como é apresentado *online*, está apresentado no Anexo A.

A elaboração do primeiro painel de especialistas resultou em um formulário *online* para facilitar o acesso e resposta dos especialistas. Os critérios listados se encontram na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 - Elementos contidos no formulário painel de especialista.

Alvos	Critérios Listados
AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Hidrografia: nascente, rio com captação pública, rio sem captação, rio com recreação rio classe 1,2,3,4. ➤ Textura do solo: solo arenoso, solo de textura média, solo de textura média argilosa, solo hidromórfico. ➤ Topografia: declividade fraca, declividade moderada a forte, declividade forte, declividade muito forte, declividade extremamente forte. ➤ Uso e ocupação do solo: área agropecuária, área urbana, área industrial, área de vegetação nativa. ➤ Vegetação: fragmento florestal, várzea, Área de Preservação Permanente (APP), Unidade de Conservação (UC). ➤ Fauna: aquática e terrestre.
POPULACIONAL	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Localização da cidade: existência cidade próxima à rodovia. ➤ Densidade populacional: alta densidade, média densidade, baixa densidade. ➤ Atividade econômica: piscicultura e agropecuária.
RODOVIÁRIO	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tipo de pista: pista simples, pista dupla, faixa adicional. ➤ Tráfego da rodovia: maioria veículos de carga, maioria veículos de passeio. ➤ VDM: muito alto, alto, médio, baixo. ➤ Elementos geométricos: curva horizontal, curva vertical, linear, cruzamento em nível, rampa declividade plana, rampa declividade ondulada, rampa declividade montanhosa.

A determinação dos elementos que contribuem para a vulnerabilidade ambiental, populacional e a probabilidade de acidentes elencaram as alternativas: alta, média, pouca e nenhuma contribuição para cada elemento listado. Para não gerar dispersão nas respostas foi considerado no final: alta e média contribuição como SIM e pouco e nenhuma contribuição como NÃO.

O formulário online foi enviado para quatorze especialistas e oito responderam. Os especialistas selecionados foram pessoas independentes, reconhecidas, no mínimo, em um dos

campos tratados pelo formulário em avaliação, ou seja, especialistas na área de meio ambiente, transporte ou análise multicritério.

Na Tabela 6.3, Tabela 6.4 e Tabela 6.5 são apresentados de forma sucinta os resultados obtidos com a aplicação do primeiro painel de especialistas, e os gráficos gerados estão apresentados no Anexo B.

Tabela 6.3 - Contribuição dos elementos populacionais primeiro painel de especialistas

Elemento	Nenhuma/Pouca NÃO	Média/Alta SIM
Cidade próxima a rodovia	0%	100%
Local de alta densidade	0%	100%
Local de média densidade	13%	87%
Local de baixa densidade	38%	62%
Piscicultura	13%	87%
Agropecuária	14%	86%

Tabela 6.4 - Contribuição dos elementos rodoviários primeiro painel de especialistas

Elemento	Nenhuma/Pouca NÃO	Média/Alta SIM
Pista simples	0%	100%
Pista dupla	29%	71%
Faixa adicional	67%	33%
Tráfego com maioria veículos de carga	0%	100%
Tráfego com maioria veículo de passeio	28%	72%
VDM muito alto (4.401 a 50.000)	0%	100%
VDM alto (1.501 a 4.400)	14%	86%
VDM médio (501 a 1.500)	43%	57%
VDM baixo (até 500)	72%	28%
Trecho com curva horizontal	0%	100%
Trecho com curva vertical	29%	71%
Trecho linear	57%	43%
Cruzamento em nível	0%	100%
Rampa com declividade plana (< 3%)	71%	29%
Rampa com declividade ondulada (3% a 6%)	29%	71%
Rampa com declividade montanhosa (> 6%)	14%	86%

Tabela 6.5 - Contribuição dos elementos ambientais primeiro painel de especialistas

Elemento	Nenhuma/Pouca NÃO	Média/Alta SIM
Nascente	0%	100%
Rio com captação pública	0%	100%
Rio sem captação pública	0%	100%
Rio com recreação	0%	100%
Rio classe 1	0%	100%
Rio classe 2	0%	100%
Rio classe 3	0%	100%
Rio classe 4	0%	100%
Solo arenoso	13%	87%
Solo de textura média	0%	100%
Solo de textura média argilosa	25%	75%
Solo hidromórfico	13%	87%
Declividade fraca (< 3%)	38%	62%
Declividade moderada (3% a 6%)	25%	75%
Declividade moderada a forte (6% a 12%)	13%	87%
Declividade forte (12% a 20%)	14%	86%
Declividade muito forte (20% a 40%)	14%	86%
Declividade extremamente forte (> 40%)	25%	75%
Área agropecuária	0%	100%
Área urbana	0%	100%
Área industrial	13%	87%
Área de vegetação nativa	13%	87%
Fragmento florestal	13%	87%
Várzea	0%	100%
APP	0%	100%
UC	0%	100%
Fauna aquática	0%	100%

6.4 PESOS DOS CRITÉRIOS PARA DETERMINAÇÃO DO RISCO AMBIENTAL

A ponderação dos critérios definidos no primeiro painel de especialistas foi obtida a partir de um segundo painel de especialistas. A ponderação foi realizada utilizando o método de comparação par a par para os elementos do último nível e o método *rank sum* para ponderação dos demais níveis, conforme Figura 5.4 e Figura 5.5, ambas já apresentadas.

Nesta etapa o formulário foi enviado para os quatorze especialistas que fizeram parte do primeiro painel e apenas três responderam. Apesar do número pequeno de respostas, verificou-se a participação de ambas as áreas de conhecimento, meio ambiente e transporte, o que proporcionou resultados aceitáveis e devido ao prazo do programa optou-se por dar continuidade à simulação do modelo.

Na Tabela 6.6 são apresentados os pesos dos critérios para determinação da probabilidade de ocorrência de acidentes envolvendo o TRPP, sendo determinada pelo tipo de pista, composição do tráfego da rodovia, VDM e elementos geométricos.

Tabela 6.6 - Peso dos critérios para determinação da probabilidade de acidentes envolvendo TRPP.

Critério	Peso	Subcritério	Peso
Tipo de pista	0,30	Simples	0,69
		Dupla	0,08
		Faixa adicional	0,23
Composição do tráfego da rodovia	0,20	Maioria veículos de carga	0,71
		Maioria veículos de passeio	0,29
VDM	0,23	Alto	0,53
		Médio	0,47
Elementos geométricos	0,27	Trecho linear	0,05
		Curva horizontal	0,44
		Curva vertical	0,18
		Rampa com declividade ondulada	0,15
		Rampa com declividade montanhosa	0,18

Na Tabela 6.7 são apresentados os pesos dos critérios para determinação da gravidade do dano que é composto pela vulnerabilidade ambiental, vulnerabilidade populacional e dano inerente do produto.

Tabela 6.7 - Peso dos critérios para determinação da gravidade do dano.

Critério	Peso	Subcritério	Peso	Atributos	Peso
VULNERABILIDADE AMBIENTAL	0,22	Hidrografia	0,23	Nascente	0,14
				Rio com captação pública	0,51
				Rio sem captação pública	0,08
				Rio com recreação	0,27
		Topografia	0,19	Declividade fraca	0,26
				Declividade moderada	0,65
				Declividade forte	0,09
		Textura do solo	0,11	Arenoso	0,43
				Textura média	0,17
				Textura média argilosa	0,07
				Hidromórfico	0,33
		Uso e ocupação do solo	0,21	Agropecuária	0,26
				Urbano	0,43
				Industrial	0,05
Vegetação nativa	0,26				
Vegetação	0,13	Fragmento florestal	0,11		
		Várzea	0,12		
		UC	0,31		
		APP	0,46		
Fauna	0,13	Aquática	0,58		
		Terrestre	0,42		
VULNERABILIDADE POPULACIONAL	0,28	Localização da cidade	0,39	Cidade próxima a rodovia	0,70
				Cidade afastada da rodovia	0,30
		Densidade populacional	0,44	Alta	0,62
				Média	0,26
				Baixa	0,12
Atividade econômica rural	0,17	Piscicultura	0,50		
		Agropecuária	0,50		
DANO INERENTE DO PRODUTO	0,50				

Para verificar a coerência dos julgamentos foi realizado o cálculo do índice de consistência para todas as matrizes de comparação par a par, utilizando as equações (2) e (3).

Após cálculos verificou-se que os valores atribuídos nas matrizes de comparação par a par estão coerentes podendo os pesos atribuídos serem utilizados para a determinação do risco ambiental de acidentes envolvendo o TRPP, pois conforme recomendado por Satty (2008) para que a matriz seja considerada consistente o limite para CR é 0,1. Os cálculos detalhados para determinação dos pesos dos critérios estão apresentados no Anexo C.

6.5 MAPAS BÁSICOS

A partir dos mapas obtidos através da bibliografia foram elaborados novos mapas. Essa adaptação e/ou o desenvolvimento de mapas se fez necessária para a identificação da vulnerabilidade ambiental, da vulnerabilidade populacional e da probabilidade de acidentes e assim obter o mapa de risco ambiental de acidente de trânsito envolvendo o transporte de produtos perigosos.

6.5.1 Uso e ocupação do solo

A identificação do uso e ocupação do solo tem relativa importância na determinação da gravidade indicando principalmente a susceptibilidade do meio aos impactos que poderão ocorrer caso ocorra um acidente envolvendo o TRPP.

O mapa de uso e ocupação do solo das sub-bacias hidrográficas pertencentes ao estudo, conforme Figura 6.3, foi extraído da base de dados disponibilizada pelo IBGE.

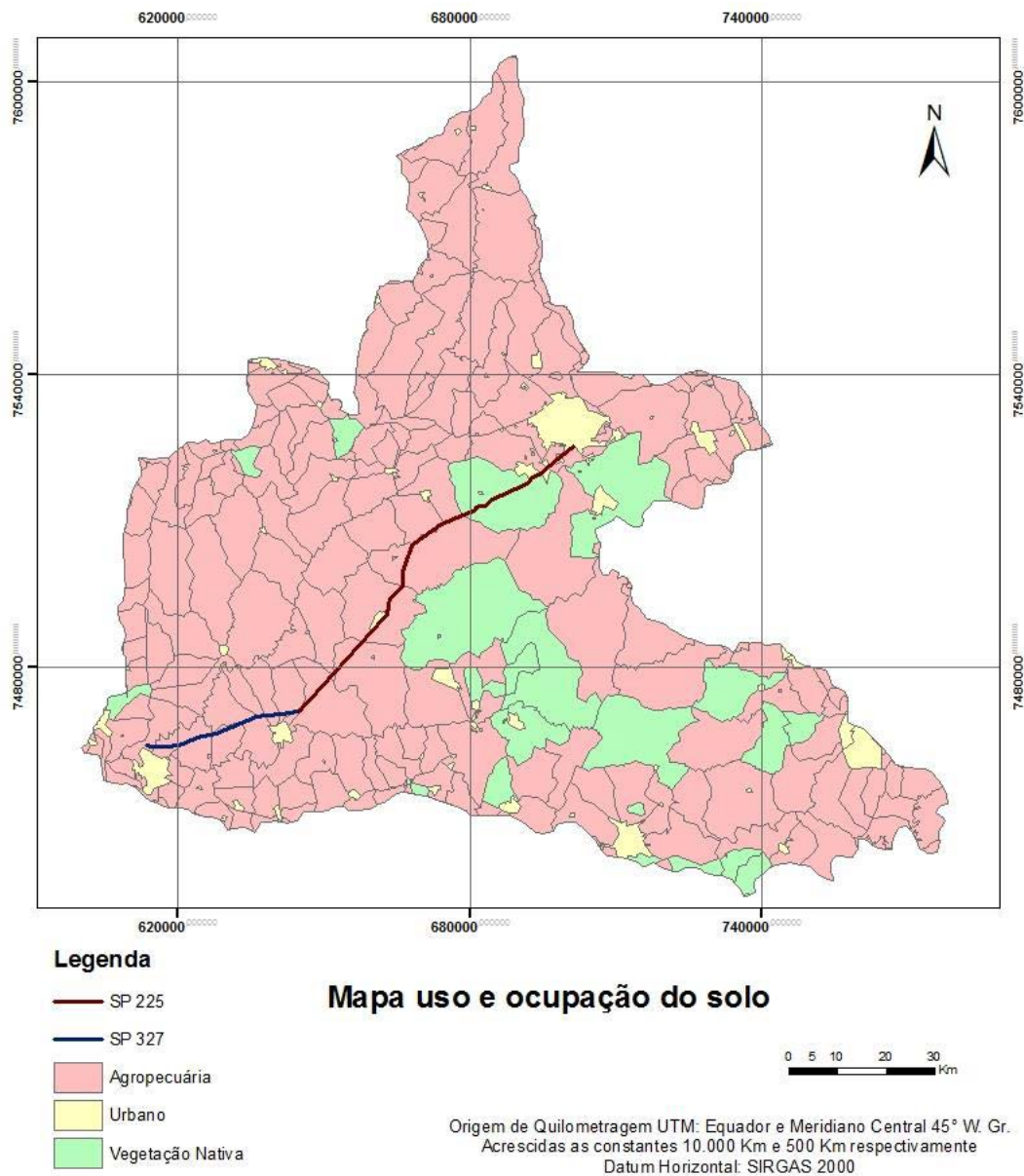
O trecho em estudo passa por extensas áreas ocupadas por pastagens, seguidas por áreas agropecuárias e de lavoura. Ao longo do trecho pode ser identificado também o cruzamento com áreas de florestas e áreas urbanizadas.

Mesmo antes da aplicação do painel de especialistas e atribuição dos pesos para determinação da vulnerabilidade, pelo mapa de uso e ocupação do solo pode ser observado um ponto em que a vulnerabilidade ambiental é maior pela existência de fragmentos florestais, caso observado na SP 225 km 247 + 60 ao 252 + 950.

Alguns locais apresentam menor vulnerabilidade ambiental considerando o impacto à biodiversidade, por serem locais urbanizados, ou seja, locais ambientalmente já degradados pela ação no homem. Nestes pontos, SP 225 km 235 ao 247 + 70, km 291 + 230 ao 295 + 500, a vulnerabilidade populacional é maior.

Nas áreas ocupadas por pastagens e lavouras (SP 225 km 247 + 70 ao 291 + 230, km 295 + 500 ao 317 e SP 327 km 0 ao 32) a vulnerabilidade populacional é maior por afetar a atividade econômica do local.

Figura 6.3 - Mapa uso e ocupação do solo.



Fonte: Adaptado IBGE (2013).

6.5.2 Textura do solo

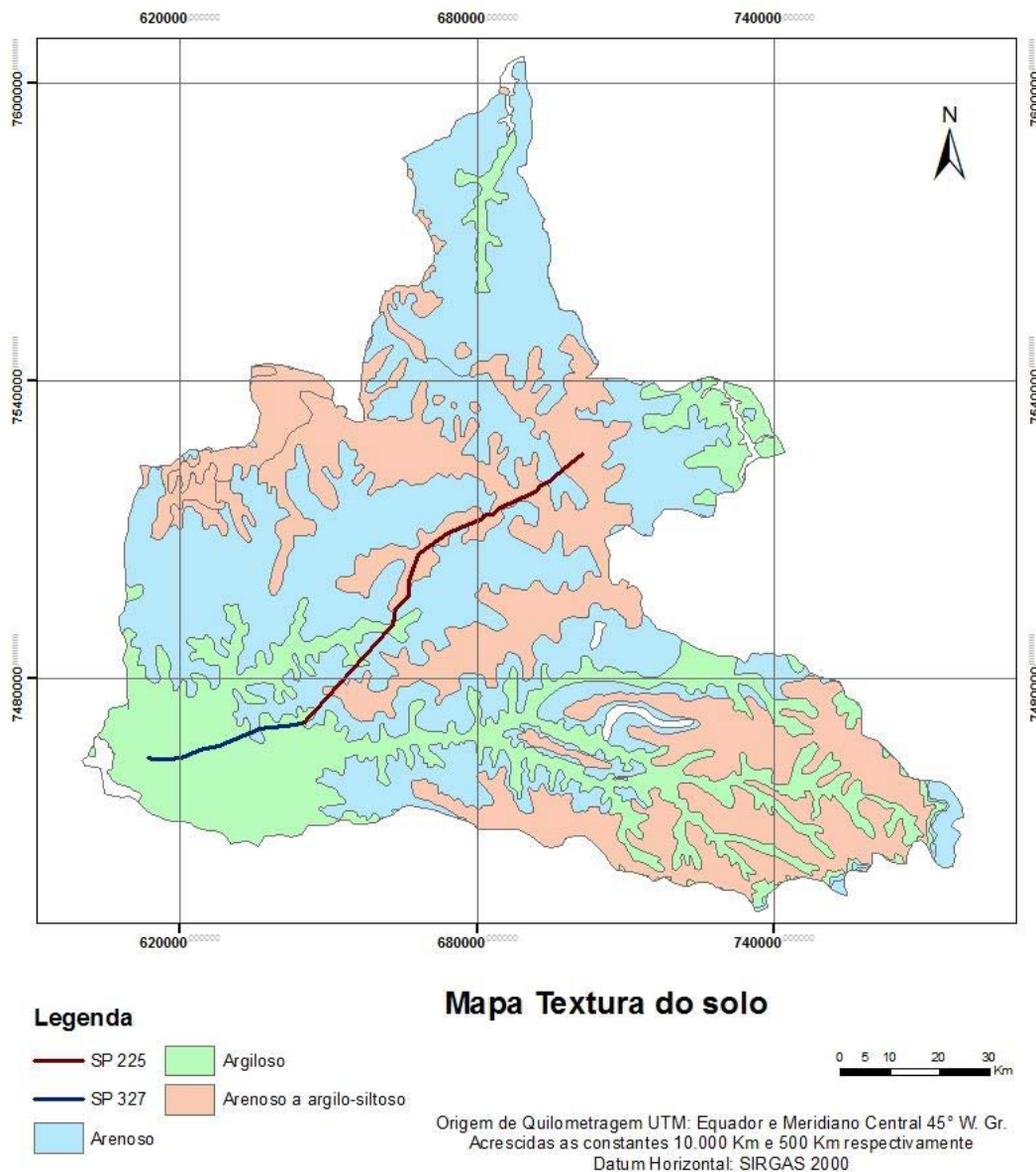
Para a determinação da vulnerabilidade ambiental em caso de acidentes com o TRPP foi desenvolvido o mapa de textura do solo, pois em função do tipo de solo é possível determinar a vulnerabilidade do lençol freático.

O mapa de textura do solo foi extraído do arquivo *shape file* fornecido pelo IBGE, o qual estava no sistema de coordenadas geográficas, *datum* horizontal WGS 84. Assim, foi necessário a transformação para o sistema de coordenadas planas, com projeção UTM, *datum* horizontal SIRGAS 2000, fuso 22 S, utilizando a ferramenta *Feature Project* do ArcGIS.

A partir dos mapas disponibilizados pelo IBGE, abrangendo todo o território brasileiro, foi recortada a área de influência direta, ou seja, as sub-bacias do trecho, utilizando a ferramenta *Clip* do ArcGIS.

Os tipos de solos foram agrupados de acordo com a classificação do IBGE: arenoso, argiloso e arenoso a argilo-siltoso, Figura 6.4.

Figura 6.4 - Mapa textura do solo.



Fonte: Adaptado de IBGE (2013).

Os solos de textura arenoso a argilo-siltoso, ou seja, solos de textura média, localizam-se principalmente ao norte da área em estudo, podendo ser localizados na SP 225

km 235 ao 240 + 830, km 245 + 330 ao 253 + 890, km 266 + 350 ao 283 e km 306 + 160 ao 310 + 120.

Os solos argilosos estão localizados ao sul da área em estudo, nos pontos da SP 225 km 290 + 430 ao 293 + 250, km 300 + 250 ao 302 + 360, km 314 + 100 ao km 317 e nos pontos da SP 327 km 0 ao 8 + 870, km 11+ 20 ao km 32.

De acordo com Moore (2001), os solos arenosos apresentam maiores taxas de infiltração resultando no aumento da vulnerabilidade ambiental, sendo identificados em vários locais da área em estudo, localizando-se principalmente em pontos da SP 225.

Desta forma, verifica-se na área em estudo baixa capacidade de retenção de água e alta taxa de infiltração indicando que a ocorrência de um acidente envolvendo o TRPP poderá atingir o lençol freático,

6.5.3 Hidrografia

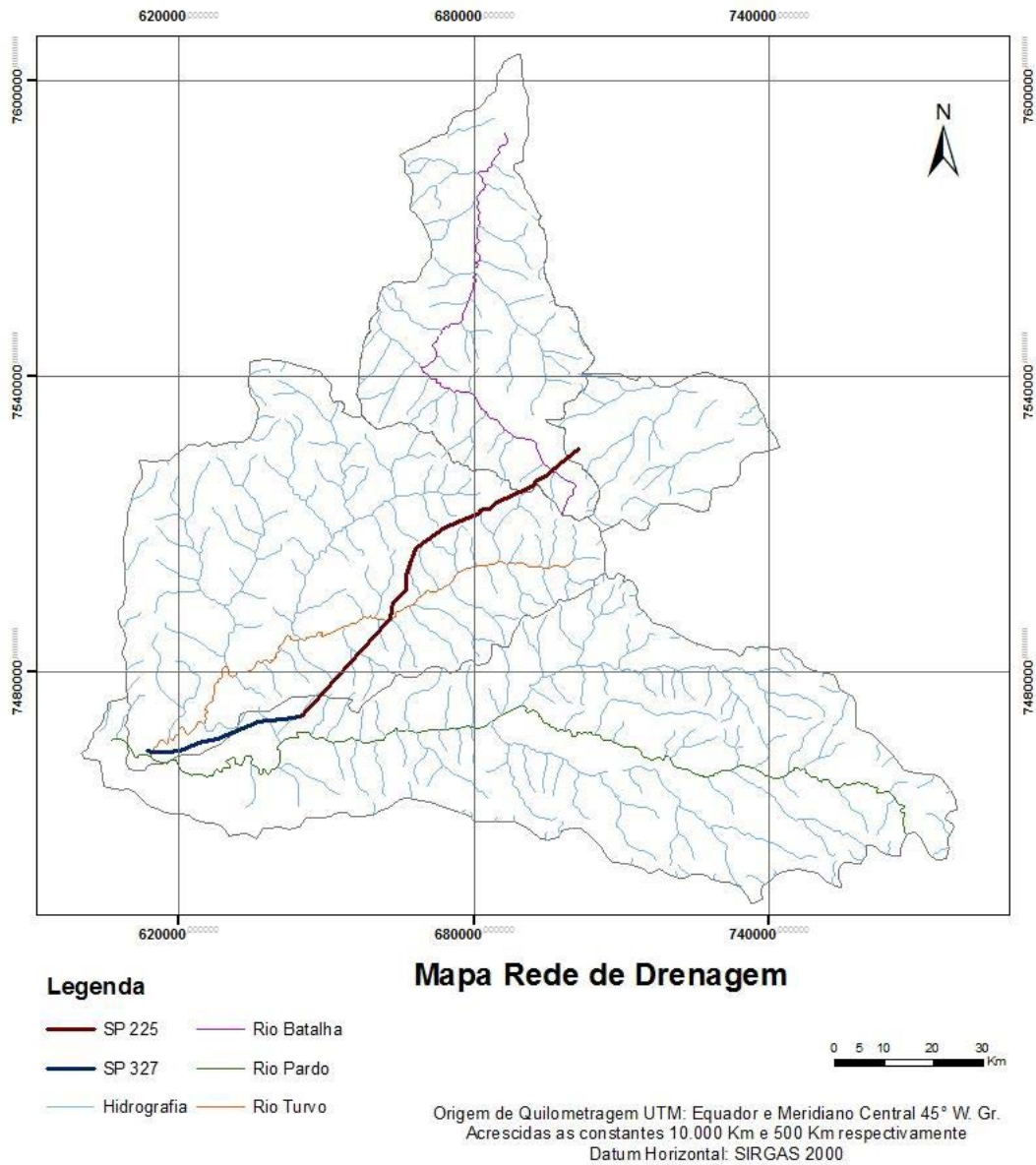
A caracterização dos recursos hídricos superficiais no trecho em estudo teve por objetivo a identificação dos principais cursos d'água, uma vez que os mesmos tornam-se os elementos ambientais mais vulneráveis no caso de acidentes envolvendo produtos perigosos.

A rede de drenagem foi extraída do arquivo *shape file* fornecido pelo CPRM, o qual estava no sistema de coordenadas geográficas, *datum* horizontal WGS 84. Assim, foi necessário a transformação para o sistema de coordenadas planas, com projeção UTM, *datum* horizontal SIRGAS 2000, fuso 22 S, utilizando a ferramenta *Feature Project* do ArcGIS.

Realizou-se a identificação dos principais cursos d'água que cruzam o trecho em estudo. O mapa de rede de drenagem foi extraído da base de dados disponibilizado pela CPRM e é apresentado na Figura 6.5.

Como observado na Figura 6.5, vários pontos do trecho em estudo cortam rios aumentando a vulnerabilidade do local caso ocorra um acidente envolvendo TRPP.

Figura 6.5 - Mapa rede de drenagem.



Fonte: Adaptado de CPRM (2010).

A seguir, na Tabela 6.8, os recursos hídricos existentes ao longo da rodovia são identificados e classificados, conforme Decreto Estadual n.º 10.755 de 1977.

Tabela 6.8 - Identificação recursos hídricos identificados.

Rodovia	Trecho (km)	Nome do recurso hídrico	Município	Classe	Captação no trecho ou em até 5 km a jusante?
SP 225	235+750	Afluente Água da Ressaca	Bauru	Classe 2	Não
SP 225	236+750	Afluente Água da Ressaca	Bauru	Classe 2	Não
SP 225	242+650	Rio Batalha	Bauru e Piratininga	Classe 2	Sim
SPA 247/225	0+250 a 1+430	Afluente do Ribeirão do Veado	Piratininga	Classe 2	Sim
SP 225	246+300	Afluente do Ribeirão do Veado	Piratininga	Classe 2	Sim
SP 225	269+250	Afluente Rio da Corrente	Paulistânia	Classe 2	Não
SP 225	293+050	Córrego do Rangel	Espírito Santo do Turvo	Classe 2	Não
SPA 026/327	2+400 a 3+800	Rio Pardo	Ourinhos	Classe 2	Sim
SP 327	31+200	Rio Turvo	Ourinhos	Classe 2	Não

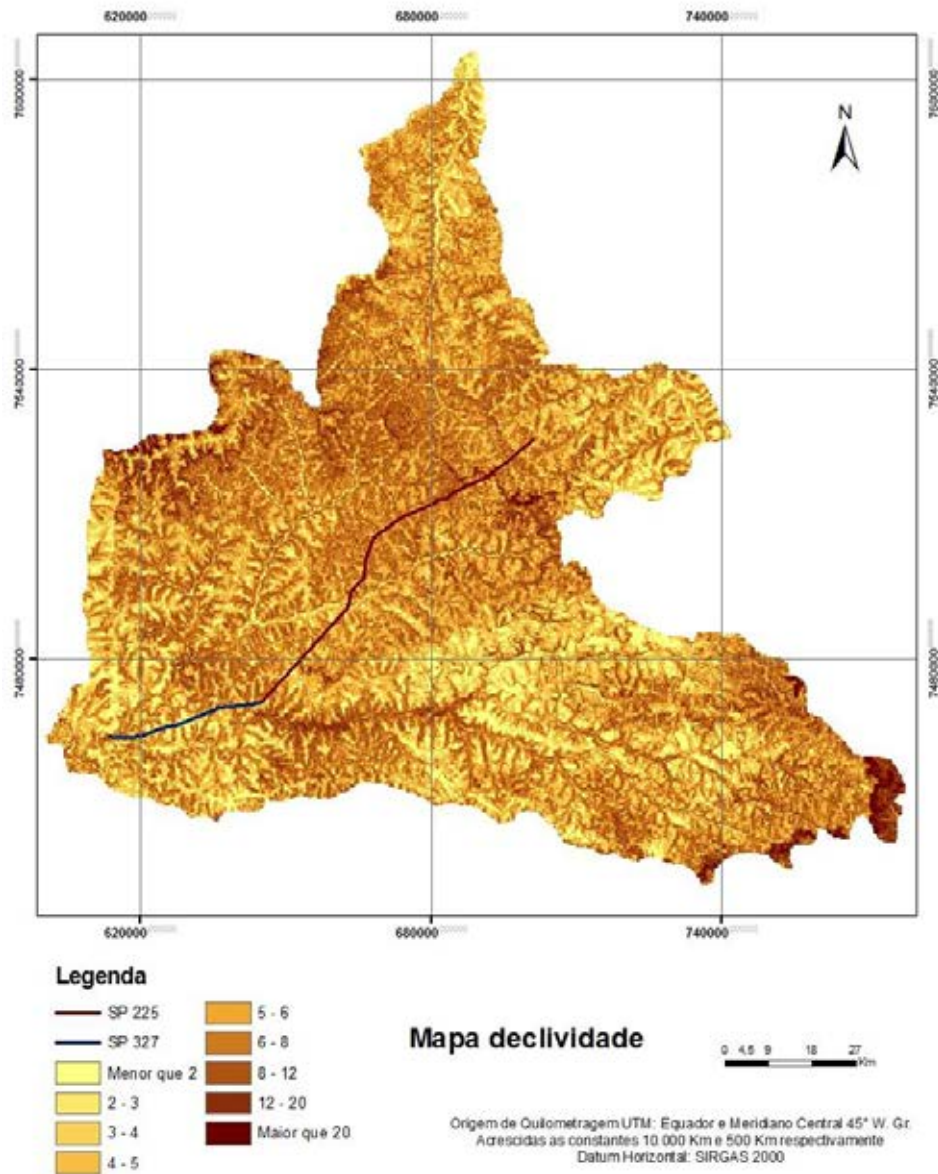
Fonte: CART (2010).

6.5.4 Topografia

O mapa de declividade do terreno foi gerado a partir das imagens SRTM disponibilizadas pela EMBRAPA. Primeiramente foram geradas as curvas de nível com distância de 30 metros utilizando a ferramenta *Contour* do *software* ArcGIS. Com as curvas de nível foi possível representar a superfície do terreno através do TIN (*Triangular Irregular Networks*) e então gerado o mapa de declividade em porcentagem através da ferramenta *Slope* do *software* ArcGIS.

A divisão das classes de declividade foi baseada na metodologia proposta por Garcia e Piedade (1987), que são: declividade fraca (< 3%), moderada (3% a 6%), moderada a forte (6% a 12%), forte (12% a 20%), muito forte (20% a 40%) e extremamente forte (maior que 40%). Como a área em estudo é relativamente plana, optou-se por reduzir os intervalos da divisão para aumentar o nível de detalhamento, sendo adotadas as seguintes divisões: 2 a 3%, 3 a 4%, 4 a 5%, 5 a 6%, 6 a 8%, 8 a 12%, 12 a 20% e maior que 20%. Na Figura 6.6 é apresentado o mapa de declividade da área em estudo.

Figura 6.6 - Mapa de declividade



Através da análise da Figura 6.6 observou-se que áreas com declividade moderada predominam na área em estudo. Foram identificados locais com declividade moderada em pontos da SP 225 - km 235 ao 235 + 910, km 238 + 350 ao 239 + 160, km 247 ao 248 + 220, km 251 + 235 ao 254 + 780, km 272 + 390 ao 272 + 620, km 276 + 620 ao 280 + 70, km 307 + 110 ao 307 + 660, 314 + 50 ao 315 + 800 e pontos da SP 327 km 14 + 160 ao 15 + 340. E um local com declividade moderada a forte, SP 225 nos km 246 ao 247 + 30.

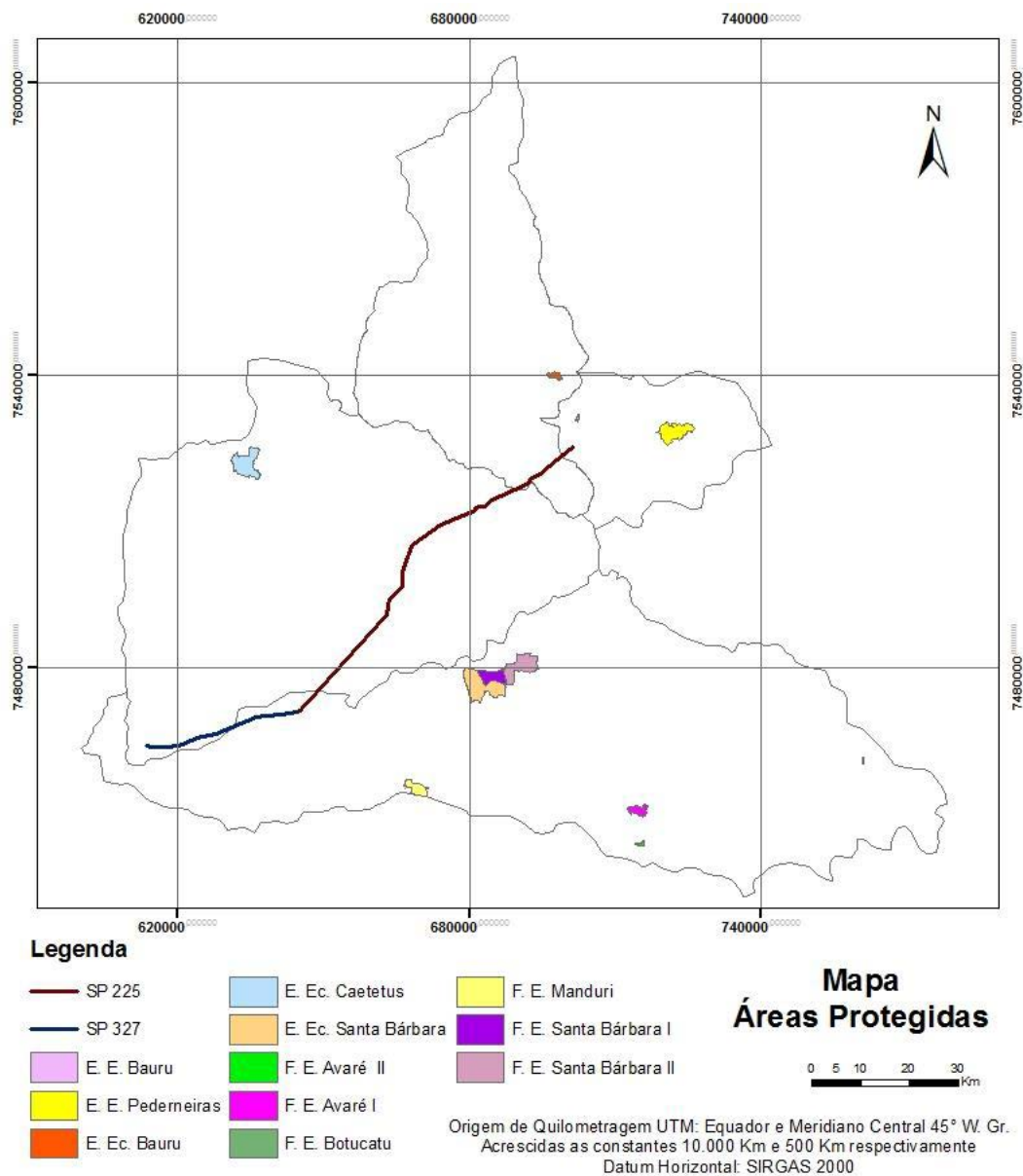
Zuquette (1987) relata que áreas com declividade entre 10% e 20% são inadequadas para projetos viários. No trecho em estudo as maiores declividades foram de 6% a 8%, ou seja, de maneira geral a declividade pode ser caracterizada como fraca e moderada, sendo adequadas para a construção de rodovias.

6.5.5 Áreas protegidas

A localização das Unidades de Conservação (UC) inseridas na área em estudo foi extraída do arquivo *shape file* fornecido pelo CPRM, o qual estava no sistema de coordenadas geográficas, *datum* horizontal WGS 84. Assim, foi necessário a transformação para o sistema de coordenadas planas, com projeção UTM, *datum* horizontal SIRGAS 2000, fuso 22 S, utilizando a ferramenta *Feature Project* do ArcGIS.

As UC localizadas dentro da área de estudo estão apresentadas na Figura 6.7.

Figura 6.7 - Mapa áreas protegidas.



Fonte: Adaptado CPRM (2010).

A Estação Ecológica de Bauru é a UC mais próxima do trecho em estudo, estando a quase 4 km de distância, seguida da Estação Experimental de Pederneiras e da Estação Ecológica de Santa Bárbara estando a quase 17 km e 20 km de distância, respectivamente.

Além das unidades de conservação foram também avaliadas as Áreas de Preservação Permanente (APP) para a determinação da vulnerabilidade ambiental.

As APP foram instituídas pelo Código Florestal (Lei nº 4.771) em 1965, e consistem em uma área protegida, ambientalmente frágil e vulnerável, coberta ou não por vegetação nativa com a função principal de preservar os recursos hídricos (BRASIL, 1965).

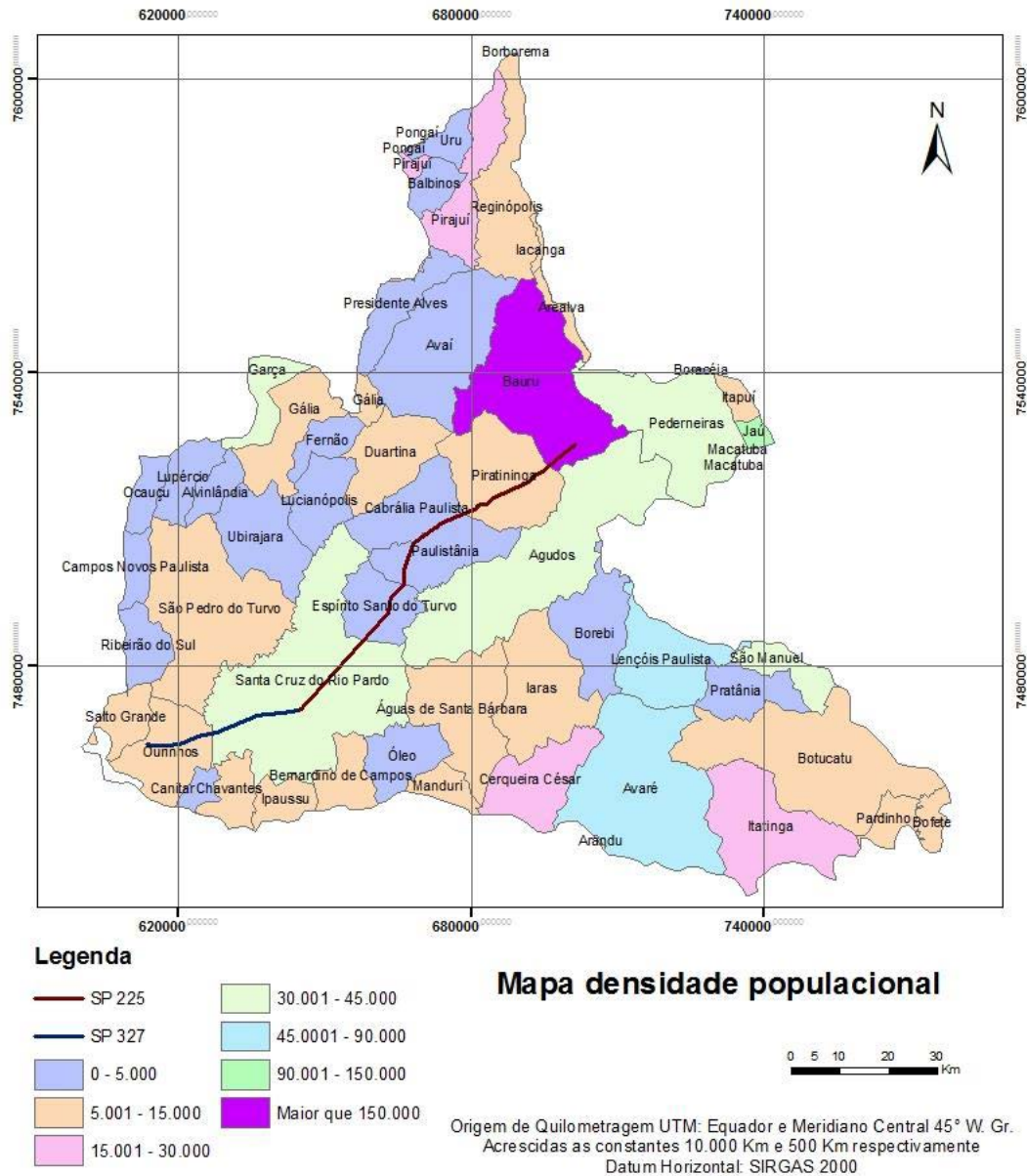
6.5.6 Densidade populacional e mancha urbana

O mapa de densidade populacional foi gerado a partir da base de dados fornecida pelo IBGE. Realizou-se a importação dos dados demográficos de todos os municípios inseridos na área de estudo, e a partir disso foi realizado a classificação dos locais de acordo com a densidade populacional utilizando a ferramenta *Unique Values* do ArcGIS.

Para elaboração do mapa de mancha urbana realizou-se a importação dos arquivos *shape files* das manchas urbanas dos oito municípios cortados pelo trecho em estudo. As manchas urbanas foram extraídas da base cartográfica fornecida pelo IBGE, o qual estava no sistema de coordenadas geográficas, *datum* horizontal WGS 84. Assim, foi necessário a transformação para o sistema de coordenadas planas, com projeção UTM, *datum* horizontal SIRGAS 2000, fuso 22 S, utilizando a ferramenta *Feature Project* do ArcGIS.

Na Figura 6.8 é representado o mapa indicando a densidade populacional dos municípios pertencentes às sub-bacias do trecho em estudo.

Figura 6.8 - Mapa densidade populacional.

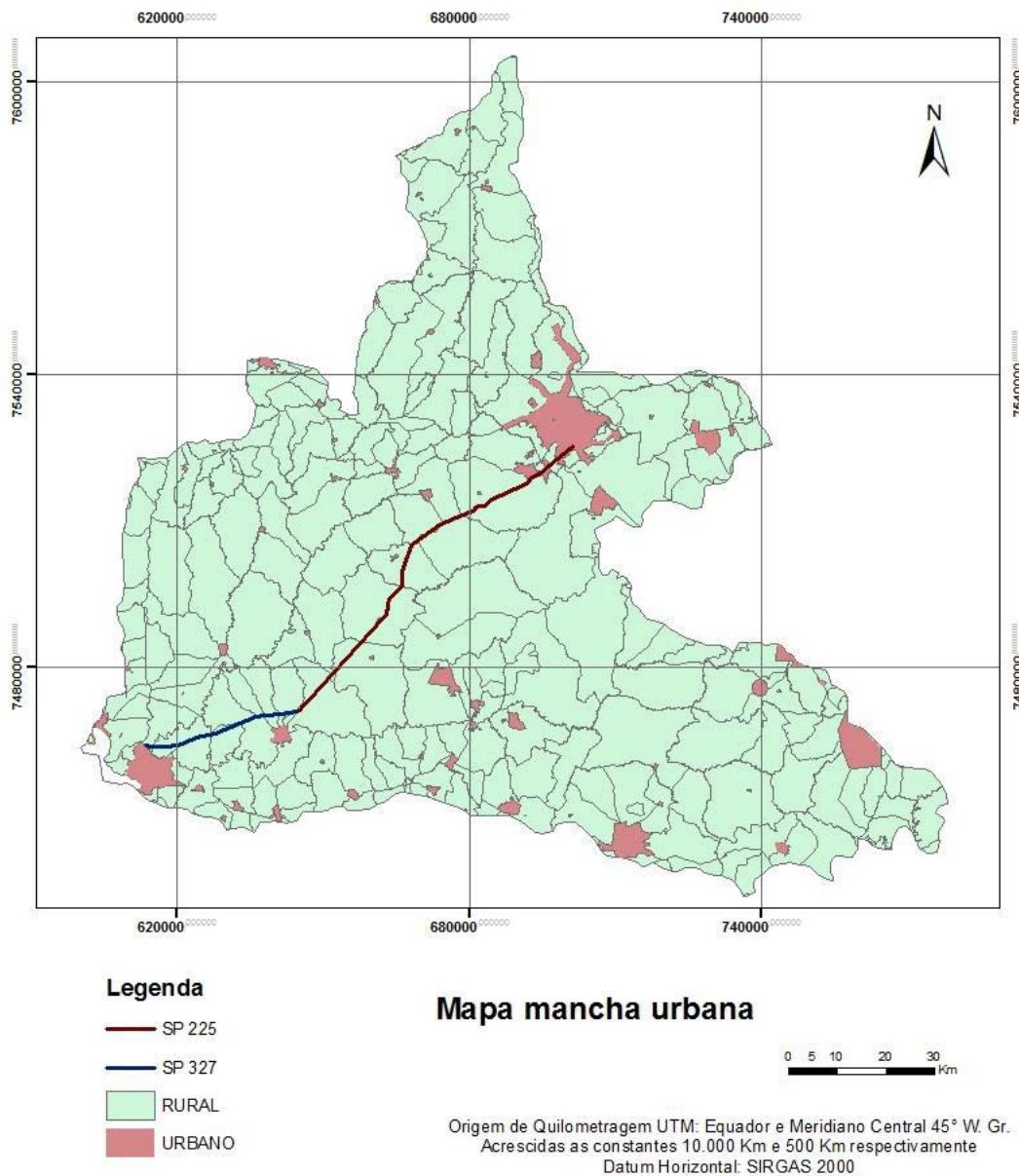


De acordo com a Figura 6.8, o trecho em estudo perpassa por um conjunto de oito municípios com densidades populacionais bem distintas.

O município de Bauru é o mais populoso da região em estudo, seguido do município de Santa Cruz do Rio Pardo e Ourinhos.

A localização da malha urbana de cada município é indicada na Figura 6.9.

Figura 6.9 - Mapa mancha urbana.



Fonte: Adaptado IBGE (2013).

Para o estudo foi considerado cidade localizada próxima à rodovia todas as manchas urbanas localizadas até 3 km de distância da rodovia. Para estes locais a interferência caso ocorra um acidente envolvendo o TRPP é direta, aumentando a vulnerabilidade populacional. Situação observada no município de Bauru (km 235 ao 238 e 243+200 ao 246+300), onde o trecho passa pela mancha urbana e os municípios de Piratininga, Paulistânia, Espírito Santo do Turvo, Santa Cruz do Rio Pardo e Ourinhos situados próximos à rodovia.

A SP 225 nos km 235 ao 240 +650 e km 297 ao 317 e a SP 327 nos km 0 ao 18 por atravessarem áreas com alta densidade populacional, município de Bauru e Santa Cruz do Rio Pardo, apresentam maior vulnerabilidade populacional em caso de acidente com o TRPP.

6.6 DESCRIÇÃO DAS RODOVIAS QUE COMPÕEM O TRECHO EM ESTUDO

O trecho em estudo atinge uma extensão total de 144 km, compreendendo a SP 225 e a SP 327.

a) Rodovia Engenheiro João Baptista Cabral Rennó (SP 225)

O trecho que pertence ao Corredor Raposo tem início no km 235+040 no entroncamento com a rodovia SP 300 em Bauru e término no km 317+800 no entroncamento com a rodovia SP 327, trevo de acesso a Santa Cruz do Rio Pardo.

A rodovia tem pista simples até o entroncamento com a Rodovia Castello Branco SP 280 e pista dupla a partir daí até o encontro com a rodovia SP 327. No trecho entre Bauru e Espírito Santo do Turvo estão localizadas as cidades de Piratininga, Cabrália Paulista e Paulistânia.

Na Tabela 6.9 são apresentados os serviços e instalações de apoio ao longo do trecho.

Tabela 6.9 - Serviços e instalações de apoio na SP 225.

km	Descrição
244+600	Serviço de Apoio ao Usuário
251+600	Pedágio
270+400	Serviço de Apoio ao Usuário
299+400	Balança
300+900	Pedágio
309+100	Serviço de Apoio ao Usuário
310	Polícia Rodoviária

Fonte: CART (2010).

Na Tabela 6.10 são apresentadas as obras de arte especiais existentes ao longo do trecho.

Tabela 6.10 - Obras de arte especiais na SP 225.

km	Descrição
235	Interseção com a rodovia SP 300 (PS)
238+500	Passagem de ferrovia (PI)
241	Passagem de gado (PI)
242+500	Ponte Rio Batalha
250+600	Passagem de gado (PI)
265+900	Passagem de gado (PI)
267+370	Interseção com a rodovia SP 293 (PS)
291+600	Ponte Rio Turvo
298+800	Interseção SP 280 (PS)
300+300	Ponte Ribeirão Santa Clara
302+600	Passagem de gado (PI)
303+200	Retorno (PI)
309+200	Retorno (PS)
312+400	Passagem de gado (PI)
313+700	Retorno (PS)
315+200	Passagem de gado (PI)
317+800	Interseção SP 327

PS – Passagem Superior / PI – Passagem Inferior

Fonte: CART (2010).

b) Rodovia Orlando Quagliato (SP 327)

A rodovia SP 327 estabelece a ligação entre a rodovia SP 225 em Santa Cruz do Rio Pardo e a rodovia SP 270 em Ourinhos, na rotatória que conecta esta via com a BR-153, para acesso à Marília, dando continuidade à própria Raposo Tavares no sentido de Presidente Epitácio. O trecho tem extensão de 32,43 km e apresenta pista dupla. Na Tabela 6.11 são apresentados os serviços e instalações de apoio ao longo do trecho.

Tabela 6.11 - Serviços e instalações de apoio na SP 327.

km	Descrição
14,30	Pedágio
16,30	Serviço de Apoio ao Usuário
28,40	Polícia Rodoviária

Fonte: CART (2010).

Na Tabela 6.12 são apresentadas as obras de arte especiais existentes ao longo do trecho.

Tabela 6.12 - Obras de arte especiais na SP 327.

km	Descrição
0	Intersecção com a rodovia SP 225
0+900	Passagem de gado (PI)
1+200	Passagem inferior
2+700	Passagem de gado (PI)
3+900	Retorno (PI)
6+900	Passagem de gado (PI)
7+200	Passagem inferior
14+100	Passagem de gado (PI)
15+500	Retorno (PS)
19+800	Passagem inferior
25+500	Passagem inferior (PI)
31+400	Ponte Rio Turvo
32+400	Interseção com a rodovia SP 270 (PI)

PS – Passagem Superior / PI – Passagem Inferior

Fonte: CART (2010).

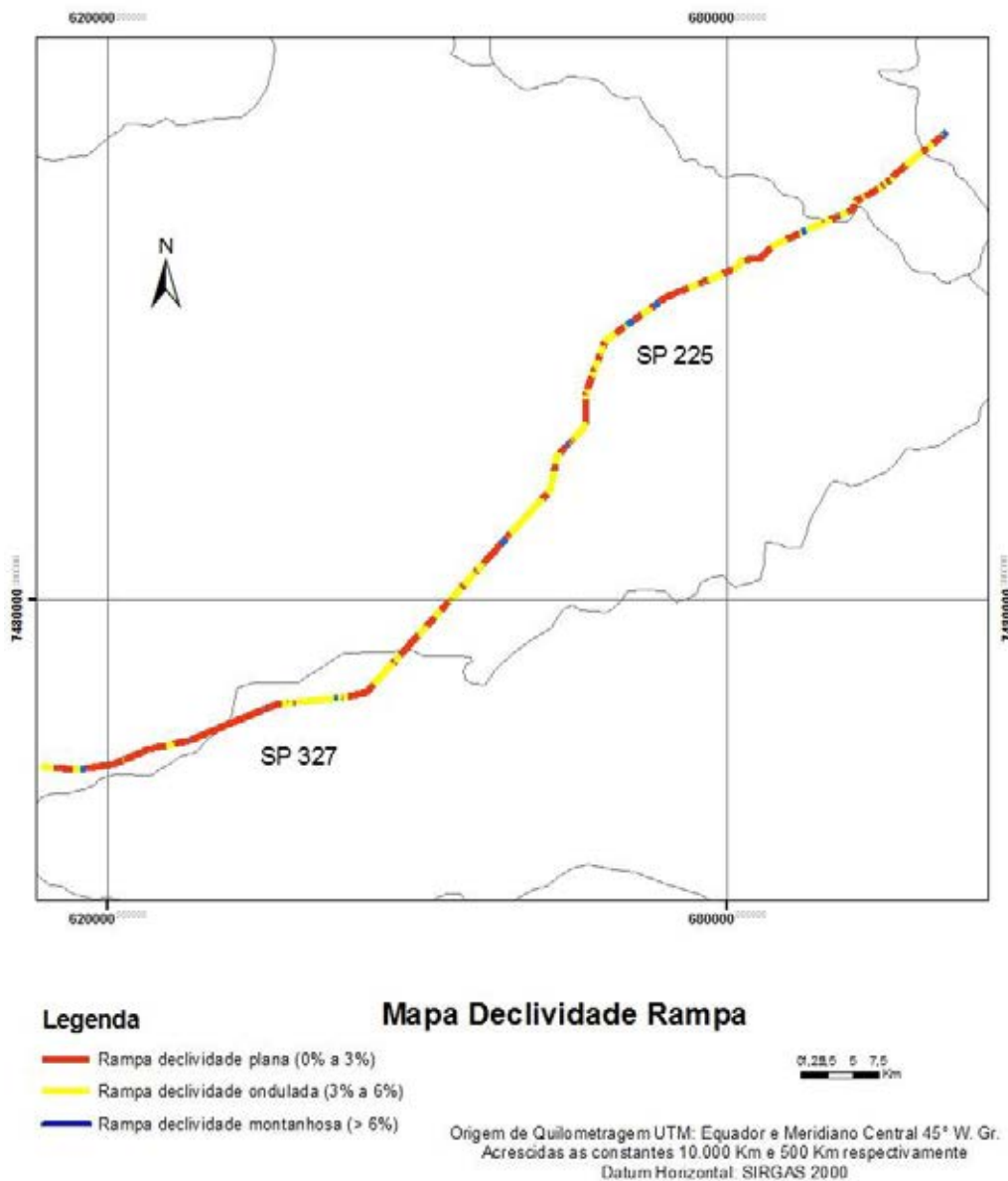
6.6.1 Declividade da rampa

A determinação da probabilidade de acidentes foi obtida após homogeneização dos trechos a partir da declividade da rampa.

As declividades de cada trecho foram calculadas a partir do desnível vertical e distância horizontal obtidos pelo perfil de elevação no *Google Earth*®.

Após cálculo das declividades e extração das coordenadas geográficas das curvas verticais e horizontais foi gerado um *shape* no ArcGIS para elaboração do mapa de declividade da rampa, Figura 6.10.

Figura 6.10 - Mapa de declividade da rampa.



Como observado na Figura 6.10, trechos com declividade plana, ou seja, declividade da rampa < 3% predominam na SP 327 e trechos com rampa de declividade ondulada predominam na SP 225.

6.7 OCORRÊNCIA E CARACTERÍSTICAS DOS ACIDENTES COM TRPP NO TRECHO EM ESTUDO

Na Tabela 6.13 são mostrados os acidentes envolvendo o TRPP registrados pela CART durante o período de Janeiro de 2012 a Dezembro de 2013.

Tabela 6.13 - Acidentes envolvendo o TRPP no trecho em estudo durante o período de 2012-2013.

Ano	Rodovia	km	Local	Tipo de acidente	Produto	Vazamento	
2012	SP 327	009+640	Leste	Acidente	1170 - Álcool Etílico	N	
	SP 225	241+468	Leste	Acidente	1170 - Álcool Etílico	N	
	SP 225	299+000	Leste	Pane Mecânica	1170 - Álcool Etílico	N	
	SP 327	001+068	Oeste	Pane Mecânica	1203 – Gasolina	N	
	SP 327	030+000	Leste	Pane Elétrica	1170 - Álcool Etílico	N	
	SP 327	008+000	Leste	Pane Mecânica	1170 - Álcool Etílico	N	
	SP 327	024+100	Leste	Pane Mecânica	1824 - Hidróxido de Sódio - Solução	N	
	SP 225	317+000	Leste	Pneu Furado	1170 - Álcool Etílico	N	
	SP 225	312+000	Leste	Pane Mecânica	1170 - Álcool Etílico	N	
	SP 225	306+900	Leste	Pane Mecânica	1170 - Álcool Etílico	N	
	SP 225	297+200	Oeste	Acidente	1170 - Álcool Etílico	N	
	SP 225	239+700	Leste	Acidente	1863 - Combustível para aviões a turbina	N	
	2013	SP 327	011+000	Leste	Pane Mecânica	1170 - Álcool Etílico	N
		SP 327	032+000	Leste	Pane Mecânica	1005 – Amônia	N
SP 225		235+100	Leste	Acidente	1170 - Álcool Etílico	N	
SP 225		298+000	Oeste	Pane Mecânica	1170 - Álcool Etílico	N	
SP 327		010+000	Oeste	Pane Mecânica	1170 - Álcool Etílico	N	
SP 327		010+830	Oeste	Acidente	1202 – Diesel	N	
SP 225		241+960	Oeste	Acidente	2814 – Substância infectante	N	
SP 327		014+500	Oeste	Pane Mecânica	1202 – Diesel	N	
SP 327	016+000	Leste	Acidente	1202 – Diesel	N		
SP 327	004+100	Oeste	Acidente	1075 – GLP	N		

Fonte: CART (2014).

Verificou-se que o valor mais expressivo de acidentes ocorreu com o transporte de líquidos inflamáveis, sendo o principal produto transportado o álcool etílico (68,42%) utilizado como combustível para veículos.

Com os dados disponibilizados pela CART, relativos aos acidentes envolvendo O TRPP pode-se identificar que a frequência de ocorrência de acidentes por classe de produtos

foi: 8,70% Classe 2 – Gases, 4,35% Classe 8 – Corrosivo, 4,35 Classe 6 – Substância Infectante e 82,60% Classe 3 – Líquidos Inflamáveis, conforme apresentado na Tabela 6.14.

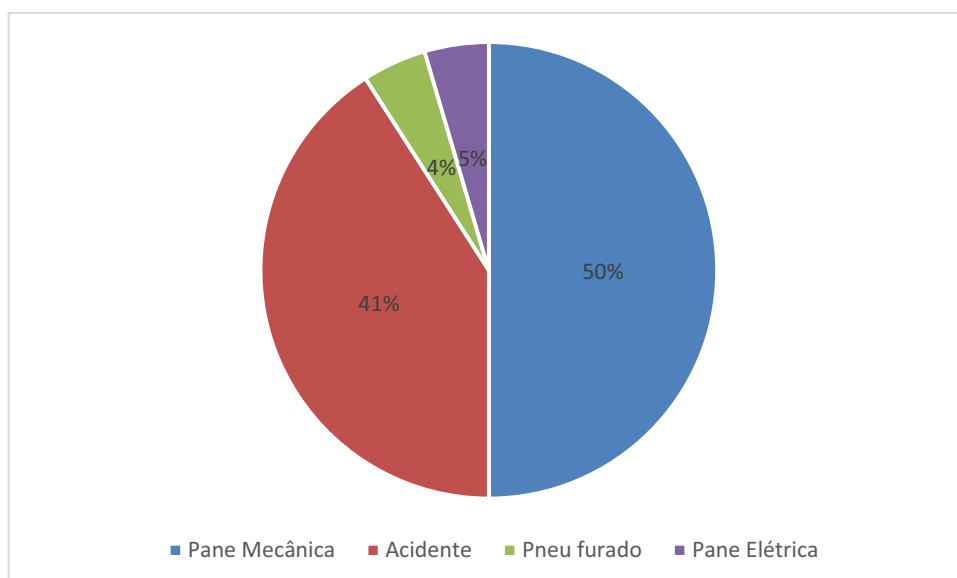
Tabela 6.14 - Número e frequência de acidentes por classe ocorridos no trecho em estudo durante o período de 2012-2013.

Número de risco	Classe de produtos perigosos	Número de acidentes	Frequência de ocorrência (%)
2	Gases	2	8,70
3	Líquidos inflamáveis	19	82,60
6	Substância infectante	1	4,35
8	Corrosivo	1	4,35
Total		16	100,00

Fonte: CART (2014).

Analisando os dados verificou-se também que a pane mecânica apresentou maior frequência de ocorrência, com 50%, seguido de 41% acidente (falha humana) e 9% pane elétrica e pneu furado, conforme Figura 6.11.

Figura 6.11 - Frequência de ocorrência de acidentes por tipo de acidentes com o TRPP no trecho em estudo durante o período de 2012-2013.



6.8 PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE ACIDENTES COM O TRPP

O cálculo da probabilidade de acidentes com o TRPP está baseado em informações do Volume Diário Médio de veículos (VDM) obtidos através de levantamentos da ARTESP (2014) e do número de acidentes envolvendo apenas veículos que transportam produtos perigosos obtidos através do banco de dados da CART (2014). Foram consideradas para o estudo as informações referentes ao período de Janeiro de 2012 a Dezembro de 2013.

Para o cálculo da taxa de acidentes foi utilizado o fluxo diário estimado de veículos TRPP ao invés do VDM_{TRPP} por falta de informações para o trecho em estudo.

O fluxo diário estimado de veículos que transportam produtos perigosos foi obtido através da relação do número de veículos comercial e do número de veículos que transportam produtos perigosos que passam pela SP 270 (último trecho do corredor Raposo Tavares), sendo no caso, 1,5%.

Sendo assim, a T_a foi calculada utilizando a equação 11, considerando o número de acidentes envolvendo o TRPP e o fluxo de veículos que transportam produto perigoso.

Na Tabela 6.15 é apresentada a taxa de acidentes para o trecho da SP 225 e SP 327 em estudo.

Tabela 6.15 - Taxa de acidentes de acidentes envolvendo o TRPP para o caso em estudo.

Rodovia	km	Nº acidentes TRPP	VDM	VDM comercial	Fluxo diário estimado TRPP	Período (dias)	T_a
SP 225	235 a 251+900	4	4.334	1.326	20	730	8,10
	251+900 a 317	6	8.774	3.857	58	730	1,09
SP 327	00 a 32	12	9.564	3.651	55	730	4,67

A taxa de acidentes (T_a) foi multiplicada por 10^6 , pois o estudo foi realizado em um trecho de pequena extensão, resultando em acidentes por cada milhão de veículo que trafega na rodovia.

O VDM nas rodovias em estudo variou entre 4.334 e 8.774 para a SP 225 e 9.564 para a SP 327. No geral verificou-se um VDM muito alto para ambas as rodovias em estudo.

Verifica-se que o VDM da SP 225 praticamente dobrou entre o trecho de Piratininga a Santa Cruz do Rio Pardo, sendo identificado neste trecho 18 km de pista dupla.

O número de acidentes TRPP varia de 4 para 6 acidentes nos dois trechos da SP 225, no entanto, se considerar uma extensão em duplo sentido de 33,8 km na SP 225 (km 235 a 251+900) e uma extensão de 130,2 km na SP 225 (km 251+900 a 317) ao calcular a taxa de acidentes tem-se 8,10 e 1,09 acidentes por cada milhão de veículos-quilômetro que percorre o trecho na SP 225, em ambos os trechos respectivamente.

Na SP 327 verificou-se a ocorrência de 12 de acidentes envolvendo veículos que transportam produtos perigosos e considerando uma extensão em duplo sentido de 64 km tem-se 4,67 acidentes por cada milhão de veículos-quilômetro que percorre o trecho.

Para relacionar os elementos geométricos e operacionais do trecho em estudo na determinação da probabilidade de ocorrência de acidentes foi realizado o cálculo do IA utilizando a equação 13 considerando os pesos atribuídos pelos especialistas, mostrados na Tabela 6.6.

A partir da Taxa de acidentes e do Índice de Acidentes foi calculada a probabilidade de ocorrência de acidentes, conforme equação 12.

Para cálculo do IA foi considerado o tráfego da SP 225 e SP 327 composto pela maioria veículos de passeio e VDM alto para todos os trechos.

A probabilidade de ocorrência de acidentes envolvendo o TRPP na SP 225 é apresentada na Tabela 6.16.

Tabela 6.16 - Probabilidade de ocorrência de acidentes envolvendo o TRPP na SP 225.

km Início	km Fim	Declividade	Curva vertical	Curva horizontal	Tipo de pista	IA	P _{TRPP}	P _{TRPP} *
235,00	235,66	6,10	Sim	Não	Simples	0,4976	12,13	0,94
235,66	235,98	5,20	Sim	Não	Simples	0,4490	11,74	0,91
235,98	236,07	0,00	Sim	Não	Simples	0,4490	11,74	0,91
236,07	236,64	2,46	Sim	Não	Simples	0,4490	11,74	0,91
236,64	237,46	4,15	Sim	Não	Simples	0,4895	12,06	0,93
237,46	237,95	1,22	Sim	Não	Simples	0,4490	11,74	0,91
237,95	238,11	0,63	Sim	Não	Simples	0,4490	11,74	0,91
238,11	238,77	4,85	Sim	Não	Simples	0,4895	12,06	0,93
238,77	240,08	3,89	Sim	Não	Simples	0,4895	12,06	0,93
240,08	240,65	3,86	Sim	Não	Simples	0,4895	12,06	0,93
240,65	240,74	0,00	Sim	Não	Simples	0,4490	11,74	0,91
240,74	242,54	4,83	Sim	Não	Simples	0,4895	12,06	0,93

Tabela 6.16 - Probabilidade de ocorrência de acidentes envolvendo o TRPP na SP 225
(continuação).

km Início	km Fim	Declividade	Curva vertical	Curva horizontal	Tipo de pista	IA	P_{TRPP}	P_{TRPP}*
242,54	242,70	0,00	Sim	Não	Simples	0,4490	11,74	0,91
242,70	243,28	3,28	Sim	Não	Simples	0,4895	12,06	0,93
243,28	243,60	0,94	Sim	Não	Simples	0,4490	11,74	0,91
243,60	244,02	4,05	Sim	Sim	Simples	0,5948	12,92	1,00
244,02	244,18	1,25	Sim	Não	Simples	0,4490	11,74	0,91
242,70	245,30	1,42	Sim	Não	Simples	0,4490	11,74	0,91
245,30	245,50	0,00	Sim	Não	Simples	0,4490	11,74	0,91
245,50	245,80	5,00	Sim	Não	Simples	0,4895	12,06	0,93
245,80	246,00	0,50	Sim	Não	Simples	0,4490	11,74	0,91
246,00	246,30	2,00	Sim	Sim	Simples	0,5543	12,59	0,97
246,30	246,80	3,40	Sim	Não	Simples	0,4895	12,06	0,93
246,80	247,10	1,33	Sim	Sim	Simples	0,5543	12,59	0,97
247,10	248,30	5,50	Sim	Não	Simples	0,4895	12,06	0,93
248,30	248,90	6,00	Sim	Não	Simples	0,4895	12,06	0,93
248,90	249,00	0,00	Sim	Não	Simples	0,4490	11,74	0,91
249,00	249,40	2,25	Sim	Não	Simples	0,4490	11,74	0,91
249,40	250,00	3,33	Sim	Não	Simples	0,4895	12,06	0,93
250,00	250,40	4,75	Sim	Não	Simples	0,4895	12,06	0,93
250,40	250,60	2,50	Sim	Não	Simples	0,4490	11,74	0,91
250,60	250,70	3,00	Sim	Não	Simples	0,4895	12,06	0,93
250,70	251,20	4,00	Sim	Não	Simples	0,4895	12,06	0,93
251,20	251,90	4,86	Sim	Não	Simples	0,4895	12,06	0,93
251,90	252,40	5,00	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
252,40	252,50	10,00	Sim	Não	Simples	0,4976	1,63	0,13
252,50	253,00	4,40	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
253,00	253,20	0,00	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
253,20	253,70	0,60	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
253,70	254,80	4,82	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
254,80	255,00	3,50	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13

Tabela 6.16 - Probabilidade de ocorrência de acidentes envolvendo o TRPP na SP 225
(continuação).

km Início	km Fim	Declividade	Curva vertical	Curva horizontal	Tipo de pista	IA	P _{TRPP}	P _{TRPP} *
255,00	255,20	3,00	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
255,20	255,80	5,33	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
255,80	256,20	1,25	Sim	Sim	Simples	0,5543	1,69	0,13
256,20	256,50	2,00	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
256,50	257,10	2,83	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
257,10	257,40	1,33	Sim	Sim	Simples	0,5543	1,69	0,13
257,40	258,10	1,43	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
258,10	259,30	3,42	Sim	Sim	Simples	0,5948	1,74	0,13
259,30	259,90	3,17	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
259,90	260,40	3,20	Sim	Sim	Simples	0,5948	1,74	0,13
260,40	260,70	4,33	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
260,70	260,80	0,00	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
260,80	261,00	1,50	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
261,00	261,40	1,75	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
261,40	262,00	4,67	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
262,00	262,70	4,14	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
262,70	263,50	2,63	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
263,50	263,70	1,50	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
263,70	264,00	2,33	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
264,00	264,50	4,20	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
264,50	265,60	2,27	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
265,60	266,50	2,44	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
266,50	266,80	2,67	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
266,80	267,90	1,73	Sim	Sim	Simples	0,4490	1,58	0,12
267,90	268,80	2,89	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
268,80	268,90	6,00	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
268,90	269,30	1,50	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
269,30	269,90	4,83	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
269,90	270,90	2,00	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12

Tabela 6.16 - Probabilidade de ocorrência de acidentes envolvendo o TRPP na SP 225

(continuação).

km Início	km Fim	Declividade	Curva vertical	Curva horizontal	Tipo de pista	IA	P _{TRPP}	P _{TRPP} *
270,90	271,00	2,00	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
271,00	271,30	2,00	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
271,30	271,60	1,00	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
271,60	272,00	6,00	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
272,00	272,50	5,60	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
272,50	272,90	2,00	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
272,90	273,70	2,37	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
273,70	274,00	3,00	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
274,00	274,40	3,00	Sim	Sim	Simples	0,5948	1,74	0,13
274,40	275,20	2,62	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
275,20	275,30	0,00	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
275,30	275,80	3,60	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
275,80	276,30	2,80	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
276,30	276,50	4,00	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
276,50	276,60	0,00	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
276,60	277,30	4,29	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
277,30	277,90	2,50	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
277,90	278,30	1,75	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
278,30	278,40	4,00	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
278,40	278,80	2,50	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
278,80	279,00	2,50	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
279,00	279,90	1,78	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
279,90	280,20	5,33	Sim	Sim	Simples	0,5948	1,74	0,13
280,20	280,50	2,33	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
280,50	280,60	3,00	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
280,60	280,90	1,00	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
280,90	281,30	1,00	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
281,30	281,40	0,00	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
281,40	281,60	1,50	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12

Tabela 6.16 - Probabilidade de ocorrência de acidentes envolvendo o TRPP na SP 225
(continuação).

km Início	km Fim	Declividade	Curva vertical	Curva horizontal	Tipo de pista	IA	P _{TRPP}	P _{TRPP} *
281,60	282,50	4,00	Sim	Sim	Simples	0,5948	1,74	0,13
282,50	283,50	4,00	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
283,50	284,00	4,80	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
284,00	284,70	0,86	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
284,70	285,30	4,17	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
285,30	285,50	0,00	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
285,50	285,60	10,00	Sim	Não	Simples	0,4976	1,63	0,13
285,60	286,00	0,50	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
286,00	286,10	10,00	Sim	Não	Simples	0,4976	1,63	0,13
286,10	286,50	0,50	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
286,50	286,60	0,00	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
286,60	287,00	3,50	Sim	Sim	Simples	0,5948	1,74	0,13
287,00	287,50	1,20	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
287,50	288,60	3,45	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
288,60	289,30	2,86	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
289,30	290,70	3,86	Sim	Sim	Simples	0,5948	1,74	0,13
290,70	290,80	0,00	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
290,80	291,50	3,86	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
291,50	292,40	3,89	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
292,40	293,10	3,57	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
293,10	295,50	3,50	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
295,50	296,30	4,25	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
296,30	296,60	1,00	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
296,60	296,80	2,00	Sim	Não	Simples	0,4895	1,62	0,13
296,80	297,30	6,80	Sim	Não	Simples	0,4976	1,63	0,13
297,30	297,80	2,20	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
297,80	298,10	0,00	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
298,10	298,80	0,57	Sim	Não	Simples	0,4490	1,58	0,12
298,80	299,00	2,50	Sim	Não	Dupla	0,2660	1,38	0,11

Tabela 6.16 - Probabilidade de ocorrência de acidentes envolvendo o TRPP na SP 225

(continuação).

km Início	km Fim	Declividade	Curva vertical	Curva horizontal	Tipo de pista	IA	P _{TRPP}	P _{TRPP} *
299,00	300,40	4,86	Sim	Não	Dupla	0,3065	1,42	0,11
300,40	300,80	4,50	Sim	Não	Dupla	0,3065	1,42	0,11
300,80	301,00	0,00	Sim	Não	Dupla	0,2660	1,38	0,11
301,00	301,50	3,00	Sim	Não	Dupla	0,3065	1,42	0,11
301,50	302,00	0,80	Sim	Não	Dupla	0,2660	1,38	0,11
302,00	303,60	3,94	Sim	Não	Dupla	0,3065	1,42	0,11
303,60	304,00	3,25	Sim	Não	Dupla	0,3065	1,42	0,11
304,00	304,60	0,50	Sim	Não	Dupla	0,2660	1,38	0,11
304,60	305,30	3,71	Sim	Não	Dupla	0,3065	1,42	0,11
305,30	305,50	0,00	Sim	Não	Dupla	0,2660	1,38	0,11
305,50	305,60	3,00	Sim	Não	Dupla	0,3065	1,42	0,11
305,60	307,00	4,43	Sim	Não	Dupla	0,3065	1,42	0,11
307,00	307,10	3,00	Sim	Não	Dupla	0,3065	1,42	0,11
307,10	307,50	1,25	Sim	Não	Dupla	0,2660	1,38	0,11
307,50	307,80	3,33	Sim	Não	Dupla	0,3065	1,42	0,11
307,80	309,00	3,17	Sim	Não	Dupla	0,3065	1,42	0,11
309,00	309,70	0,29	Sim	Não	Dupla	0,2660	1,38	0,11
309,70	310,00	1,00	Sim	Não	Dupla	0,2660	1,38	0,11
310,00	312,00	1,55	Sim	Não	Dupla	0,2660	1,38	0,11
312,00	312,50	3,60	Sim	Não	Dupla	0,3065	1,42	0,11
312,50	312,90	2,50	Sim	Não	Dupla	0,2660	1,38	0,11
312,90	313,50	5,50	Sim	Não	Dupla	0,3065	1,42	0,11
313,50	313,80	3,33	Sim	Não	Dupla	0,3065	1,42	0,11
313,80	314,60	3,38	Sim	Não	Dupla	0,3065	1,42	0,11
314,60	315,20	4,33	Sim	Não	Dupla	0,3065	1,42	0,11
315,20	317,00	2,11	Sim	Sim	Dupla	0,3713	1,49	0,12

* Probabilidade de ocorrência de acidentes normalizada.

A probabilidade de ocorrência de acidentes envolvendo o TRPP na SP 327 é apresentada na Tabela 6.17.

Tabela 6.17 - Probabilidade de ocorrência de acidentes envolvendo o TRPP na SP 327.

km Início	km Fim	Declividade	Curva vertical	Curva horizontal	Tipo de pista	IA	P _{TRPP}	P _{TRPP} *
0,00	1,50	0,00	Sim	Não	Dupla	0,2660	0,73	0,46
1,50	1,96	76,53	Sim	Não	Dupla	0,3065	0,76	0,47
1,96	2,02	97,03	Sim	Não	Dupla	0,2660	0,73	0,46
2,02	2,05	98,54	Sim	Não	Dupla	0,3065	0,76	0,47
2,05	2,12	96,70	Sim	Não	Dupla	0,2660	0,73	0,46
2,12	2,15	98,60	Sim	Não	Dupla	0,3065	0,76	0,47
2,15	2,44	88,11	Sim	Não	Dupla	0,3065	0,76	0,47
2,44	2,89	84,43	Sim	Não	Dupla	0,3146	0,76	0,48
2,89	3,85	75,06	Sim	Não	Dupla	0,3065	0,76	0,47
3,85	3,88	99,23	Sim	Não	Dupla	0,3146	0,76	0,48
3,88	4,95	78,38	Sim	Não	Dupla	0,3065	0,76	0,47
4,95	5,26	94,11	Sim	Não	Dupla	0,3065	0,76	0,47
5,26	6,09	86,37	Sim	Não	Dupla	0,3065	0,76	0,47
6,09	6,54	93,12	Sim	Não	Dupla	0,3065	0,76	0,47
6,54	6,60	99,09	Sim	Não	Dupla	0,2660	0,73	0,46
6,60	6,77	97,49	Sim	Não	Dupla	0,2660	5,91	0,46
6,77	7,31	92,61	Sim	Não	Dupla	0,3065	6,10	0,47
7,31	7,47	97,86	Sim	Não	Dupla	0,2660	5,91	0,46
7,47	7,96	93,84	Sim	Não	Dupla	0,3065	6,10	0,47
7,96	8,15	97,67	Sim	Não	Dupla	0,2660	5,91	0,46
7,96	9,02	88,25	Sim	Sim	Dupla	0,3713	6,10	0,50
8,15	9,49	85,88	Sim	Não	Dupla	0,2660	6,10	0,46
9,02	9,59	94,06	Sim	Não	Dupla	0,2660	6,14	0,46
9,49	9,62	98,65	Sim	Não	Dupla	0,3146	6,10	0,48
9,59	12,00	79,92	Sim	Não	Dupla	0,2660	6,14	0,46
7,96	16,90	47,10	Sim	Não	Dupla	0,2660	6,10	0,46
16,90	17,30	97,69	Sim	Não	Dupla	0,2660	6,10	0,46
17,30	17,50	98,86	Sim	Não	Dupla	0,2660	6,10	0,46
17,50	17,60	99,43	Sim	Não	Dupla	0,3146	6,10	0,48
17,60	19,10	92,15	Sim	Sim	Dupla	0,3713	5,91	0,50

Tabela 6.17 - Probabilidade de ocorrência de acidentes envolvendo o TRPP na SP 327

(continuação).

km Início	km Fim	Declividade	Curva vertical	Curva horizontal	Tipo de pista	IA	P _{TRPP}	P _{TRPP} *
19,10	19,30	98,96	Sim	Não	Dupla	0,2660	5,91	0,46
19,30	19,50	98,97	Sim	Não	Dupla	0,3065	6,10	0,47
19,50	19,60	99,49	Sim	Não	Dupla	0,3065	5,91	0,47
19,60	19,90	98,49	Sim	Não	Dupla	0,3065	6,10	0,47
19,90	20,50	97,07	Sim	Não	Dupla	0,2660	5,91	0,46
20,50	21,60	94,91	Sim	Sim	Dupla	0,3713	6,40	0,50
21,60	22,30	96,86	Sim	Não	Dupla	0,2660	5,91	0,46
22,30	22,80	97,81	Sim	Não	Dupla	0,2660	5,91	0,46
22,80	24,20	94,21	Sim	Não	Dupla	0,2660	6,14	0,46
24,20	24,40	99,18	Sim	Não	Dupla	0,3065	5,91	0,47
24,40	25,00	97,60	Sim	Não	Dupla	0,2660	5,91	0,46
25,00	25,40	98,43	Sim	Não	Dupla	0,2660	5,91	0,46
25,40	26,30	96,58	Sim	Sim	Dupla	0,3713	5,91	0,50
26,30	28,00	93,93	Sim	Não	Dupla	0,2660	6,14	0,46
28,00	28,50	98,25	Sim	Não	Dupla	0,3146	6,40	0,48
28,50	29,30	97,27	Sim	Sim	Dupla	0,4118	5,91	0,51
29,30	29,60	98,99	Sim	Não	Dupla	0,2660	6,10	0,46
29,60	30,70	96,42	Sim	Não	Dupla	0,2660	6,10	0,46
30,70	31,00	99,03	Sim	Não	Dupla	0,2660	6,10	0,46
31,00	31,10	99,68	Sim	Não	Dupla	0,3146	5,91	0,48
31,10	31,30	99,36	Sim	Não	Dupla	0,3065	6,40	0,47
31,30	31,40	99,68	Sim	Não	Dupla	0,3065	5,91	0,47
31,40	31,60	99,37	Sim	Não	Dupla	0,3065	5,91	0,47
31,60	32,00	98,75	Sim	Não	Dupla	0,3065	5,91	0,47

* Probabilidade de ocorrência de acidentes normalizada.

O mapa de probabilidade de ocorrência de acidentes envolvendo o TRPP é apresentado na Figura 6.12.

Figura 6.12 - Mapa probabilidade de ocorrência de acidentes envolvendo o TRPP



Para classificação da probabilidade de ocorrência de acidentes envolvendo o TRPP foi estabelecida 5 classes (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta). Para a área em estudo, como mostra a Figura 6.12, foi identificado as classes de muito baixa, média e muito alta, com variação da P_{TRPP} de 12 acidentes por cada milhão de veículos-quilômetro que percorre o trecho na SP 225 (km 235 a 251+900) para 1,60 e 6 acidentes por cada milhão de veículos-quilômetro que percorre o trecho na SP 225 (km 251+900 a 317) e SP 327, respectivamente.

No geral verifica-se probabilidade de acidentes envolvendo o TRPP baixa, devido principalmente pelo tráfego ser composto pela maioria veículos de passeio e grande extensão da SP 225 e toda a SP 327 ser pista dupla reduzindo a probabilidade de ocorrência de acidentes.

A SP 225 (km 235 a 251+900) apesar de ter um fluxo de trânsito TRPP menor se comparado com os demais devido o número de acidentes, pista simples e os elementos geométricos existentes no trecho, como declividade de rampa ondulada em grande parte de sua extensão foi a que apresentou valor de probabilidade de acidente mais alto.

Alguns trechos da SP 327 apresentaram média probabilidade de ocorrência de acidente envolvendo o TRPP, caso observado nos km 1+500 ao 1+960, km 2+440 ao 6+090, km 6+770 ao 7+310, km 7+470 ao 9+020, km 17+600 ao 19+100, km 19+500 ao 19+900, km 20+500 ao 21+600, km 25+400 ao 26+300, km 28 ao 29+300, km 31 ao 32, totalizando aproximadamente 15 km de extensão. Nestes pontos pode ser observado maiores valores para IA.

Verifica-se que o fator primordial para determinação da probabilidade de acidentes envolvendo o transporte de carga perigosa foi o número de acidentes por extensão registrado em cada trecho de estudo.

6.9 GRAVIDADE DO DANO

O mapa de gravidade do dano foi obtido relacionando o dano inerente do produto, o perigo e o cruzamento do mapa de vulnerabilidade ambiental do mapa de vulnerabilidade populacional, utilizando a equação 15.

6.9.1 Dano inerente do produto

Para cálculo do dano inerente do produto levou-se em consideração as características do produto perigo mais transportado na rodovia em estudo, sendo no caso, os líquidos inflamáveis, visto que 87,5% dos acidentes com o TRPP envolveram o transporte deste produto.

Sendo assim, o dano inerente foi estimado com base na equação 17, levando em consideração as características dos combustíveis derivados de álcool.

O álcool etílico por ser um combustível altamente inflamável, com ponto de fulgor abaixo da temperatura ambiente, suas características de flamabilidade, reatividade, toxicidade/corrosividade e oxidação são elevadas, sendo assim foi atribuído o maior valor para todos estes índices, sendo no caso: H_I , H_R , e $H_T = 4$ e $H_{GO} = 1$.

Ao final, obteve-se o maior valor para o dano inerente do produto, ou seja, $H_{hg} = 1$.

6.9.2 Perigo

Para o cálculo do risco ambiental de acidentes de trânsito envolvendo o TRPP foi realizado a simulação de dois cenários. O valor atribuído ao perigo foi obtido a partir da Tabela 5.1 que está relacionado ao cenário simulado.

O 1º cenário corresponde a real situação do trecho, pois 100% dos acidentes analisados no período em estudo não ocorreram vazamentos do produto transportado.

Sendo assim a simulação do 1º cenário considera o $Pe = 0,33$, ou seja, um acidente sem vazamento de produto transportado, apenas impede que o veículo continue seu caminho e o *Container* é danificado

O 2º cenário corresponde a pior situação caso ocorra um acidente envolvendo o TRPP. Como a maior porcentagem de produtos perigosos transportados pelo trecho em estudo compreende a classe dos inflamáveis o risco de fogo ou explosão é alto durante um acidente. Sendo assim, a simulação do 2º cenário considera o $Pe = 1$, ou seja, um acidente que causa danificação no *Container* e o produto derramado está em chamas ou explode.

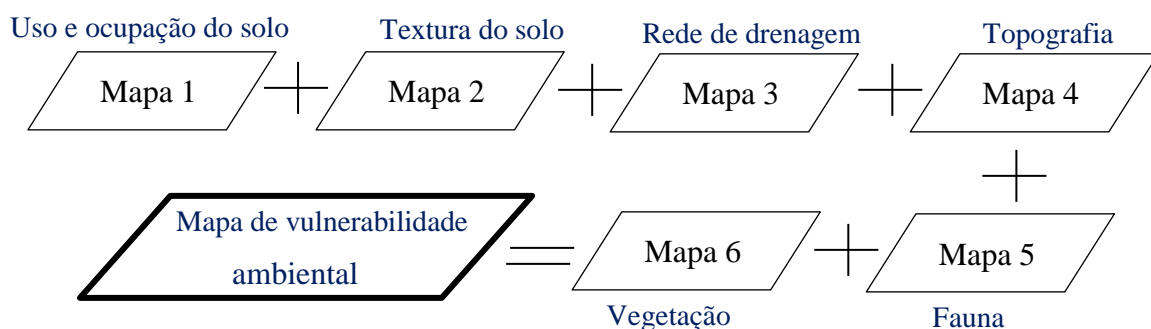
6.9.3 Estimativa da vulnerabilidade ambiental

A vulnerabilidade ambiental é expressa pela combinação dos pesos dos critérios ambientais definidos pelo painel de especialistas, equação 18.

Os cálculos da vulnerabilidade ambiental da área em estudo foram realizados considerando os pesos atribuídos pelos especialistas, mostrados na Tabela 6.7.

O mapa de vulnerabilidade ambiental foi elaborado através da sobreposição dos mapas individuais de cada critério ambiental que contribui para a determinação da vulnerabilidade ambiental com os respectivos pesos atribuídos pelo painel de especialista apresentados na Tabela 6.7, conforme Figura 6.13.

Figura 6.13 - Representação geração mapa vulnerabilidade ambiental.

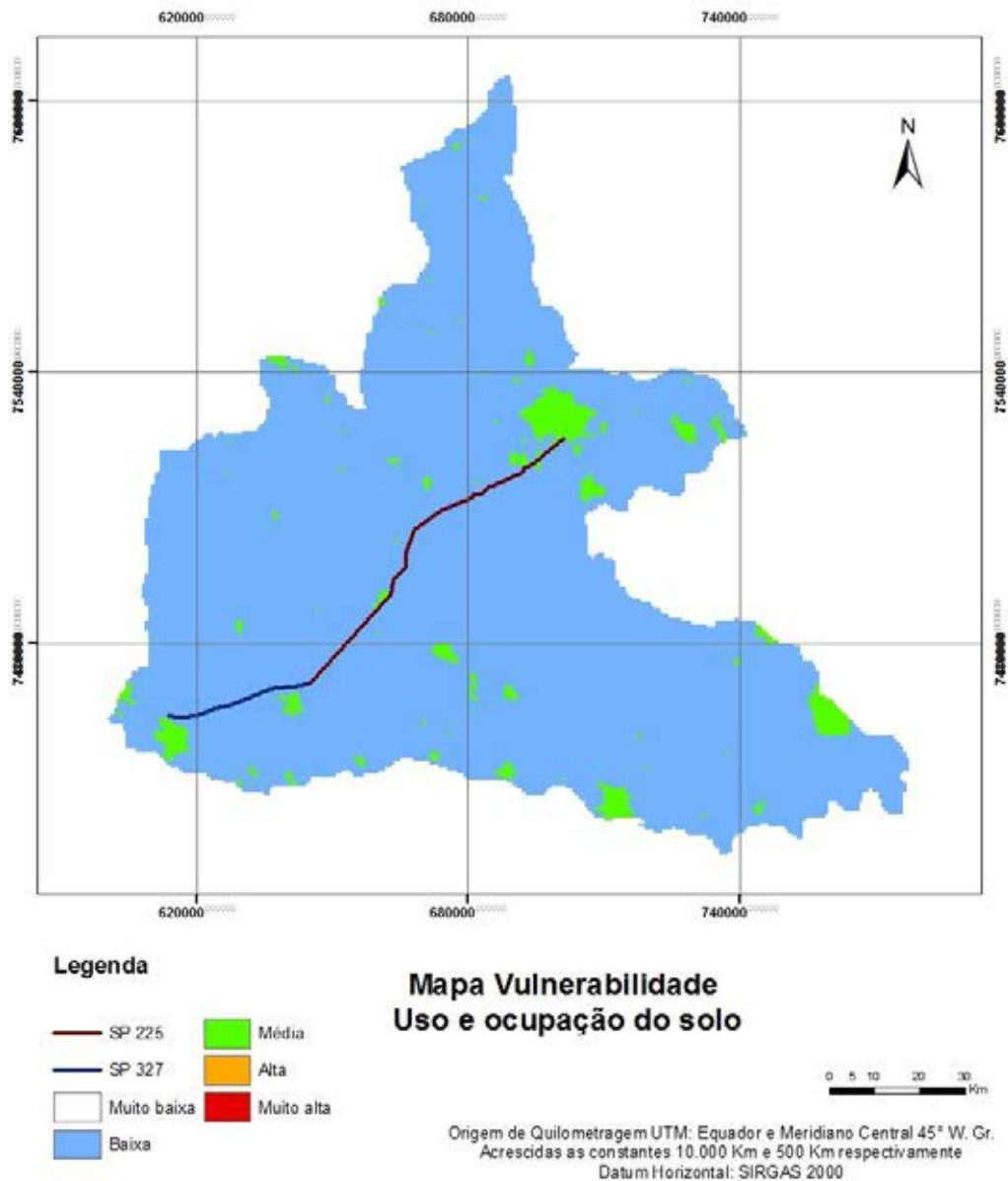


Os mapas de vulnerabilidade dos critérios ambientais que contribuem para a determinação da vulnerabilidade ambiental são apresentados a seguir.

Vulnerabilidade ambiental uso e ocupação do solo (mapa 1)

O mapa de vulnerabilidade ambiental em relação ao uso e ocupação do solo está representado na Figura 6.14.

Figura 6.14 - Vulnerabilidade ambiental do uso e ocupação do solo.



Para classificação da vulnerabilidade ambiental foram estabelecidas 5 classes (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta). Para a área em estudo, como mostra a Figura 6.14, foram identificadas as classes de baixa e média vulnerabilidade ambiental.

No geral, a área apresenta baixa vulnerabilidade ambiental no uso e ocupação do solo, sendo observados locais de média vulnerabilidade em áreas urbanas.

Os maiores valores atribuídos para a determinação da vulnerabilidade ambiental no uso e ocupação do solo foram estabelecidos, de acordo com o painel de especialistas, para os locais urbanos. No entanto, a vulnerabilidade ambiental está diretamente ligada a biodiversidade do local, devendo neste caso ser atribuídos os menores valores para os locais mais degradados, ou seja, locais já modificados pelo “homem” e os maiores valores atribuídos às matas, várzeas, o que não coincidiu com os resultados do painel de especialistas.

Como a área em estudo possui poucas áreas compostas de fragmentos florestais, sendo a grande maioria ocupada por lavouras e pastagens, a alteração dos pesos atribuídos pelos especialistas não interferiu nos resultados, mantendo assim os locais urbanos com maiores valores para a determinação da vulnerabilidade ambiental no uso e ocupação do solo.

Vulnerabilidade ambiental textura do solo (mapa 2)

Na Figura 6.15 é apresentado o mapa de vulnerabilidade ambiental da área em relação a textura do solo.

Verifica-se a existência de locais de muito baixa, média e alta vulnerabilidade ambiental. Não foram identificados locais de baixa e muito alta vulnerabilidade ambiental.

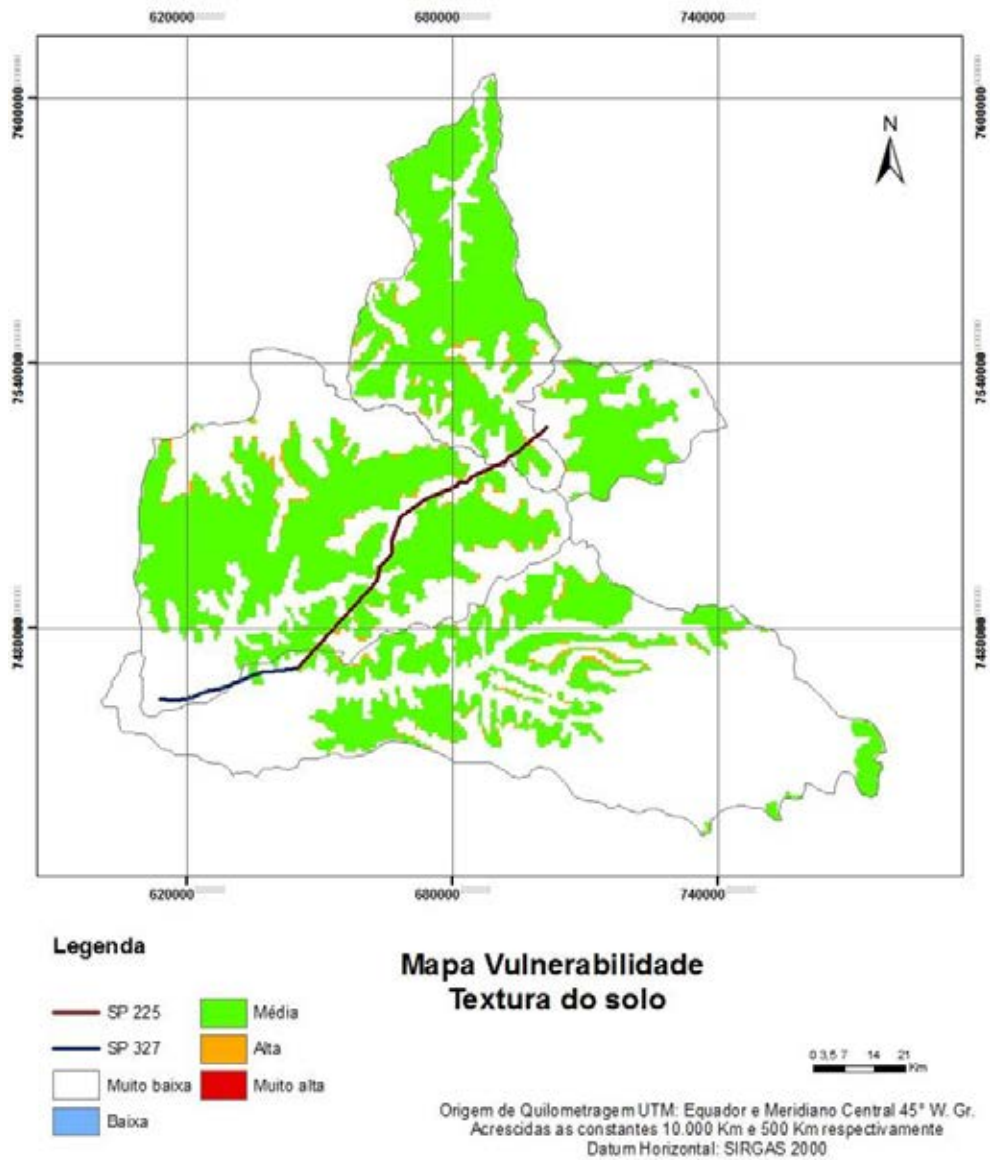
Os valores atribuídos pelo painel de especialistas condizem com o esperado, onde foram atribuídos os maiores valores para os solos arenosos seguidos dos solos hidromórficos por estarem muito próximos do lençol freático.

O aumento da vulnerabilidade ambiental em relação a textura do solo foi praticamente determinado pela presença de solos arenosos, visto que no local não foi identificado solos hidromórficos.

Os locais que apresentaram vulnerabilidade ambiental alta foram observados a presença de solos arenosos e de textura média.

Grande parte da área em estudo apresenta média vulnerabilidade ambiental em relação a textura do solo, pois a bacia em estudo está localizada em solo arenoso que apresenta alta taxa de infiltração com maior probabilidade do produto perigoso atingir o lençol freático.

Figura 6.15 - Vulnerabilidade ambiental da textura do solo.

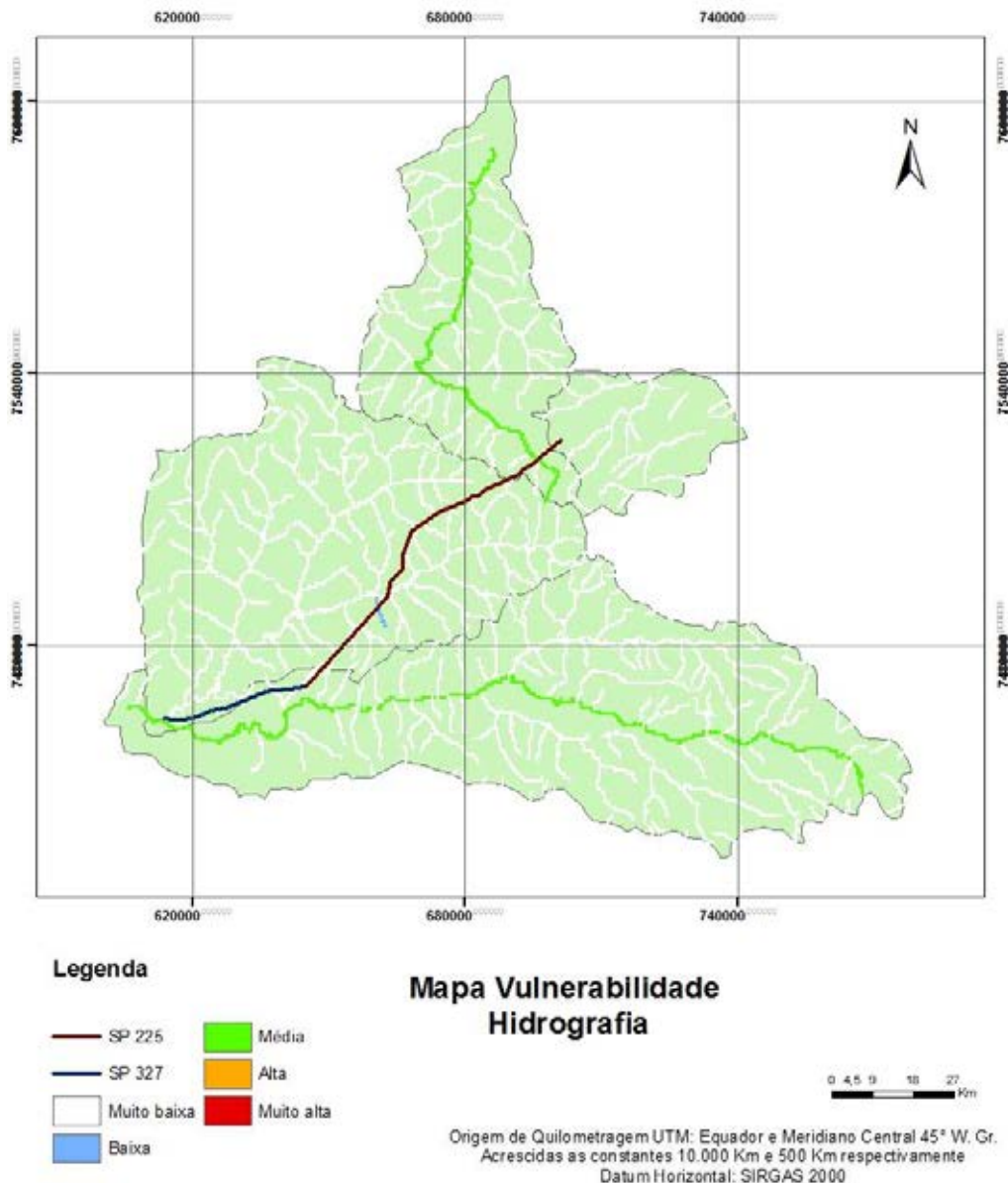


Vulnerabilidade ambiental rede de drenagem (mapa 3)

Para determinação da vulnerabilidade ambiental da rede de drenagem foi atribuído pelos especialistas o maior valor para os rios com captação pública, seguido do rio com recreação e nascentes, considerando a potencialização do impacto causado por produtos perigosos em caso de acidente com vazamento.

O mapa de vulnerabilidade ambiental da rede de drenagem é apresentado na Figura 6.16.

Figura 6.16 - Vulnerabilidade ambiental da rede de drenagem.



Ao longo da área em estudo foi observada a presença de cursos d'água com vulnerabilidade ambiental muito baixa, baixa e média. Locais de vulnerabilidade ambiental alta e muito alta não foram identificados.

Destacam-se dois cursos d'água importantes, Rio Batalha e Rio Pardo, utilizados para abastecimento público da cidade de Bauru e Ourinhos, sendo para esses atribuídos os valores maiores para determinação da vulnerabilidade ambiental em caso de acidente envolvendo o TRPP com vazamento, classificando-os com média vulnerabilidade ambiental.

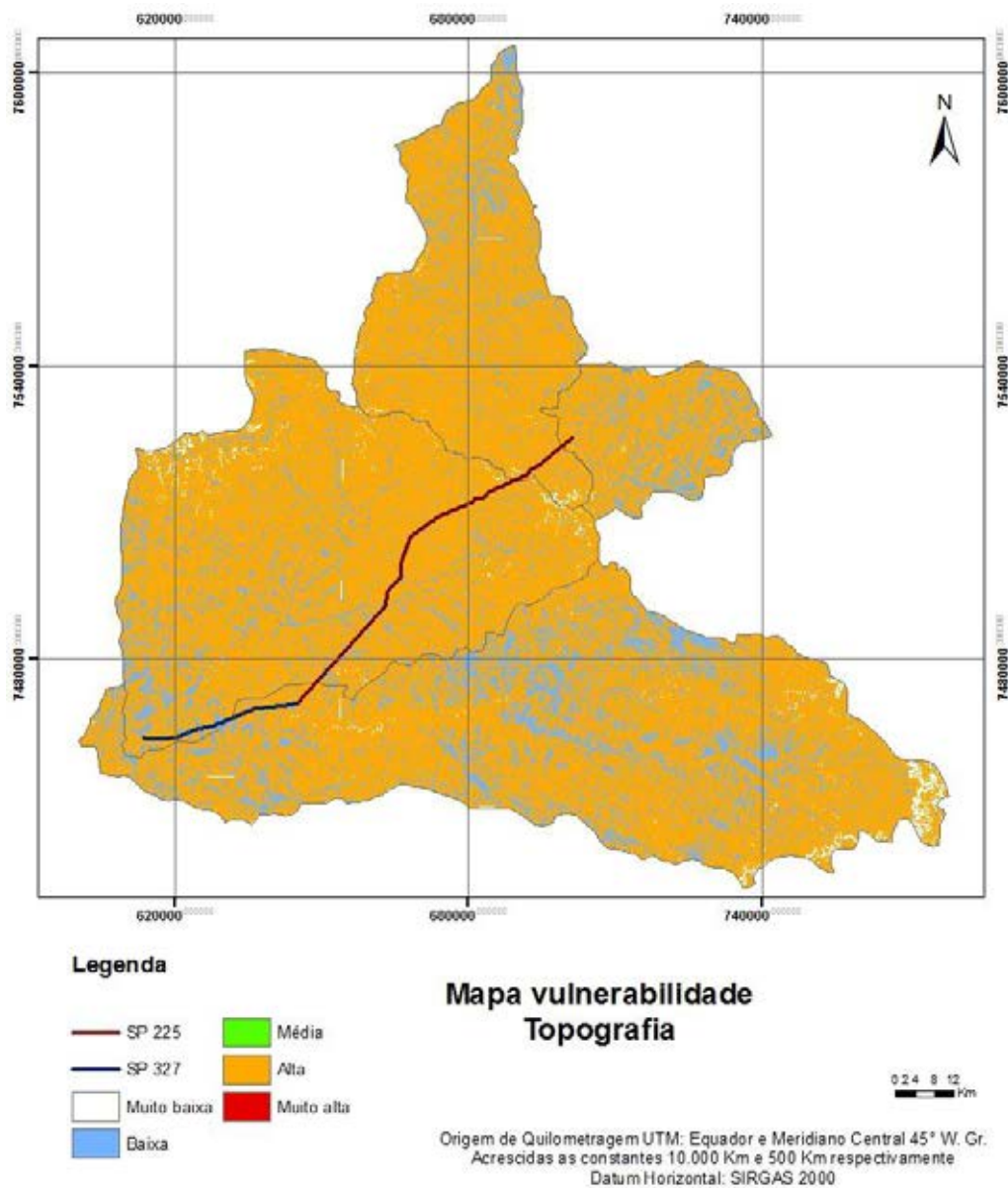
O Córrego do Rangel localizado em Espírito Santo do Turvo por ser utilizado para recreação foi classificado com baixa vulnerabilidade ambiental.

Os demais cursos d'água apresentam vulnerabilidade ambiental muito baixa pois não são utilizados para abastecimento público, no entanto, representam risco constante de poluição.

Vulnerabilidade ambiental topografia (mapa 4)

Na Figura 6.17 é apresentado o mapa de vulnerabilidade ambiental da área em relação a topografia.

Figura 6.17 - Vulnerabilidade ambiental da topografia.



Foram atribuídos pelos especialistas os maiores valores para os locais com declividade moderada e locais com declividade fraca.

Observa-se na Figura 6.17 a existência de locais de muito baixa, média e alta vulnerabilidade ambiental. Não foram identificados locais de baixa e muito alta vulnerabilidade ambiental.

Verifica-se alta vulnerabilidade ambiental da área em estudo em função da topografia do local, pois a bacia hidrográfica em estudo é predominantemente caracterizada por declividade fraca e moderada o que contribui para aumento do tempo de permanência de contato do produto perigoso com o solo aumentando a taxa de infiltração e conseqüentemente aumentando a probabilidade de atingir o lençol freático.

Vulnerabilidade ambiental fauna (mapa 5)

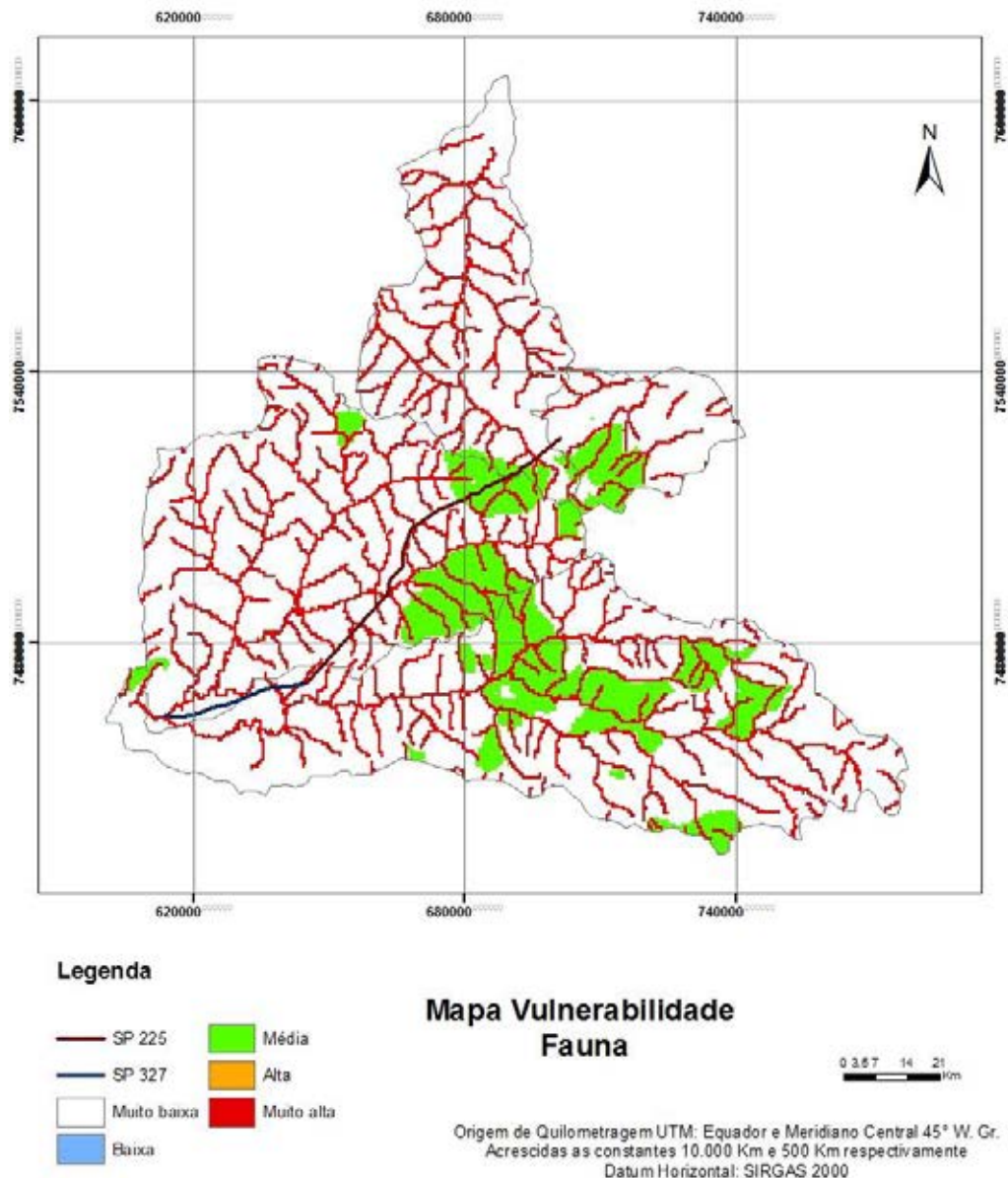
Para a determinação da vulnerabilidade ambiental em função da fauna foi considerado a presença de fauna aquática e terrestre, sendo considerado pelos especialistas a fauna aquática impactada com mais intensidade caso ocorra um acidente envolvendo o TRPP. O mapa de vulnerabilidade ambiental da fauna é apresentado na Figura 6.18.

Como observado na Figura 6.18, foram identificados locais de muito alta e média vulnerabilidade ambiental devido à presença de fauna. Os locais classificados com vulnerabilidade ambiental muito baixa foram os locais onde não foi identificada a presença de fauna aquática e terrestre por serem locais urbanos ou de uso agropecuário. Locais de baixa e alta vulnerabilidade ambiental não foram identificados.

Para o estudo foi considerado a presença de fragmento florestal em todas as APP dos corpos d'água, sendo assim, devido a presença de fauna aquática e terrestre estes locais foram considerados locais de vulnerabilidade ambiental muito alta, podendo um acidente envolvendo o TRPP causar sérios danos na comunidade do local.

Como o fator ambiental fauna terrestre foi considerada de menor importância para determinação da vulnerabilidade ambiental, os locais com a presença de fragmentos florestais foram classificados de média vulnerabilidade ambiental.

Figura 6.18 - Vulnerabilidade ambiental fauna.



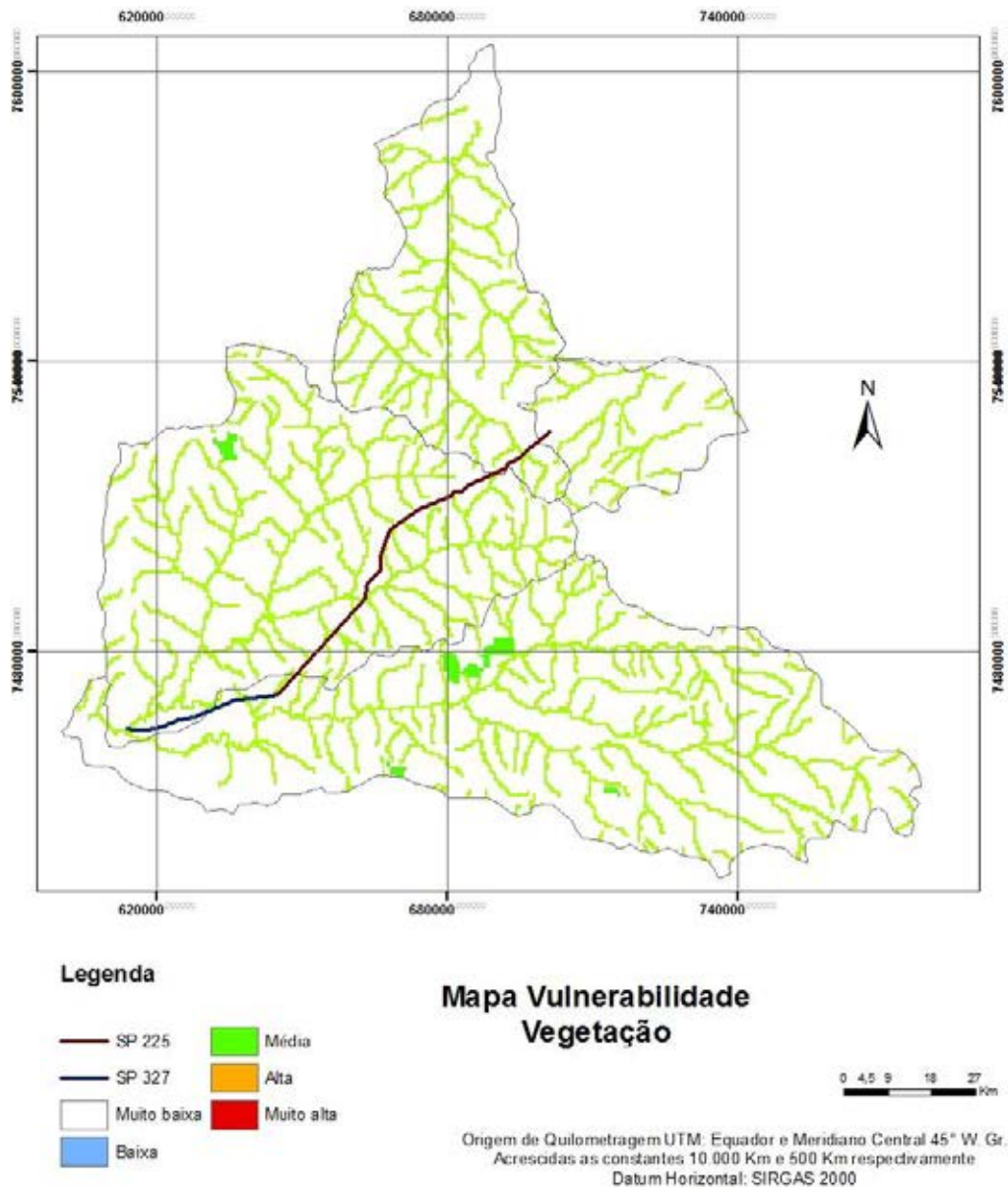
Vulnerabilidade ambiental vegetação (mapa 6)

O mapa de vulnerabilidade ambiental em função da vegetação foi determinado pela presença de fragmentos florestais, APP e UC, sendo considerados pelos especialistas, conforme já esperado, as APP e UC os locais de maior impacto ambiental caso ocorra um acidente envolvendo o TRPP.

As APP e UC são mais sensíveis, pois desempenhando os importantes papéis ecológicos de proteger e manter os recursos hídricos e de conservar a diversidade de plantas e animais.

O mapa de vulnerabilidade ambiental da vegetação é apresentado na Figura 6.19.

Figura 6.19 - Vulnerabilidade ambiental vegetação.



Verifica-se na Figura 6.19 a existência de locais com vulnerabilidade ambiental média e muito baixa. Não foram identificados locais de baixa, alta e muito alta vulnerabilidade ambiental.

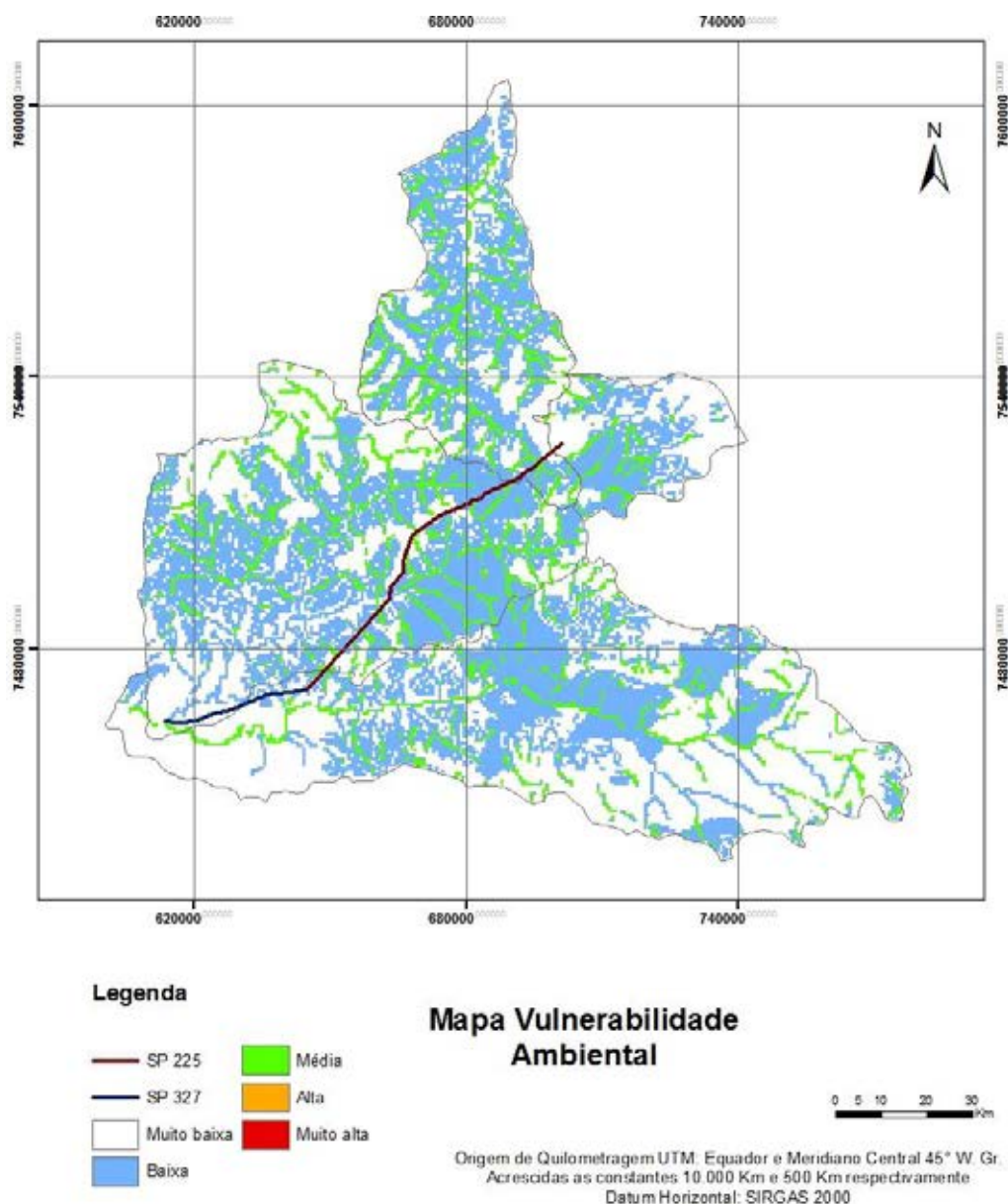
Como observado, foram identificadas como média vulnerabilidade ambiental as Unidades de Conservação e as Áreas de Preservação Permanente.

Na maior parte da área em estudo foram identificados locais de vulnerabilidade ambiental muito baixa, devido principalmente a intensa ocupação da bacia hidrográfica por pastagens e lavouras, sendo atribuídos pelos especialistas pesos menores por serem locais menos sensíveis.

A partir dos mapas de vulnerabilidade dos critérios ambientais já apresentados foi gerado o mapa de vulnerabilidade ambiental para a área em estudo.

A Figura 6.20 apresenta o mapa de vulnerabilidade ambiental gerado para a área em estudo.

Figura 6.20 - Vulnerabilidade ambiental da área em estudo.



Para classificação da vulnerabilidade ambiental foram estabelecidas 5 classes (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta). Como observado na Figura 6.20 não foram identificados locais com vulnerabilidade ambiental alta e muito alta. Os locais identificados de média vulnerabilidade ambiental coincidiram com as APP existentes na área em estudo.

Nota-se no geral baixa vulnerabilidade ambiental na área em estudo, devido principalmente a intensa ocupação da bacia hidrográfica por pastagens e lavouras.

Verifica-se alguns locais de média vulnerabilidade ambiental na SP 225 por estarem localizados em Áreas de Preservação Ambiental.

Os locais caracterizados de baixa vulnerabilidade podem ser identificados principalmente à presença de áreas com textura arenosa aumentando a possibilidade de contaminação do lençol freático caso ocorra um acidente envolvendo o TRPP.

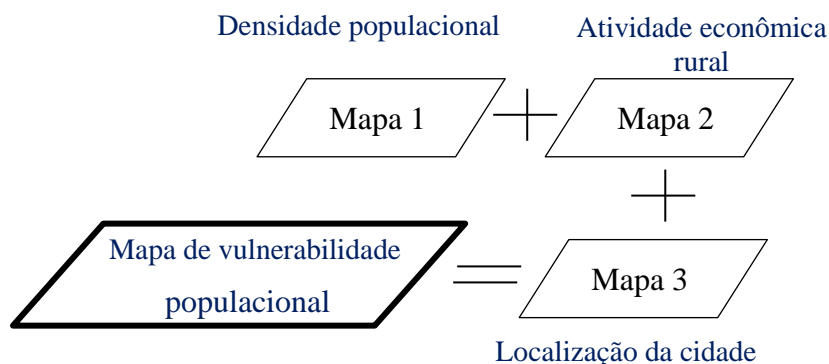
Os corpos d'água utilizados para captação pública, como é o caso do Rio Batalha que corta a rodovia SP 225 km 242+650 representa média vulnerabilidade ambiental caso ocorra um acidente envolvendo o TRPP.

6.9.4 Estimativa da vulnerabilidade populacional

A vulnerabilidade populacional da área em estudo foi estimada pela combinação dos critérios populacionais, equação 19. Para o cálculo foram utilizados os pesos atribuídos pelos especialistas, mostrados na Tabela 6.7.

O mapa de vulnerabilidade populacional da área em estudo foi obtido a partir da sobreposição dos mapas individuais de cada critério populacional que contribui para a determinação da vulnerabilidade populacional com os respectivos pesos atribuídos pelo painel de especialista apresentados na Tabela 6.7, conforme Figura 6.21.

Figura 6.21 - Representação geração mapa vulnerabilidade populacional.



Os mapas de vulnerabilidade dos critérios populacionais que contribuem para a determinação da vulnerabilidade ambiental são apresentados a seguir.

Vulnerabilidade populacional densidade populacional (mapa 1)

Para determinação da vulnerabilidade populacional em relação a densidade populacional foram estabelecidas três faixas para análise: zonas de baixa densidade populacional (menos de 8 habitantes por km²); zonas de média densidade populacional (menos de 50 habitantes por km²) e zonas de alta densidade populacional (mais de 50 habitantes por km²).

Como esperado foi atribuído pelos especialistas o maior valor para os locais de alta densidade, seguidos dos locais de média e baixa densidade.

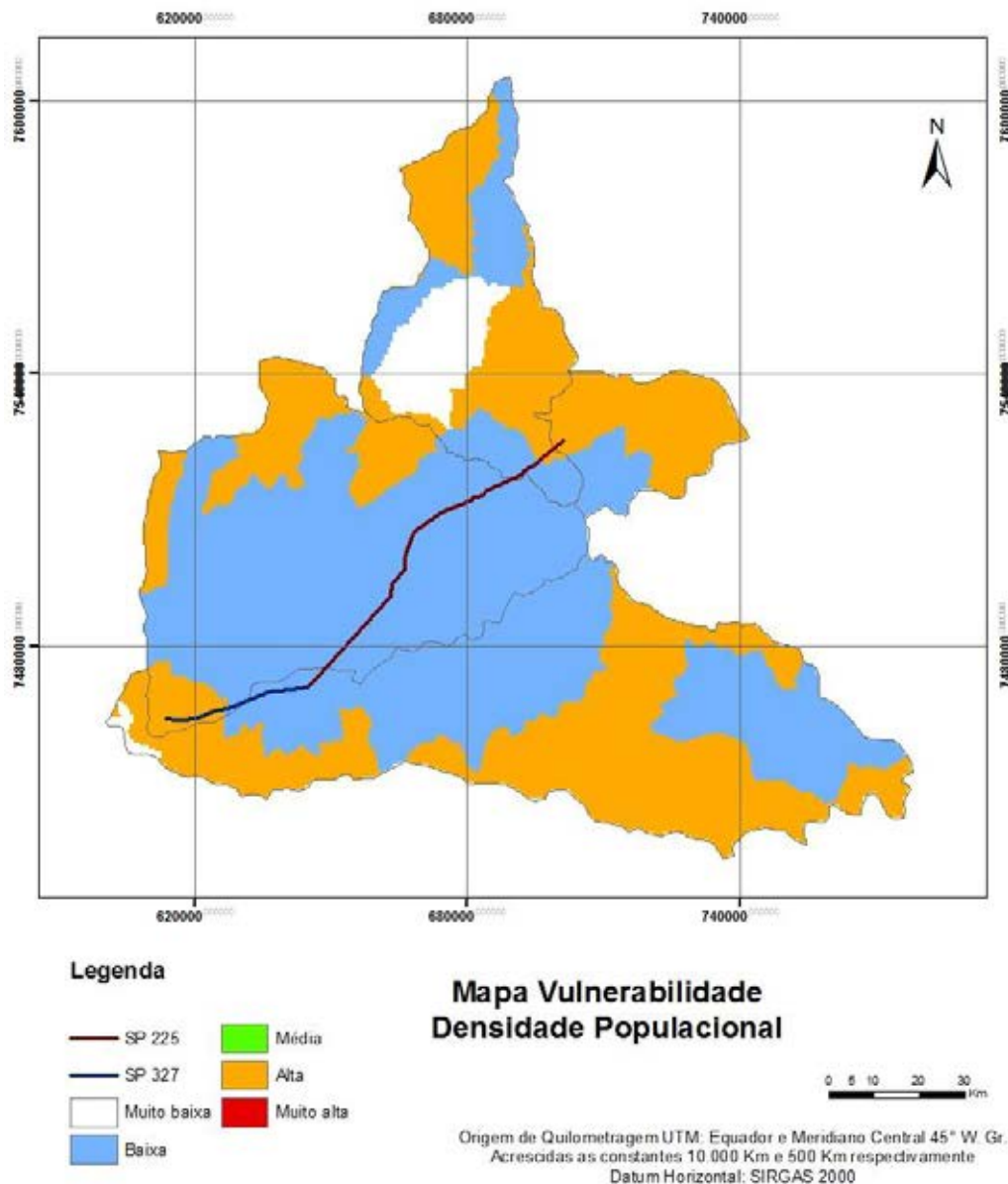
O mapa de vulnerabilidade populacional da densidade populacional é apresentado na Figura 6.22. Como observado nesta Figura, não foram identificados locais de vulnerabilidade populacional média e muito alta.

Os locais identificados de alta vulnerabilidade populacional coincidiram com as áreas de alta densidade populacional, como é o caso de um trecho da SP 225 (km 235 ao 240 +650) que corta o município de Bauru com 300 habitantes por km² e em um trecho da SP 327 (km 0 ao 18) que corta o município de Ourinhos com 57 habitantes por km².

Locais de baixa densidade populacional próximo a rodovia, como Piratininga, Cabrália Paulista, Paulistânia, Espírito Santo do Turvo e Santa Cruz do Rio Pardo foram classificados como sendo de baixa vulnerabilidade populacional.

A cidade de Avaí por ter densidade populacional baixa foi classificado como sendo de vulnerabilidade populacional muito baixa caso ocorra um acidente envolvendo o TRPP.

Figura 6.22 - Vulnerabilidade populacional densidade populacional.

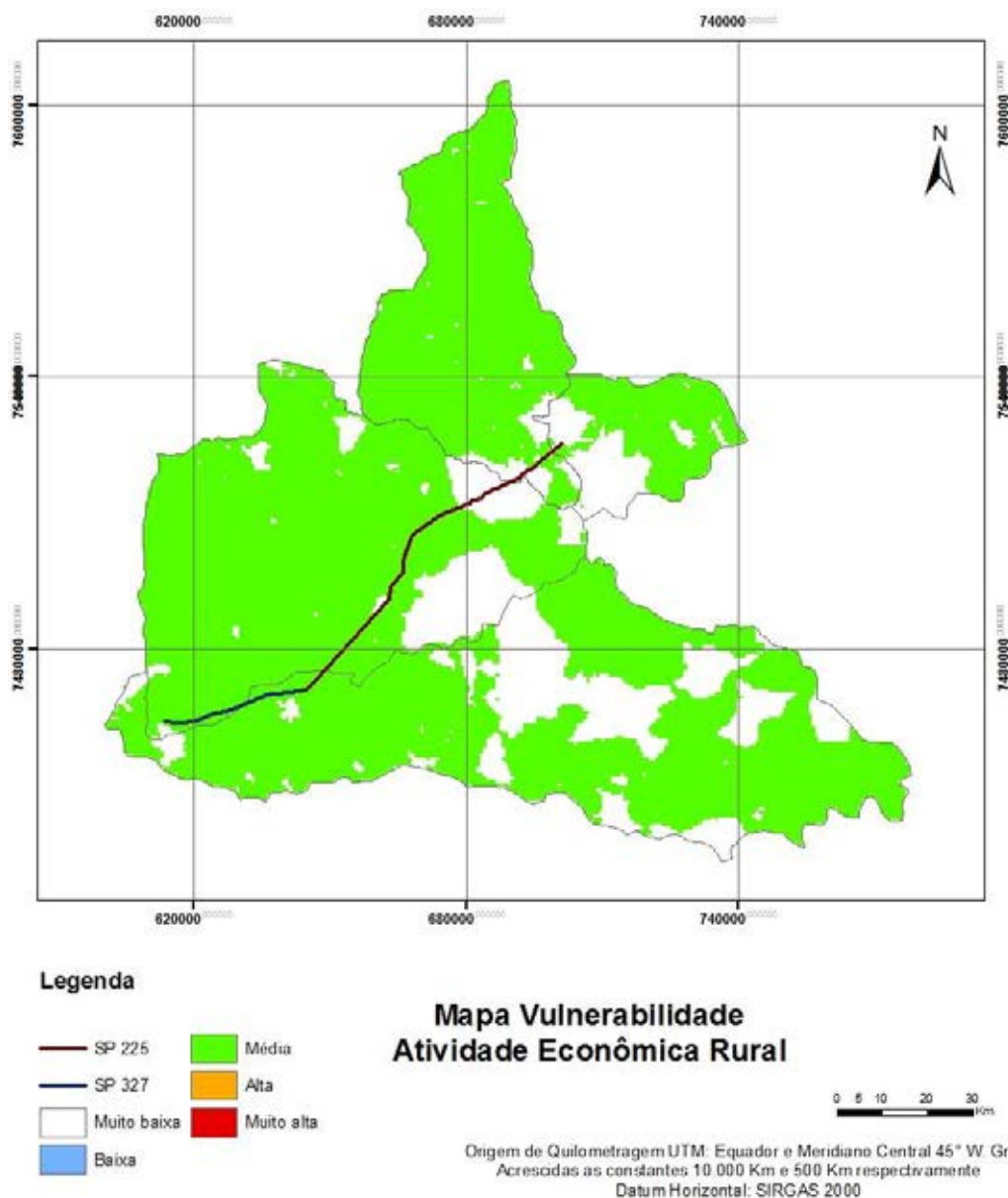


Vulnerabilidade populacional atividade econômica rural (mapa 2)

Na Figura 6.23 é apresentado o mapa de vulnerabilidade populacional da área em relação a atividade econômica rural.

Para a determinação da vulnerabilidade populacional em função da atividade econômica rural foi analisado a prática da agropecuária e piscicultura, sendo considerado pelos especialistas ambas impactadas com a mesma intensidade caso ocorra um acidente envolvendo o TRPP.

Figura 6.23 - Vulnerabilidade populacional atividade econômica rural.



Verificou-se na Figura 6.23 a existência de locais apenas com vulnerabilidade ambiental média e muito baixa. Não foram identificados locais de baixa, alta e muito alta vulnerabilidade ambiental.

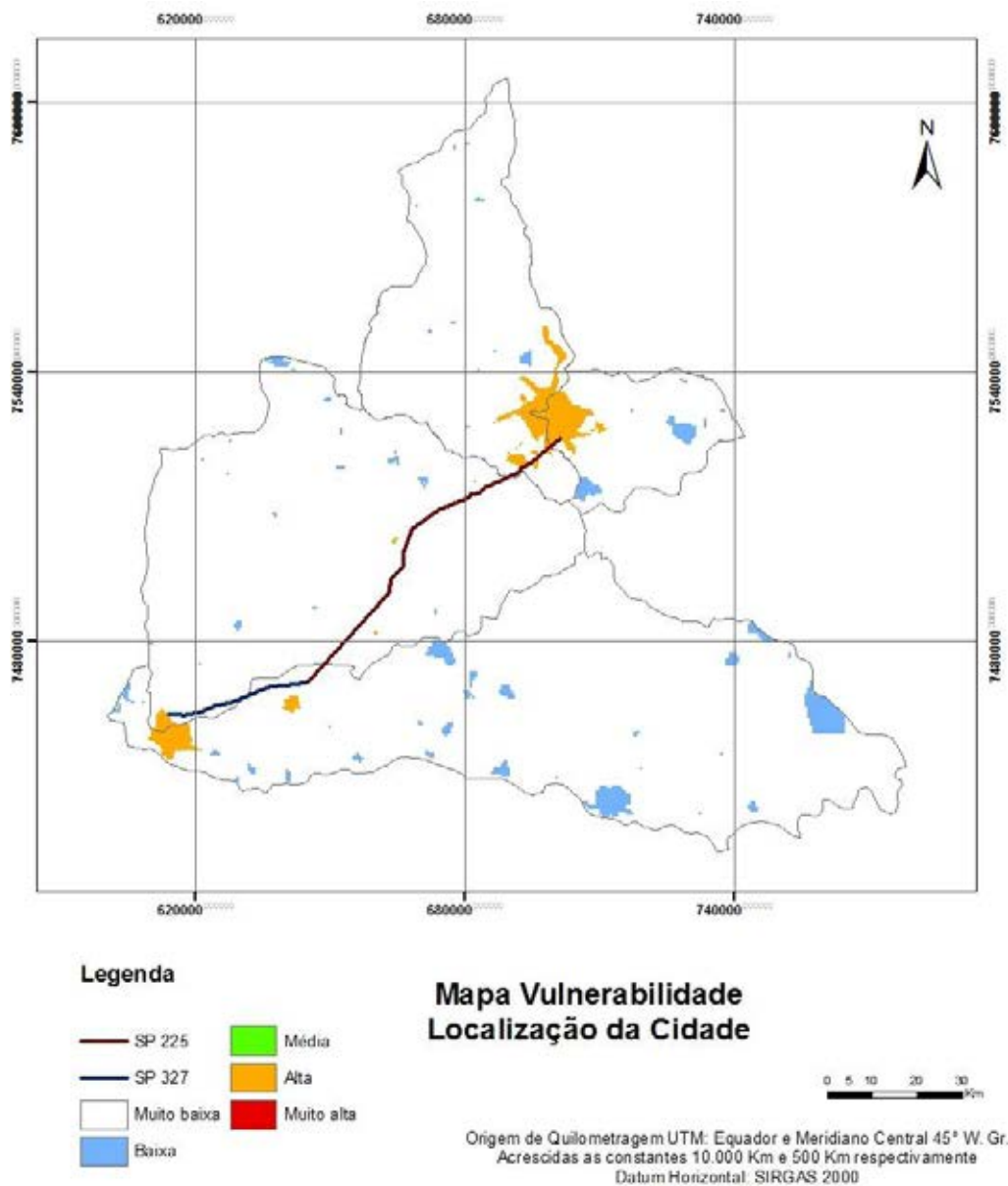
Grande parte da área em estudo é ocupada por pastagens e lavouras, sendo assim foram identificadas grandes áreas com média vulnerabilidade populacional relacionado a atividade econômica rural. Os locais ocupados por fragmentos florestais, como é o caso da SP 225 (km 246+800 ao 262), foram classificados com vulnerabilidade populacional muito baixa.

Vulnerabilidade populacional localização da cidade (mapa 3)

Para determinação da vulnerabilidade populacional em relação a localização da cidade foi considerado até 3 km de distância cidade localizada próxima a rodovia, sendo atribuído pelos especialistas maior peso para esta situação.

O mapa de vulnerabilidade populacional da localização da cidade é apresentado na Figura 6.24.

Figura 6.24 - Vulnerabilidade populacional localização da cidade.



Como observado na Figura 6.24, os locais com a presença da malha urbana foram classificados com vulnerabilidade populacional alta e baixa. Não foram identificados locais de vulnerabilidade populacional média e muito alta.

Verifica-se que os locais classificados com vulnerabilidade populacional muito baixa foram os locais onde não estão localizadas as malhas urbanas.

As malhas urbanas localizadas próximas a rodovia foram classificadas como áreas de vulnerabilidade populacional alta caso ocorra um acidente envolvendo o TRPP.

As cidades localizadas próximas as rodovias, como é o caso de Bauru, Santa Cruz do Rio Pardo, Ourinhos, Espírito Santo do Turvo, Paulistânia e Piratininga foram classificadas com alta vulnerabilidade populacional.

A partir dos mapas de vulnerabilidade dos critérios populacionais já apresentados foi gerado o mapa de vulnerabilidade populacional para a área em estudo.

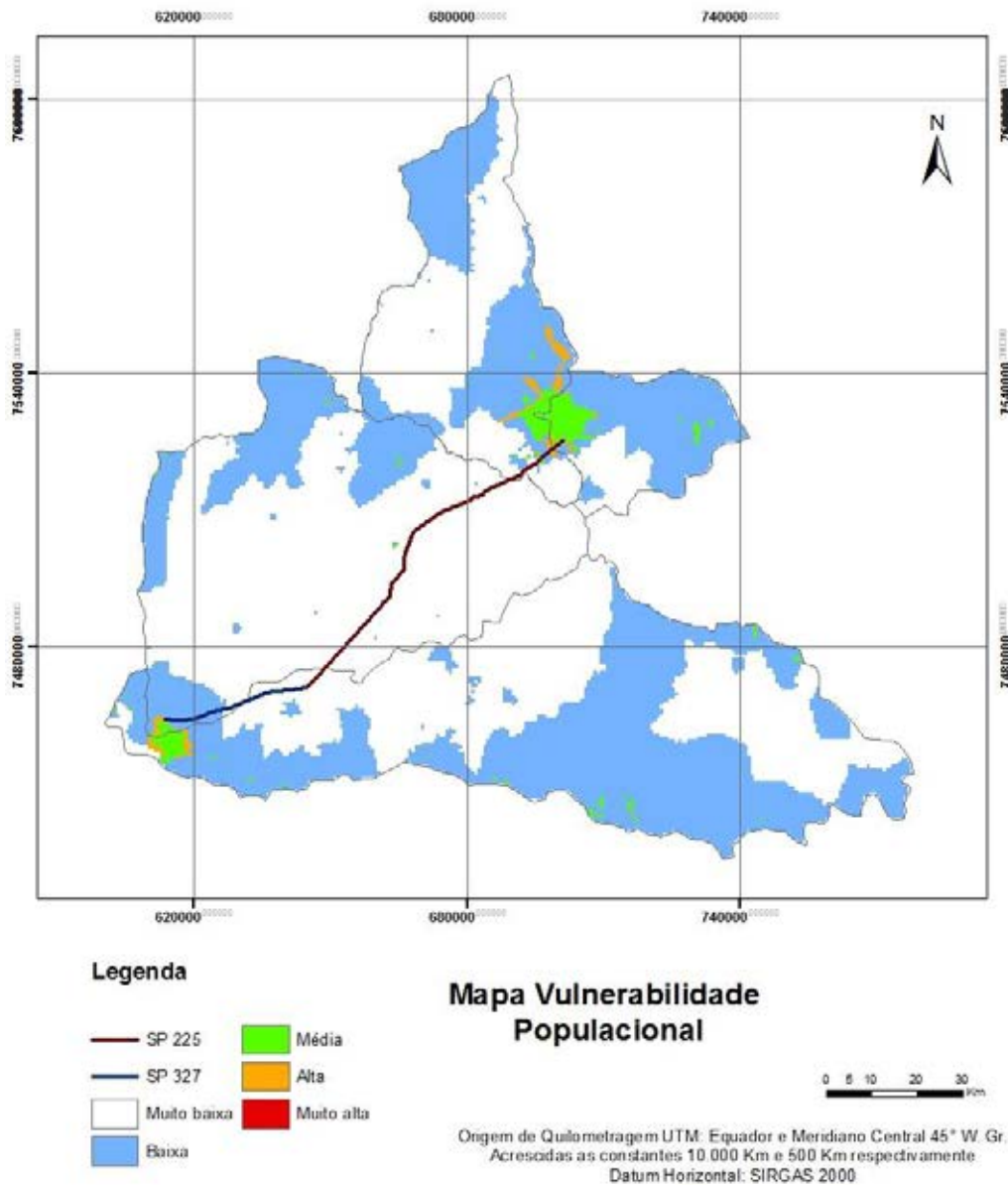
A Figura 6.25 apresenta o mapa de vulnerabilidade ambiental gerado para a área em estudo.

Como observado na Figura 6.25, verifica-se a presença de locais de vulnerabilidade populacional muito baixa, baixa, média e alta na área em estudo. Locais de vulnerabilidade muito alta não foram identificados.

As áreas urbanas do município de Bauru e Ourinhos são caracterizadas por uma alta densidade populacional, sendo assim, trecho das rodovias SP 225 e SP 327 por atravessarem essas regiões populosas representam média vulnerabilidade populacional em caso de acidente com o TRPP.

Locais de baixa densidade populacional, como é o caso de Espírito Santo do Turvo, Paulistânia, Agudos mesmo sendo o uso agropecuário predominante na área apresentou vulnerabilidade populacional baixa.

Figura 6.25 - Vulnerabilidade populacional da área em estudo.



6.9.5 Mapa de gravidade de dano ambiental

O mapa de gravidade de dano ambiental foi gerado a partir de dois cenários de perigo, ou seja, acidente sem vazamento do produto transportado e acidente com vazamento, fogo ou explosão do produto transportado, conforme já mencionado.

Para verificar a coerência dos pesos atribuídos pelos especialistas para a determinação da gravidade de dano ambiental foi realizada uma análise comparativa a partir de dois sub-cenários: um considerando os pesos iguais para os três critérios (dano inerente do produto, vulnerabilidade ambiental e vulnerabilidade populacional), e outro considerando os pesos atribuídos pelos especialistas no painel de especialistas, conforme Tabela 6.18.

Tabela 6.18 - Cenários simulação modelo de risco para determinação da gravidade de dano ambiental.

Cenário	Sub-Cenário	Perigo	Pesos critério
1º	1.1	Sem vazamento (Pe = 0,33)	Iguais ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 = 0,33$)
	1.2	Sem vazamento (Pe = 0,33)	Painel de especialistas ($\alpha_1 = 0,5$, $\alpha_2 = 0,22$ e $\alpha_3 = 0,28$)*
2º	2.1	Com vazamento, fogo e/explosão (Pe = 1)	Iguais ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 = 0,33$)
	2.2	Com vazamento, fogo e/explosão (Pe = 1)	Painel de especialistas ($\alpha_1 = 0,5$, $\alpha_2 = 0,22$ e $\alpha_3 = 0,28$)*

*Valores obtidos no painel de especialistas, Tabela 6.7.

a) 1º cenário: Não ocorre vazamento do produto transportado

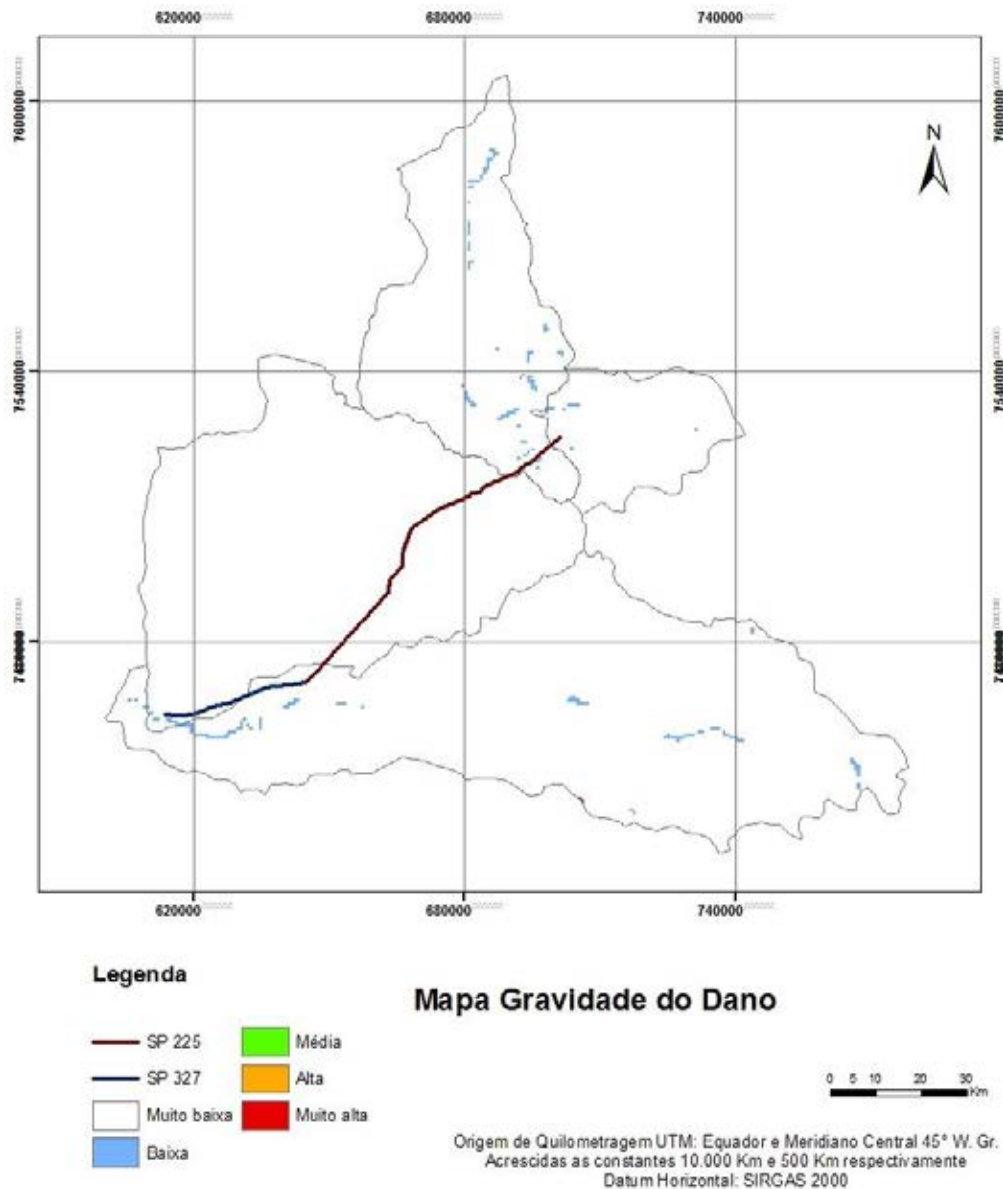
Como apresentados na Tabela 6.18 foram realizadas duas simulações para o 1º cenário.

Sub-cenário 1.1

Para simulação do sub-cenário 1.1 o mapa de gravidade de dano ambiental foi gerado com pesos iguais para todos os critérios e situação de perigo envolvendo um acidente sem vazamento do produto

Na Figura 6.26 está apresentado o mapa de gravidade de dano ambiental simulado para o sub-cenário 1.1.

Figura 6.26 - Mapa gravidade de dano sub-cenário 1.1.



Utilizando os mesmos pesos na simulação da gravidade de dano para acidentes sem o vazamento de produto verifica-se praticamente a ausência de áreas com gravidade de dano na área em estudo.

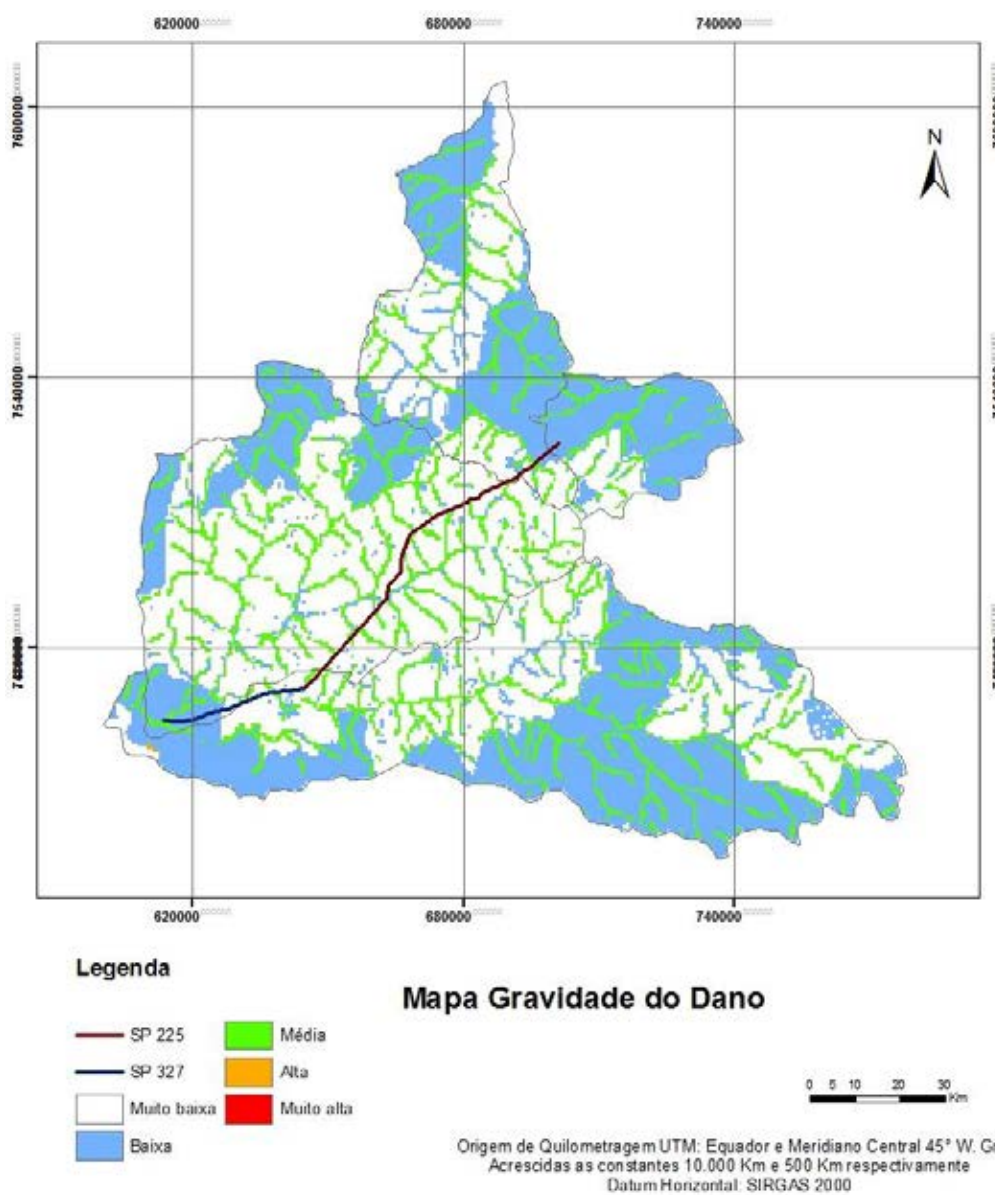
Este resultado mostra a ineficiência do modelo em simular o risco ambiental, visto que o local em estudo possui características distintas ao longo de sua área de influência, como a presença de UC, áreas urbanas com densidade populacional alta, entre outras, devendo o risco ser representativo para as características de cada local.

Sub-cenário 1.2

Para simulação do sub-cenário 1.2 o mapa de gravidade de dano ambiental foi gerado com os pesos dos critérios atribuídos no painel de especialistas e situação de perigo envolvendo um acidente sem vazamento do produto.

Na Figura 6.27 está apresentado o mapa de gravidade de dano ambiental simulado para o sub-cenário 1.2.

Figura 6.27 - Mapa gravidade de dano ambiental sub-cenário 1.2.



Pode-se observar que no geral a o mapa de gravidade de dano caso ocorra um acidente sem o vazamento do produto transportado é parecido com o mapa de vulnerabilidade

ambiental, pois o perigo para esta simulação é baixo influenciando na gravidade do dano apenas as características do local

Os cursos d'água foram caracterizados como locais de média gravidade de dano, em função principalmente da presença de fauna aquática e terrestre.

Nos locais caracterizados de baixa gravidade de dano observa-se alta vulnerabilidade populacional por serem locais densamente habitados.

Desta forma, a presença cursos d'água e densidade populacional alta, foram os principais fatores para determinação da gravidade de dano caso ocorra um acidente envolvendo o TRPP sem o vazamento do produto transportado.

b) 2º cenário: Produto transportado está em chamas ou explode

Como apresentado na Tabela 6.18 foram realizadas duas simulações para o 2º cenário.

Sub-cenário 2.1

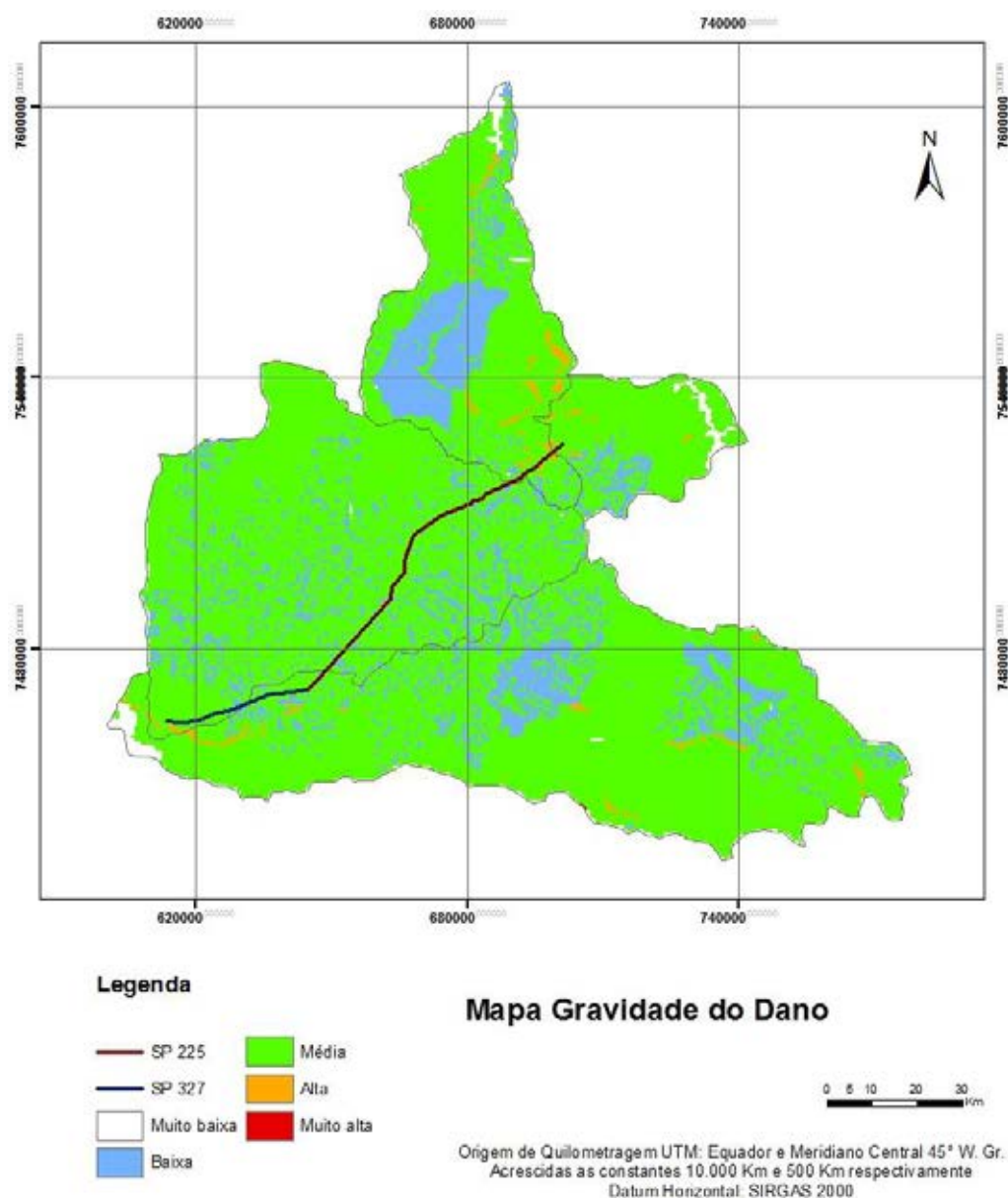
Para simulação do sub-cenário 2.1 o mapa de gravidade de dano ambiental foi gerado com pesos iguais para todos os critérios e situação de perigo envolvendo um acidente com vazamento, fogo e/ou explosão do produto transportado.

Na Figura 6.28 está apresentado o mapa de gravidade de dano ambiental simulado para o sub-cenário 2.1.

Verifica-se na Figura 6.28, que utilizando os mesmos pesos a gravidade de dano para a simulação com vazamento do produto perigoso transportado varia de muito baixa para alta, não sendo identificados locais com gravidade muito alta. A presença de locais de média gravidade é predominante na área em estudo.

Percebe-se que através desta simulação não se conseguiu diferenciar os locais mais sensíveis, como os locais com cursos d'água e densidade populacional alta. Ao longo da SP 225, por exemplo, no km 235 ao 240 +650 a rodovia corta a malha urbana de Bauru, no km 247 + 60 ao 252 + 950 corta uma área de fragmento florestal e no km 252+900 ao 288+600 corta uma área agropecuária, todas classificadas com gravidade de dano médio mesmo tendo características bem distintas.

Figura 6.28 - Mapa gravidade de dano ambiental sub-cenário 2.1.

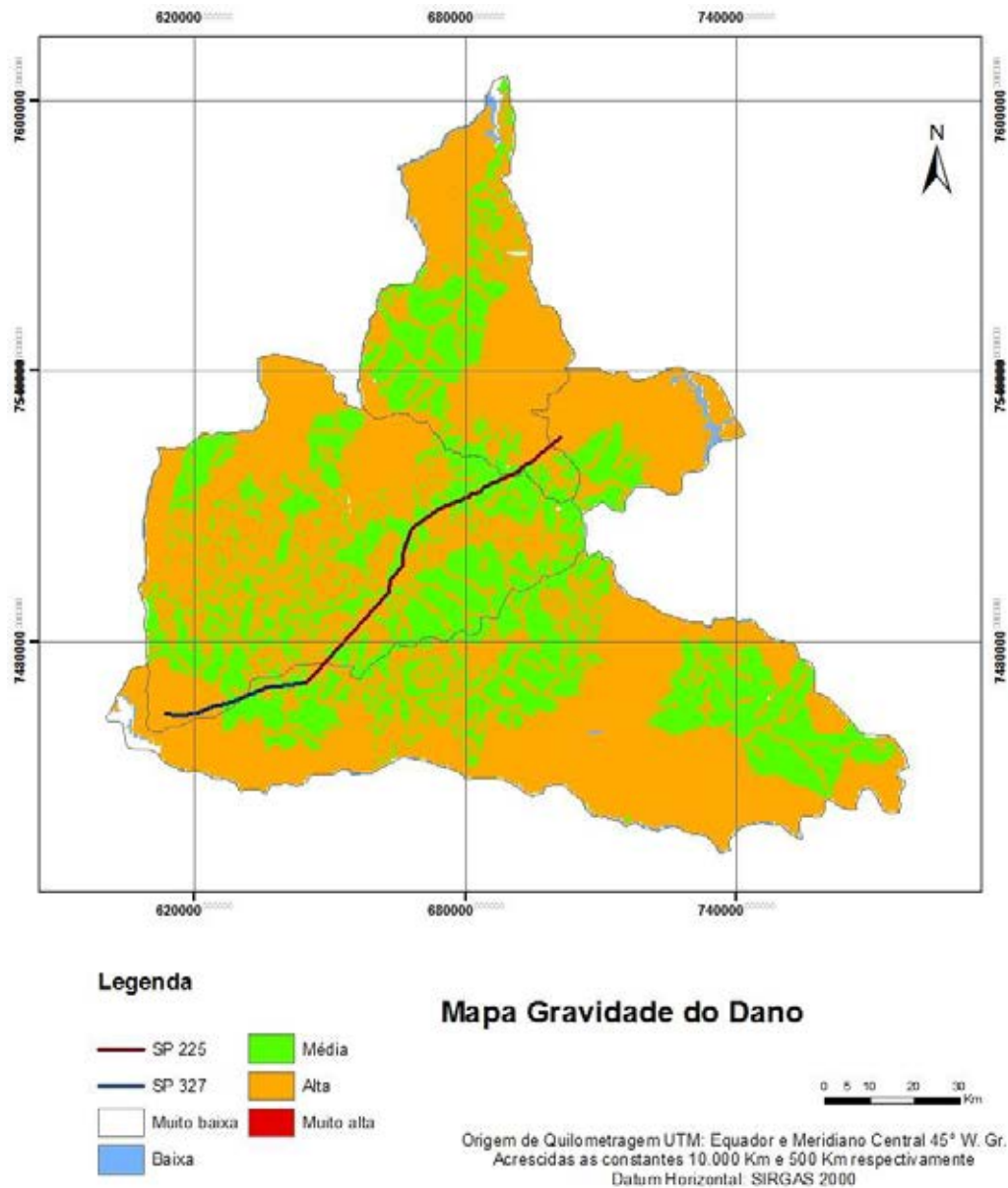


Sub-cenário 2.2

Para simulação do sub-cenário 2.2 o mapa de gravidade de dano ambiental foi gerado com os pesos dos critérios atribuídos no painel de especialistas e situação de perigo envolvendo um acidente com vazamento, fogo e/ou explosão do produto transportado.

Na Figura 6.29 está apresentado o mapa de gravidade de dano ambiental simulado para o sub-cenário 2.2.

Figura 6.29 - Mapa gravidade de dano ambiental sub-cenário 2.2.



Observa-se na Figura 6.29 que a gravidade de dano varia de muito baixa para alta, não sendo identificados locais com gravidade de dano muito alta.

Em função do fator ambiental considerado (hidrografia, textura do solo e vegetação) e do fator população (densidade populacional), grandes áreas da bacia hidrográfica apresentam alta gravidade de dano ambiental e são cortadas por rodovias.

O fator ambiental textura do solo representa a possibilidade de contaminação do lençol freático e foi observado em grande parte da área em estudo. Nestes locais a gravidade de dano foi alta.

A combinação dos fatores: textura do solo e vegetação foi observada nas proximidades da SP 225 (km 246+800) indicando regiões de alta gravidade ambiental.

O fator ambiental uso e ocupação do solo em locais com a presença de fragmentos florestais foi identificado na rodovia SP 225 (km 246+800 ao 262), sendo para estes locais atribuídos também a presença de fauna terrestre para determinação da gravidade de dano. Para estes locais a gravidade de dano foi média.

A presença de cursos d'água também apresenta alta gravidade de dano, visto a simulação considerar o derramamento do produto transportado, ocasionando impactos diretos para o meio.

No geral, verifica-se que o fator ambiental que mais contribuiu para determinação da gravidade de dano foi a textura do solo e a hidrografia, ambos diretamente ligados com a contaminação hídrica caso ocorra um acidente envolvendo o TRPP.

O fator populacional que mais influência em caso de ocorrência de acidente com TRPP com vazamento, incêndio ou explosão do produto transportado na gravidade do dano é a densidade populacional, e duas áreas consideradas de elevada gravidade de dano ambiental são cortadas pelas rodovias: SP 225 (km 235 ao 240+650) e SP 327 (km 18 ao 32), Bauru e Ourinhos, respectivamente.

Sendo assim, deve-se levar em consideração que ambas as rodovias cortam áreas ambientalmente sensíveis, como é o caso da SP 225 km 247 + 60 ao 252 + 950 que corta uma área de vegetação nativa e o km 242+650 que corta o Rio Batalha utilizado para captação pública. Alguns locais altamente povoados, como Bauru e Ourinhos também são cortados pela SP 225 e SP 327.

Desta forma, os mapas de gravidade apresentados na Figura 6.26 e Figura 6.28 não retrataram o risco de forma coerente em virtude dos elementos envolvidos não podendo ser utilizados para determinação do risco ambiental.

6.10 RISCO AMBIENTAL DE ACIDENTE DE TRÂNSITO ENVOLVENDO O TRPP

A determinação do risco ambiental de acidente de trânsito envolvendo o TRPP foi calculada utilizando a equação 20, com os pesos atribuídos pelos especialistas apresentados na Tabela 6.6 e na Tabela 6.7.

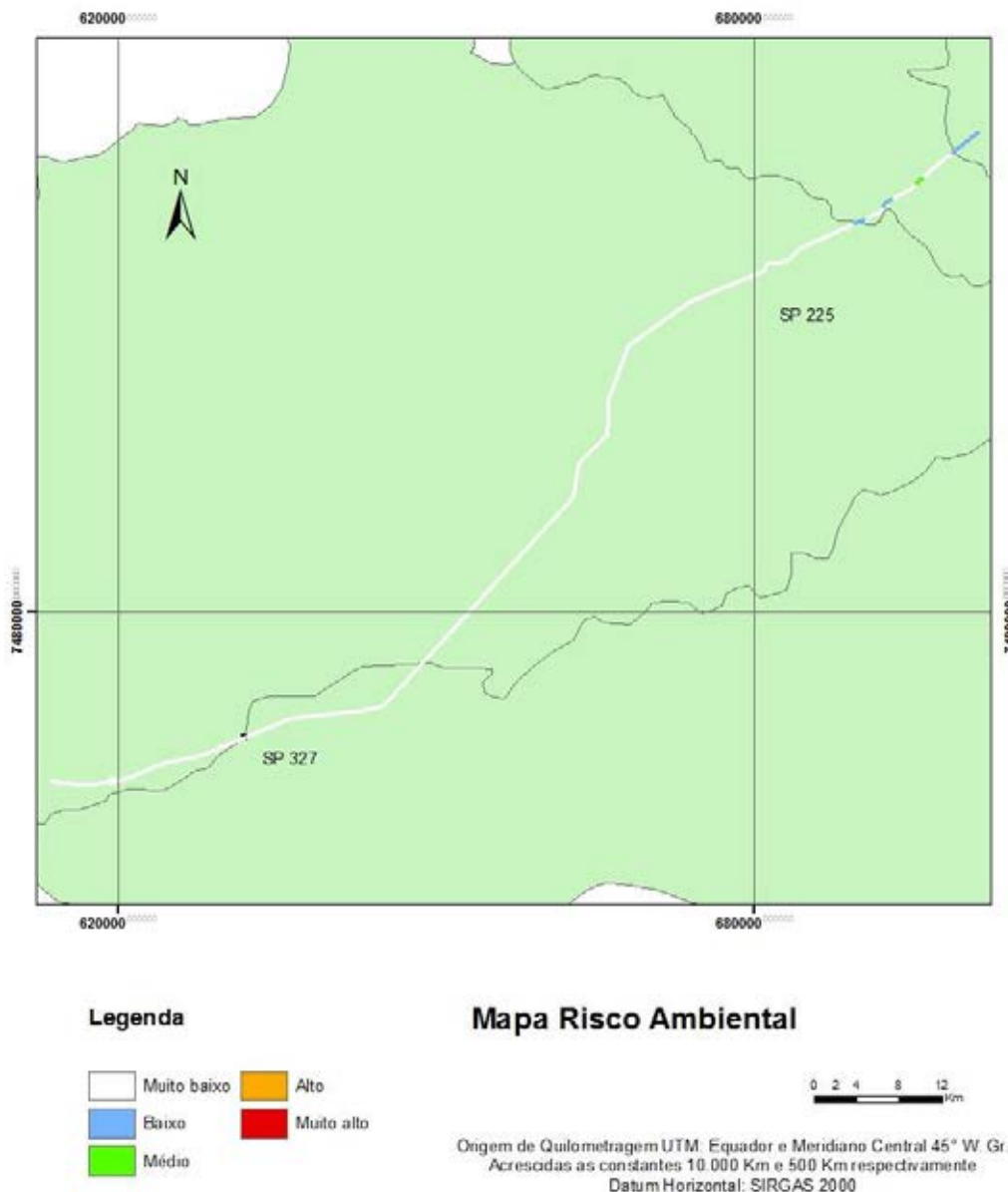
Para elaboração do mapa de risco ambiental foram considerados os dois cenários já apresentados.

a) 1º cenário: Não ocorre vazamento do produto transportado

O mapa temático de risco ambiental de acidente de trânsito envolvendo o TRPP foi obtido pelo cruzamento do mapa de gravidade de dano ambiental, Figura 6.27 e do mapa de probabilidade de ocorrência de acidentes com o TRPP, Figura 6.12.

Na Figura 6.30 é apresentado o mapa temático de risco ambiental de acidente envolvendo o TRPP sem vazamento do produto transportado.

Figura 6.30 - Mapa de risco ambiental de acidentes envolvendo o TRPP sub-cenário 1.2.



Por se tratar de uma situação sem o vazamento do produto transportado o risco ambiental é muito baixo em praticamente todo o trecho da rodovia SP 225 e em toda a

extensão analisada da SP 327. Não foram identificados locais de alto e muito alto risco ambiental.

Por apresentar P_{TRPP} muito baixa entre os km 252+400 ao 317 da SP 225 mesmos os locais cortados por fragmentos florestas (km 247 + 60 ao 252 + 950) e um local cortado pela Córrego Rangel utilizado para recreação (km 293+050) apresentaram risco ambiental muito baixo, visto que aliado a probabilidade de ocorrência de acidente baixa considerou-se o não vazamento do produto transportado, potencializando a redução da situação de perigo.

A SP 327 apresentou probabilidade de ocorrência de acidentes média praticamente em metade de toda sua extensão, no entanto, apresentou vulnerabilidade ambiental muito baixa e vulnerabilidade populacional baixa o que resultou no risco ambiental muito baixo.

Na SP 225 (235 a 251+900) a probabilidade de ocorrência de acidentes foi muito alta, resultando em risco baixo e médio em alguns trechos.

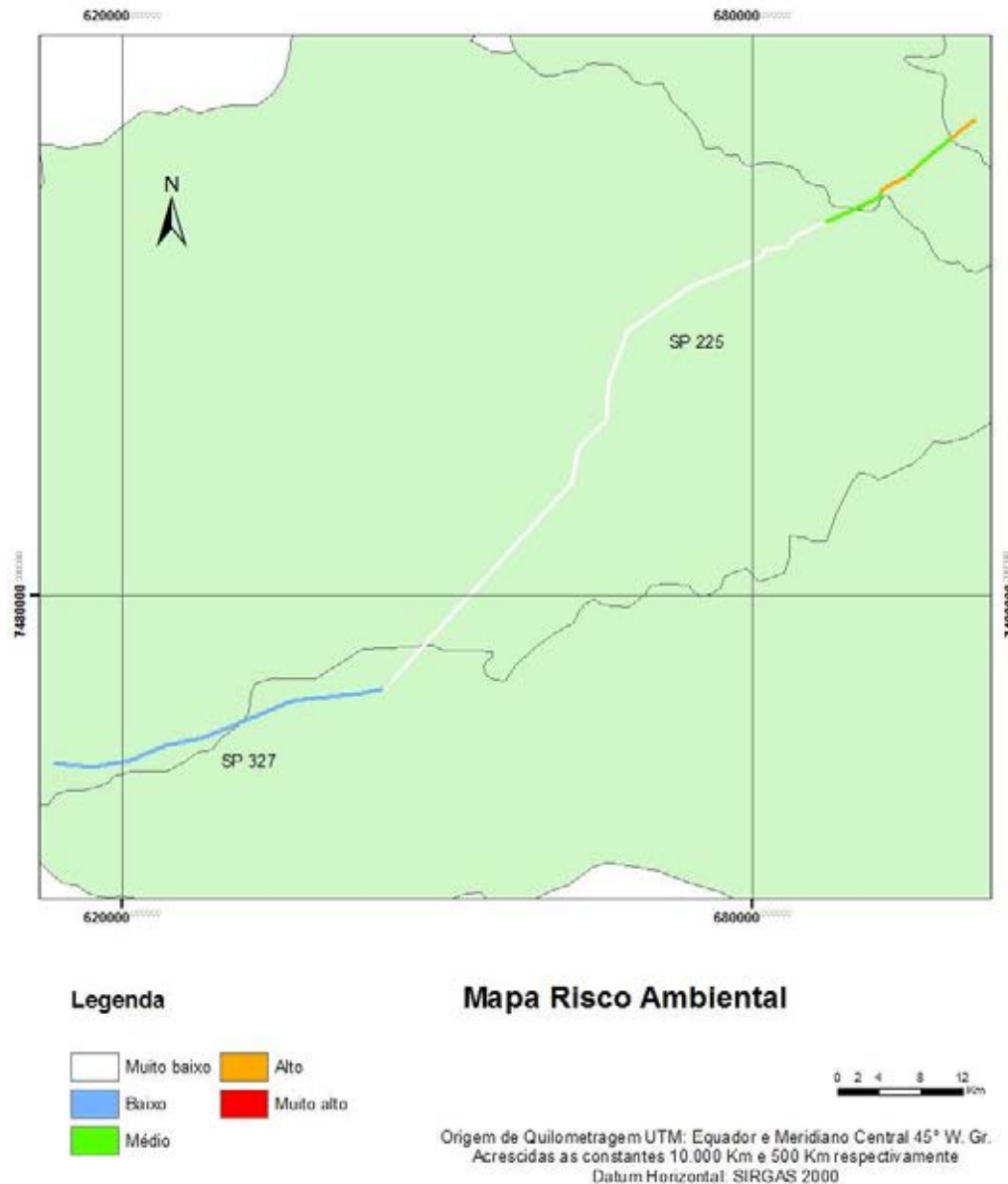
Nota-se risco médio de acidente em um pequeno trecho da SP 225 (km 242+500 ao 242+700), local onde passa o Rio Batalha utilizado para captação pública do município de Bauru. Os trechos identificados de baixo risco ambiental (km 235 ao 238+100 e 243+200 ao 246+300) são os que cortam a malha urbana do município de Bauru e com alta densidade populacional, neste caso, expondo a população ao perigo.

b) 2º cenário: Produto transportado está em chamas ou explode

O mapa temático de risco ambiental de acidente de trânsito envolvendo o TRPP foi obtido pelo cruzamento do mapa de gravidade de dano ambiental, Figura 6.29 e do mapa de probabilidade de ocorrência de acidentes com o TRPP, Figura 6.12.

Na Figura 6.31 é apresentado o mapa de risco de acidentes envolvendo o TRPP causando o incêndio ou explosão do produto transportado.

Figura 6.31 - Mapa de risco ambiental de acidentes envolvendo o TRPP sub-cenário 2.2.



Para simulação com vazamento causando incêndio ou explosão do produto transportado não foram identificados trechos com risco ambiental muito alto. Ao longo do trecho da SP 225 verificou-se se o risco ambiental varia de muito baixo para alto e na SP 327 o risco ambiental é baixo.

Verifica-se que a probabilidade de ocorrência de acidentes envolvendo o TRPP e a vulnerabilidade populacional foram fatores preponderante para a determinação do risco ambiental.

A SP 225 (km 252+400 ao 317) por apresentar probabilidade de acidente envolvendo o TRPP muito baixa, densidade populacional média e não corta nenhuma malha urbana o

risco ambiental também foi baixo para este trecho. Mesmo com risco ambiental muito baixo, verifica-se ao longo deste trecho a presença de ambientes que merecem atenção, como é o caso do km 247 + 60 ao 252 + 950 por cortar fragmentos florestais e do km 293+050, pois neste ponto a rodovia é cortada pelo Córrego do Rangel utilizado como recreação pelos municípios de Espírito Santo do Turvo.

Em função da P_{TRPP} ser muito alta verifica-se alto risco ambiental de acidentes envolvendo o TRPP na SP 225 (km 235 ao 238+100, km 242+500 ao 242+700 e 244 ao 246+800) por serem trechos que cortam a malha urbana com alta densidade populacional e o Rio Batalha.

Nestes três trechos torna-se essencial um sistema de alerta para atuação rápida, em caso de acidente envolvendo o TRPP, sendo recomendada a instalação de bases de atendimento rodoviário próximos a estes diminuindo assim o tempo de resposta e consequentemente minimizando a magnitude e a abrangência do impacto, além de permitir a identificação de problemas com a própria infraestrutura viária, como por exemplo, raio de curva ou inclinação, etc.

Na SP 327 o risco ambiental de acidentes envolvendo o TRPP é baixo, pois a probabilidade de ocorrência de acidentes varia de muito baixa para média ao longo do trecho, pelo fato de toda a sua extensão ser ocupada para uso agropecuário. Parte da SP 327 (km 17 ao 21) passa por uma área de alta densidade populacional, no entanto, por não cortar a malha urbana o risco diminui. Deve-se ter uma atenção principalmente nesta extensão que passa por Ourinhos e no km 15+500 com acesso a SPA 026/327, pois corta o Rio Pardo utilizado para captação pública do município de Ourinhos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão da literatura do presente estudo mostrou que há uma grande necessidade principalmente para a identificação dos elementos ambientais que constituirão o modelo de risco ambiental envolvendo o TRPP. Desta forma, buscando sanar esta deficiência a metodologia proposta para mapear o risco ambiental no TRPP utilizou a análise multicritério através da ponderação dos critérios por especialistas para que simulação do modelo seja a mais real possível. Buscou-se realizar uma abordagem simplificada eliminando as principais limitações de se utilizar os modelos complexos que necessitem pessoal especializado e dificuldade na coleta e organização de um grande número de dados necessários, o que está distante da realidade brasileira. A metodologia pode ser implementada em um SIG de modo a obter os mapas de riscos ambientais envolvendo o TRPP.

Pode-se concluir que o modelo de risco ambiental de acidentes de trânsito envolvendo produtos perigosos se mostrou uma ferramenta útil para a identificação do risco ambiental e trechos críticos da rodovia, podendo ser utilizada na gestão e tomadas de decisões, servindo na orientação em operações de emergências; no direcionamento de medidas para reduzir estes riscos; ou orientar a identificação de áreas com maior potencial de risco para que as mesmas não sejam utilizadas como rotas principais.

Ao final da aplicação do painel de especialista confirmou-se que o método de comparação par a par e o método *rank sum* são eficientes para auxiliar na tomada de decisão, sendo de fácil compreensão dos resultados e adaptável às necessidades do tomador de decisões. Para o caso em estudo, estes métodos mostraram condizentes com as características reais do local onde foram aplicados.

Durante o estudo de caso, considerando o período analisado, após diagnóstico do risco no TRPP o trecho analisado demonstrou:

- A principal causa de acidentes identificada ao longo da SP 225 (km 235 ao 317) e SP 327 (km 0 ao 32) foi pane mecânica, reforçando o já mencionado por Nardocci e Leal (2006), sendo um dos principais agravantes para

aumento da ocorrência de acidentes a idade avança da frota utilizada para transporte de produtos perigosos;

- Verificou-se que a rodovia SP 327 foi a que ocorreu o maior número de acidentes com produtos perigosos totalizando 12 acidentes, sendo a taxa de acidentes maior na SP 225 (km 235 ao 251+900) em função principalmente do fluxo de veículos transportando produtos perigosos em cada trecho;
- O tipo de produto perigoso mais envolvido nos acidentes foi o álcool etílico (68,42%), e a classe de produto perigoso a de número 3 (líquidos inflamáveis) com 82,60%. Verifica-se ainda que em 100% dos acidentes envolvendo o TRPP não ocorreu o vazamento do produto transportado.

Avaliando os mapas temáticos obtidos a partir do modelo de risco proposto pode-se concluir que:

- O modelo de risco ambiental de acidente de trânsito permite a geração dos mapas temáticos por meio de SIG com rapidez e flexibilidade caracterizando e identificando os trechos críticos da rodovia em estudo;
- A análise multicritério para determinação dos critérios e dos pesos para determinação da gravidade de dano e da probabilidade de acidentes é crucial para a retratação real das características do local;
- A probabilidade de acidentes e a localização da malha urbana são os fatores preponderante para determinação do risco ambiental, visto estar diretamente ligada ao risco e depender de variáveis imprevisíveis, como as condições climáticas, por exemplo.
- A vulnerabilidade ambiental foi determinada em função da textura do solo e da hidrografia, ambos diretamente ligados com a contaminação hídrica caso ocorra um acidente envolvendo o TRPP;
- O fator populacional que mais influência em caso de ocorrência de acidente com TRPP para determinação da vulnerabilidade populacional é a localização da mancha urbana e a densidade populacional;

- Dos 9 pontos identificados no início do estudo como locais críticos apenas o ponto 3 foi caracterizado com risco ambiental alto, visto que a probabilidade de ocorrência de acidentes neste ponto é alta e o rio identificado é utilizado para abastecimento público.

Com os resultados obtidos na realização desta pesquisa e o conhecimento adquirido no desenvolvimento do estudo, sugere-se:

- Tendo em vista a dificuldade para obtenção de dados referente ao TRPP recomenda-se realizar um levantamento em campo para obtenção do VDM_{TRPP} ;
- Realizar uma análise comparativa entre o fluxo de veículos TRPP e o VDM_{TRPP} para verificar sua influência na determinação da T_a e a partir desta análise estabelecer qual deve ser utilizada para a determinação da P_{TRPP} ;
- Analisar próximo as áreas urbanas rotas de produtos perigosos e sua área de influência em locais de interesse com grande concentração de pessoas;
- Sugerir trabalhos para aprimoramento de tecnologias do tipo de ITS (*Intelligent Transport System*) para monitoramento em tempo real por parte das concessionárias dos veículos que transportam produtos perigosos e das concessionárias das rodovias permitindo que os tomadores de decisões estejam informados e aliados aos mapas de risco possam direcionar as ações preventivas e corretivas tornando mais seguro o transporte rodoviário de produtos perigosos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química. **A indústria química em 2008**. São Paulo: ABIQUIM, 2009.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7500**: 2013: Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 05 p.

AL-HANBALI, A.; ALSAAIDEH, ; KONDOH, A. Using GIS-Based Weighted Linear Combination Analysis and Remote Sensing Techniques to Select Optimum Solid Waste Disposal Sites within Mafrq City, Jordan. **Journal of Geographic Information System**, n. 3, p. 267-278, 2011.

ANDROUTSOPOULOS , K. N.; ZOGRAFOS , K. G. A decision support system for integrated hazardous materials routing and emergency response decisions. **Transportation Research Part C**, v. 16, p. 684-703, 2008.

ARTESP. **Estatística de tráfego: Volume Diário Médio de tráfego (VDM)**. São Paulo, 2014. Disponível em: <http://200.144.30.103/vdm/SFCG_Concessionaria.asp?CodRodovia=>. Acesso em: 24 de Abril 2014.

ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres. 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. Resolução n. 3.763, de 26 de janeiro de 2012. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2012. Seção 1. (08/02/2012)

ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres. 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. Resolução n. 2.975, de 18 de dezembro de 2008. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2009. Seção 1. (05/01/2009)

ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres. 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. Resolução n. 2.657, de 15 de abril de 2008. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2008. Seção 1. p. 95. (18/04/2008)

ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres. Altera a Resolução n. 420, de 12 de fevereiro de 2004, que aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos e seu anexo. Resolução n. 701, de 25 de agosto de 2004. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2004. Seção 1. p. 140. (31/08/2004)

ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres. Aprova as instruções complementares ao regulamento do transporte terrestre de produtos perigosos. Resolução n. 420, de 12 de Fevereiro de 2004. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2004. Seção 1.

BHUSHAN, N.; RAI, K. **Strategic Decision Making: Applying the Analytic Hierarchy Process**. New York: Springer, 2004. 183 p.

BONVICINI, S.; SPADONI, G. A hazmat multi-commodity routing model satisfying risk criteria: A case study. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v. 21, p. 345-358, 2008.

BRASIL. Lei n. 10.233, de 5 de junho de 2001. Dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Departamento Nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2001. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Lei n. 10.165, de 27 de dezembro de 2000. Altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2000. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Lei n. 96.044, de 18 de maio de 1988. Aprova o Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1988. Seção 1, p. 8737.

BRASIL. Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1965. Seção 1, p.9529.

BRASIL. Decreto nº 2.063, DE 06 DE OUTUBRO DE 1983. Dispõe sobre multas a serem aplicadas por infrações à regulamentação para a execução do serviço de transporte rodoviário de cargas ou produtos perigosos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1983. Seção 1, p. 17.153.

BRASIL. Decreto Lei n. 10.755, de 22 de novembro de 1977. Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto n. 8.468, de 8 de setembro de 1976, e dá providências correlatas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1977. Seção 1.

BUBBICO, R.; CAVE, S. D.; MAZZAROTTA, B. Risk analysis for road and rail transport of hazardous materials: a simplified approach. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v. 17, p. 477-482, 2004a.

BUBBICO, R.; CAVE, S. D.; MAZZAROTTA, B. Risk analysis road and rail transport of hazardous materials a GIS approach. **Journal of Loss Prevention in the Industries**, v. 17, p. 483-488, 2004b.

CAROTENUTO, P.; GALIANO, G.; GIORDANI, S. Finding dissimilar efficient routes for hazmat shipments. Houser of Poznan University of Technology, Poznan, Poland, p. 347-352, 2005.

CART - Concessionária Auto Raposo Tavares. **Programa de gerenciamento de risco: Ação emergencial Corredor Raposo Tavares**. São Paulo: Ambiente Brasil Engenharia, 2010. 144 p.

CART - Concessionária Auto Raposo Tavares. **Dados de controle CART**. 2014.

CARVALHO, J. C.; GITIRANA JR., G. F. N.; CARVALHO, E. T. L. (Org.) **Tópicos sobre infiltração: teoria e prática aplicadas a solos tropicais**. Brasília: Faculdade de Tecnologia, 2012. 644 p.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Gráfico anual geral. Estatísticas emergências químicas CETESB**. São Paulo, 2013. Disponível em: <http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/emergencia/est_geral.php>. Acesso em: 7 Fevereiro 2013.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Emergências químicas atendidas pela CETESB em 2010**. São Paulo: CETESB, 2011. 104 p.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de atendimento a acidentes ambientais no transporte rodoviário de produtos perigosos 1983 a 2004**. São Paulo: CETESB, 2005.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Sistema integrado de gestão para prevenção, preparação e resposta aos acidentes com produtos químicos: manual de operação**. São Paulo: OPAS/OMS, 2003.

CLIN, J. Sleep and transit in Brazil: New legislation. **Sleep Med.**, v. 5, n. 2, p.164-166, 2009.

CNT – Confederação Nacional do Transporte. **Renovar a frota de caminhões é essencial, defende presidente da CNT**. Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.cnt.org.br/Paginas/Agencia_Noticia.aspx?n=8772>. Acesso em 13 ago. 2014.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1986. Seção 1, p. 2548-2549.

COSTA, D. C. **Diretrizes para elaboração e uso de bases cartográficas no planejamento municipal: urbano, rural e transporte**. 2001. 329 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Transportes) – Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Geodiversidade do Estado de São Paulo**, 2010. CD-ROM.

CORSEUIL, H. X.; SANTOS, R. F.; FERNANDES, M. Natural bioremediation perspective for BTEX contaminated. **Rev. Microbiol.**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 43-50, 1996.

DALMAS, F. B. et al. Geoprocessamento aplicado à gestão de resíduos sólidos na UGRHI-11 - Ribeira de Iguape e Litoral Sul. **Geociências**, v. 30, n. 2, p. 285-299, 2011.

DAVID, R. D. **Regulamentação do transporte terrestre de produtos perigosos**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/painelsetorial/palestras/RobertoDias.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2013.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **Anuário estatístico das rodovias federais 2010**. Brasília: DNIT, 2011. 687 p.

DIAMOND, J.; SHANLEY, T. Infiltration rate assessment of some major soils. **Proc. Agricultural Research Forum**, Dublin, 1998.

EASTMAN, R. J. et al. Raster procedures for multi-criteria/multi-objective decisions. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 61, n. 5, p. 539-547, maio 1995.

EDWARDS, W. **Reflections on and criticism of a highly political multiattribute utility analysis**. In L. Cobb & R. M. Thrall (Eds.), *Mathematical frontiers of behavioral and policy science*. Boulder, Colo.: Westview Press, 1980.

EPA - Environmental Protection Agency. **Waste and cleanup risk assessment glossary**. 2012. Disponível em: <<http://www.epa.gov/oswer/riskassessment/glossary.htm>>. Acesso em: 16 jul. 2012.

ERKUT, E.; VERTER, V. A framework for hazardous materials transport risk assessment. **Risk Analysis**, New York, USA, v. 15, n. 5, p. 589-601, 1995.

FABIANO, B.; CURRÒ, F.; PASTORINO, R. A framework for risk assessment and decision-making strategies in dangerous. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 93, n. 1, p. 1-15, jul. 2002.

FERRAZ, C.; RAIA JR., A.; BEZERRA, B. S. *Segurança no trânsito*. São Carlos: NEST, 2008, 280 p.

GARCIA, G. J.; PIEDADE, G. C. R. **Topografia aplicada às Ciências agrárias**. 2. ed. São Paulo: Nobel, v. 5, 1987. 256 p.

GITTA – Geographic Information Technology Training Alliance. **Weighting by ranking**. 2013. Disponível em: <http://www.gitta.info/Suitability/en/html/Normalisatio_learningObject1.html>. Acesso em: 20 jun. 2013.

HISCOCK, K. M. et al. Groundwater vulnerability assessment: two case studies using GIS methodology. **Quarterly Journal of Engineering Geology**, Norwich-UK, v. 28, p. 179-194, 1995.

HORTON, R. E. An approach toward a physical interpretation of infiltration capacity. **Soil Science Society of America Proceeding**, v. 5, p. 399-417, 1940.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Downloads: Geociências**. 2013. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em: 20 ago. 2013.

ISDR - International Strategy for Disaster Reduction. **Living with Risk: A global review of disaster reduction initiatives**. New York and Geneva: United Nations Inter-Agency Secretariat of the International Strategy for Disaster Reduction, v. 1, 2002. 801 p.

JANKOWSKI, P. Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods. **International Journal of Geographical Information Systems**, v. 9, n. 3, p. 251-273, 1995.

KARA, B.Y.; VERTER, V. Designing a Road Network for Hazardous. **Transportation Science**, Catonsville, USA, v. 38, n. 2, 188-196, maio 2004.

KULKAMP, M. S., CORSEUIL, H. X., JÚNIOR, C. J. Influência do etanol na biodegradação de hidrocarbonetos de petróleo em um aquífero contaminado com uma mistura de diesel etanol. **In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**, Florianópolis. 2002.

KUMPULAINEN, S. Vulnerability concepts in hazard and risk assesment. In: SCHMIDTTHOMÉ, P. **Natural and technological hazards and risks affecting the spatial development of European regions**. Espoo: Geological Survey of Finland, 2006. p. 65-74.

LEONARD, J.; ANDRIEUX, P. Infiltration characteristics of soils in Mediterranean vineyards in Southern France. **Catena**, v. 32, p. 209-223, 1998.

LEPOFSKY, M.; ABKOWITZ, M.; CHENG, P. Transportation Hazard Analysis in Integrated GIS Environment. **Journal of Transportation Engineering**, New York, NY, v. 119, n.2, p. 239-254, mar. 1993.

LIMA, W. D. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ, 2008. 253 p.

LISBOA, M.V. **Contribuição para tomada de decisão na classificação e seleção de alternativas de traçado para rodovias em trechos urbanizados**. 2002. 206 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

MAGNANELLI, N. P. **Risco x Perigo**. São José dos Campos: CVS, 2012.

MALCZEWSKI, J. On the use of weighted linear combination method in GIS: Common and best practice approaches. **Transactions in GIS**, v. 4, n. 1, p. 5-22, 2000.

MANFRÉ, L. A. et al. An Analysis of Geospatial Technologies for Risk and Natural Disaster Management. **Geo-Information**, v. 1, p. 166-185, 2012.

MARTÍNEZ-ALEGRÍA, C.; ORDÓNEZ, C.; TABOADA, J. A conceptual model for analyzing the risks involved in the transportation of hazardous goods: Implementation in a geographic information system. **Human and Ecological Risk Assessment**, Philadelphia, v. 9, n. 3, p. 857-873, 2003.

MAYDEU-OLIVARES, A.; BOCKENHOLT, U. Structural equation modeling of paired-comparison and ranking data. **Psychological Methods**, v. 10, n. 3, p. 285-304, 2005.

- MCCORMACK, S. **Agents of change**. *World Highways*, v.10, n.3, p.32-34, 2001.
- MELLO, M.T. **Efeitos do excesso de jornada**. São Paulo, 2013. Disponível em: <http://www.guiadotrc.com.br/seguranca/excesso_jornada.asp>. Acesso em 13 ago. 2014.
- MOORE, G. Soil Guide: A handbook for understanding and managing agricultural soils. **Agriculture Western Australia**, Bulletin 4343, jul. 2001, 388 p.
- NARDOCCI, A.; LEAL, O.L. Informações sobre acidentes com transporte rodoviário de produtos perigosos no Estado de São Paulo. **Saude soc.**, São Paulo, v. 15, n. 12, p. 113-121, ago. 2006.
- NATHANAIL, E.G.; ZAHARIS, S.; VAGIOKAS, N.; PREVEDOUROS, P.D. Risk assessment for the transportation of hazardous materials through tunnels. **Transportation Research Board**, Washington D.C., v. 2162, p. 98-106, out. 2010.
- NEWMAN, J. R. **Differential weighting in multiattribute utility measurement**: When it should not and when it does make a difference. *Organizational Behavior and Human Performance*, v. 20, p. 231-325, 1977.
- NICOLET-MONNIER, M.; GHEORGHE, A. V. Quantitative risk assessment of hazardous materials transport systems. In: _____ **Analysis and assessment of transportation risk–environmental and safety factors**. Switzerland: Kluwer Academic, 1996. Cap. 1, p. 1-24.
- OLIVEIRA, L.G. et al. A continuidade do uso de anfetaminas por motoristas de caminhão no Estado de São Paulo, Brasil, a despeito da proibição de sua produção, prescrição e uso. **Cad. Saúde Pública**, v. 29, n. 9, p. 1903-1909, 2013.
- OTWAY, H. J.; EDWARDS, W. **Application of simple multiattribute rating technique to evaluation of nuclear waste disposal sites**: A demonstration. Research report RM- 77-31, International Institute for Applied System Analysis, Laxenburg, Austria, 1977.
- PANWHAR, S.; PITT, R.; ANDERSON, M. **Development of a GIS-based hazardous materials transportation management system**: a demonstration project. University Transportation Center for Alabama, Tuscaloosa. UTCA Report 99244, 2000, 43 p.
- PEDRO, F.G. **Acidentes com transporte rodoviário de produtos perigosos: análise e aplicação de modelo conceitual georreferenciado para avaliação de risco ambiental no município de Campinas-SP**. 2006. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, 2006.
- PINCINATO, F. L.; RIEDEL, P. S.; MILANELLI, J. C. C. Modelling an expert GIS system based on knowledge to evaluate oil spill environmental sensitivity. **Ocean & Coastal Management**, v. 52, n. 9, p. 479-486, 2009.
- PLANAS, E. et al. A risk severity index for industrial plants and sites. **Journal of Hazardous Materials**, v. 130, p. 242-250, 2006.

PLOWMAN, E.G.; IMHOFF, E.A. The inevitable compromise – highway vs. the environment. **Traffic Quartely**, v.26, n.2, p.177-178, 1972.

POWERS, S. E. et al. The transport and fate of ethanol and BTEX in groundwater contaminated by gasohol. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 31, n. 1, p. 79-123, 2001.

PREVEDELLO, C.L. **Física do solo com problemas resolvidos**. Curitiba: Sociedade Autônoma de Estudos Avançados em Física do Solo, 1996. 446 p.

RAMOS, F. B. **Metodologia para escolha de alternativas de rotas para o transporte de materiais perigosos**. 1997. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1997.

RAMOS, R. A. R. **Localização industrial um modelo espacial para o noroeste de Portugal**. 2006. 323 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, PT, 2000.

REAL, M. V **informação como fator de controle de riscos no transporte rodoviário de produtos perigosos**. 2000. 228 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Transportes) – PET/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 2000.

RENIERS, G. L. L. et al. Transportation Risk Analysis tool for hazardous Substances (TRANS) - A user-friendly, semi-quantitative multi-mode hazmat transport route safety risk estimation methodology for Flanders. **Transportation Research Part D**, v. 15, p. 489-496, 2010.

REVELLE, C.; COHON, J.; SHOBRY, D. Simultaneous siting and routing in the disposal of hazardous wastes.. **Transportation Science**, Baltimore, USA, v. 25, n. 2, p. 138-145, 1991.

RIBEIRO, G. F. Estudo dos fatores do meio físico que influenciam a capacidade de infiltração das águas da bacia hidrográfica Vargens de Caldas, Minas Gerais. 2010. 107 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – UNICAMP, Campinas, SP, 2010.

RIXEY, W. G. et al. The impact of fuel ethanol on groundwater: source behavior. **In: ANNUAL NATIONAL TANKS CONFERENCE**, Atlanta, GA, n. 20, mar. 2008.

SAATY, T. L. Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors The Analytic Hierarchy Network Process. **Royal Academy of Sciences**, Espanha, v. 102, p. 251-318, nov. 2008.

SALOMON, V. A. P. **Desempenho da modelagem do auxílio à decisão por múltiplos critérios na análise do planejamento e controle da produção**. 2004. 122 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SCHENINI, P. C. E. A. O Gerenciamento de riscos no transporte de produtos perigosos. **In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, Bauru, v. 13, p. 6-8, 2006.

SCHWEITZER, L. Environmental Justice and Hazmat Transport: A Spatial Analysis in Southern California. **Transportation Research Part D**, v. 11, n. 6, p. 408-421, 2006.

STILLWELL, W. G.; SEAVER, D. A.; EDWARDS W. A. Comparison of Weight Approximation Techniques in Multiattribute Utility Decision Making. **Organizational Behavior and Human Performance**, v. 28, p.62-77. 1981.

SUDDLE, S. The weighted risk analysis. **Safety Science**, v. 47, p. 668-679, 2009.

TAKITANE, J. et al. Uso de anfetaminas por motoristas de caminhão em rodovias do Estado de São Paulo: um risco à ocorrência de acidentes de trânsito?. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 18, n. 5, p. 1247 – 1254, 2013.

TIXIER, J. et al. Environmental vulnerability assessment in the vicinity of an industrial site in the frame of ARAMIS European project. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam , v. 130, n. 3, p. 251-264, mar. 2006.

UNECE – United Nations Economic Commission for Europe. **United Nations Recommendations on the Transport of Dangerous Goods**. 2013. Disponível em: <<http://www.unece.org/trans/danger/what.html>>. Acesso em: 22 ago. 2013.

USGS - United States Geological Survey. **The Water Cycle: Infiltration**. 2013. Disponível em: <<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycleinfiltration.html>>. Acesso em: 22 ago. 2013.

VERTER, V.; KARA, B. Y. A GIS-based framework for hazardous materials transport risk assessment. **Risk Analysis**, v. 21, n. 6, p. 1109-1120, 2001.

VOOGD, H. **Multicriteria evaluation for urban and regional planning**. London: Pion Limited, 1983. 371 p.

WVU – West Virginia University. **Preference Weighting for Suitability Studies**. 2011. Disponível em: <www.nrac.wvu.edu/classes/resm575/3-weighting.ppt>. Acesso em: 06 fev. 2014.

ZELEŇÁKOVÁ, M.; GARGAR, I.; PURCZ P. Multicriteria analysis in hazards assessment in Libya. **Journal of Civil Engineering**, v. 7, n. 2, p. 59-70, 2012.

ZUQUETTE, L. V. Análise crítica da cartografia **geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras**. 1987. 673 p. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos, 1987.

ANEXO

ANEXO A - FORMULÁRIO PRIMEIRO PAINEL DE ESPECIALISTA

Análise multicritério para avaliação de risco ambiental de acidentes de trânsito envolvendo produtos perigosos

Apresentação

Trata-se de um projeto de pesquisa integrante de um mestrado vinculado ao curso de pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Unesp que visa o desenvolvimento de uma metodologia para avaliação de risco ambiental no Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos (TRPP). A metodologia proposta envolve a definição de uma avaliação de risco segundo indicadores agregados através de análise multicritério, visando que a modelagem represente de forma adequada a situação real existente.

O risco global será determinado pelo produto da probabilidade de ocorrências de acidentes e da gravidade do dano.

A gravidade do dano indica o nível de perigo associado as consequências do acidente e será calculada em função do tipo de acidente (com ou sem vazamento do produto transportado), das características do produto transportado e das vulnerabilidades a nível ambiental e sobre as populações.

Sendo assim, as vulnerabilidades ambiental e populacional, bem como o índice de acidentes, dependem diretamente das características da região em estudo. O painel de especialistas permitirá identificar a contribuição de cada elemento apresentados a seguir para aumentar a vulnerabilidade ambiental, populacional e o índice de acidentes num provável acidente com derramamento de produtos perigosos em rodovias.

Desta forma, este painel de especialistas irá colaborar na identificação de quais elementos contribuem de forma evidente para avaliar a vulnerabilidade ambiental, populacional e o índice de acidentes.

Após determinação de tais elementos será elaborado um novo painel para a ordenação dos elementos. Com o resultado será realizada a ponderação e a determinação da vulnerabilidade ambiental, populacional e a probabilidade de acidentes, finalizando assim, a análise multicritério.

Por favor, peço a gentileza de enviar essa resposta num prazo de sete dias.

Orientações básicas elementos ambientais

Por favor, na visão de um especialista, indique qual a contribuição dos elementos apresentados a seguir para a determinação da vulnerabilidade ambiental frente um acidente com derramamento de produtos perigosos.

HIDROGRAFIA

Na visão de um especialista, analise se a hidrografia da região pode ser relevante na avaliação da vulnerabilidade ambiental frente um acidente com derramamento de produtos perigosos.

1. **A existência de uma nascente contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

2. **A existência de um rio com captação pública contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

3. **A existência de um rio sem captação pública contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

4. **A existência de um rio com recreação contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

5. **A classe do um rio pode fazer variar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?**

Mark only one oval.

- Sim
- Não

Se a resposta for positiva indique a contribuição da classe do rio para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso. Se a resposta for negativa vá para o item textura do solo.

6. **Rio classe 1 (destinado ao consumo humano, com desinfecção).**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

7. **Rio classe 2 (destinado ao consumo humano, após tratamento convencional).**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

8. **Rio classe 3 (destinado ao consumo humano, após tratamento convencional ou avançado).**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

9. Rio classe 4 (água destinada a navegação e harmonia paisagística).

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

TEXTURA DO SOLO

Na visão de um especialista analise se a textura do solo da região pode ser relevante na avaliação da vulnerabilidade ambiental frente um acidente com derramamento de produtos perigosos.

10. Considerando-se uma pior situação, ou seja, ausência de vegetação e declividade baixa, a presença de solo arenoso contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

11. Considerando-se uma pior situação, ou seja, ausência de vegetação e declividade baixa, a presença de solo de textura média contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

12. Considerando-se uma pior situação, ou seja, ausência de vegetação e declividade baixa, a presença de solo de textura média argilosa contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigosos?

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

13. **A presença de solo hidromórfico contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

TOPOGRAFIA

Na visão de um especialista analise se a topografia da região pode ser relevante na avaliação da vulnerabilidade ambiental frente um acidente com derramamento de produtos perigosos.

14. **Considerando-se uma pior situação, ou seja, ausência de vegetação e solo arenoso, a declividade fraca (< 3%) contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

15. **Considerando-se uma pior situação, ou seja, ausência de vegetação e solo arenoso, a declividade moderada(3%) contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

16. **Considerando-se uma pior situação, ou seja, ausência de vegetação e solo arenoso, a declividade moderada a forte (6% a 12%) contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

17. **Considerando-se uma pior situação, ou seja, ausência de vegetação e solo arenoso, a declividade forte (12% a 20%) contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

18. **Considerando-se uma pior situação, ou seja, ausência de vegetação e solo arenoso, a declividade muito forte (20% a 40%) contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

19. **Considerando-se uma pior situação, ou seja, ausência de vegetação e solo arenoso, a declividade extremamente forte (> 40%) contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Na visão de um especialista analise se o uso e ocupação do solo da região pode ser relevante na avaliação da vulnerabilidade ambiental frente um acidente com derramamento de produtos perigosos.

20. A existência de área agropecuária contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

21. A existência de área urbana contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

22. A existência de área industrial contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

23. A existência de área de vegetação nativa contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

VEGETAÇÃO

Na visão de um especialista analise se a flora da região pode ser relevante na avaliação da

vulnerabilidade ambiental frente um acidente com derramamento de produtos perigosos.

24. **A existência de fragmento florestal contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

25. **A existência de várzea contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

26. **A existência de área de preservação permanente contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

27. **A existência de unidade de conservação contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

FAUNA

Na visão de um especialista analise se a fauna da região pode ser relevante na avaliação da

vulnerabilidade ambiental frente um acidente com derramamento de produtos perigosos.

28. **A existência de fauna aquática contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

29. **SUGESTÕES DE OUTROS ELEMENTOS AMBIENTAIS QUE CONTRIBUAM PARA AUMENTAR A VULNERABILIDADE AMBIENTAL DO LOCAL**

Quais?

.....

.....

.....

.....

.....

Orientações básicas elementos antrópicos

Por favor, na visão de um especialista, indique quais elementos influenciam para a determinação da vulnerabilidade populacional frente um acidente com derramamento de produtos perigosos.

LOCALIZAÇÃO DA CIDADE

Na visão de um especialista analise se a localização da cidade pode ser relevante na avaliação da vulnerabilidade populacional frente um acidente com derramamento de produtos perigosos.

30. **A existência de uma cidade próxima a rodovia contribui para aumentar a vulnerabilidade populacional do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

DENSIDADE POPULACIONAL

Na visão de um especialista analise se a densidade populacional pode ser relevante na avaliação da vulnerabilidade populacional frente um acidente com derramamento de produtos perigosos.

31. **Local de alta densidade (urbano) contribui para aumentar a vulnerabilidade populacional do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

32. **Local de média densidade (chácara e condomínio) contribui para aumentar a vulnerabilidade populacional do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

33. **Local de baixa densidade (inabitado) contribui para aumentar a vulnerabilidade populacional do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

ATIVIDADE ECONÔMICA RURAL

Na visão de um especialista analise se o desenvolvimento de uma atividade econômica próxima a rodovia pode ser relevante na avaliação da vulnerabilidade populacional frente um acidente com derramamento de produtos perigosos.

34. **Desenvolvimento da piscicultura contribui para aumentar a vulnerabilidade populacional do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

35. **Desenvolvimento da agropecuária contribui para aumentar a vulnerabilidade populacional do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

36. **SUGESTÕES DE OUTROS ELEMENTOS ANTRÓPICOS QUE CONTRIBUAM PARA AUMENTAR A VULNERABILIDADE POPULACIONAL DO LOCAL**

Quais?

.....

.....

.....

.....

.....

Orientações básicas elementos rodoviários

Por favor, na visão de um especialista, indique quais elementos que podem ter maior influência para a determinação do índice de acidentes que influenciará na probabilidade de acidentes.

TIPO DE PISTA

Na visão de um especialista analise se o tipo de pista de uma rodovia pode ser relevante na determinação do índice de acidentes para a avaliação da probabilidade de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos.

37. **Pista simples contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

38. **Pista dupla contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

39. **Faixa adicional contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

TRÁFEGO DA RODOVIA

Na visão de um especialista analise se o perfil do tráfego de uma rodovia pode ser relevante na determinação do índice de acidentes para a avaliação da probabilidade de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos.

40. **Um perfil de tráfego com a maioria veículos de carga contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

41. **Um perfil de tráfego com a maioria veículos de passeio contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

VDM (VOLUME DIÁRIO MÉDIO DE TRÁFEGO ESPERADO)

Na visão de um especialista analise se o VDM de uma rodovia pode ser relevante na determinação do índice de acidentes para a avaliação da probabilidade de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos.

42. **Um VDM muito alto (4.401 a 50.000) contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

43. **Um VDM alto (1.501 a 4.400) contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

44. **Um VDM médio (501 a 1.500) contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

45. **Um VDM baixo (até 500) contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DO TRAÇADO DA RODOVIA

Na visão de um especialista, analise se a presença de elementos geométricos do traçado da Rodovia podem ser relevante na determinação do índice de acidentes para a avaliação da probabilidade de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos.

46. **Trecho com curva horizontal contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

47. **Trecho com curva vertical contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

48. **Trecho linear contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

49. **Cruzamento em nível contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

50. **Rampa com declividade plana (< 3%) contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

51. **Rampa com declividade ondulada (3% a 6%) contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

52. **Rampa com declividade montanhosa (> 6%) contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?**

Mark only one oval.

- Nenhuma contribuição
- Pouca contribuição
- Média contribuição
- Alta contribuição

150

53. **SUGESTÕES DE OUTROS ELEMENTOS RODOVIÁRIOS QUE CONTRIBUEM PARA AUMENTAR O ÍNDICE DE ACIDENTES DO LOCAL**

Quais?

.....

.....

.....

.....

.....



ANEXO B - RESPOSTAS PRIMEIRO PAINEL DE ESPECIALISTAS

[Edit this form](#)

8 responses

[View all responses](#)

[Publish analytics](#)

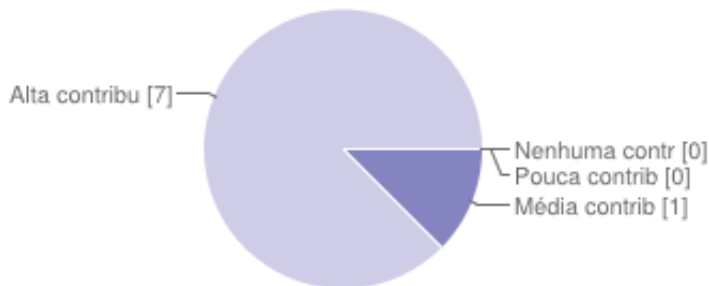
Summary

Apresentação

Orientações básicas elementos ambientais

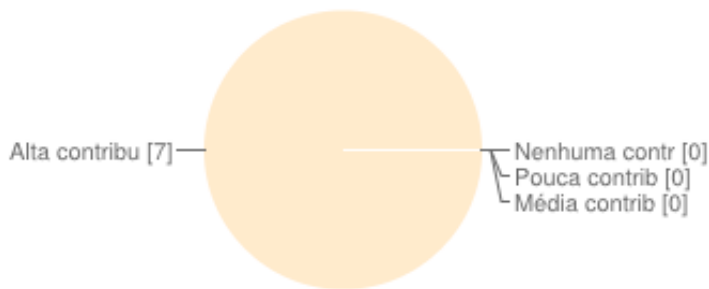
HIDROGRAFIA

A existência de uma nascente contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



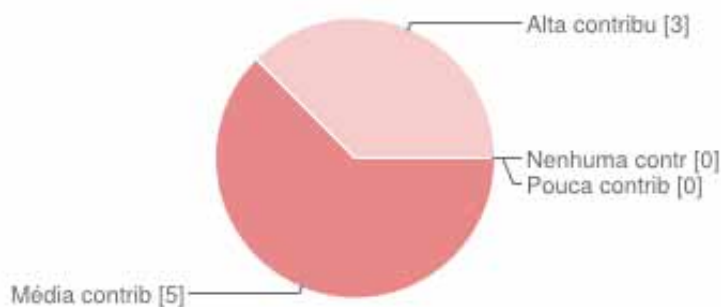
Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	0	0%
Média contribuição	1	13%
Alta contribuição	7	88%

A existência de um rio com captação pública contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



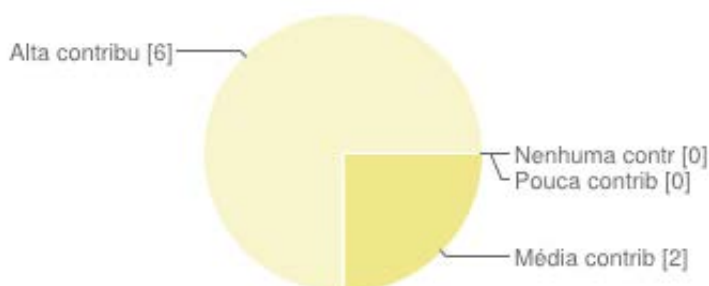
Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	0	0%
Média contribuição	0	0%
Alta contribuição	7	100%

A existência de um rio sem captação pública contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



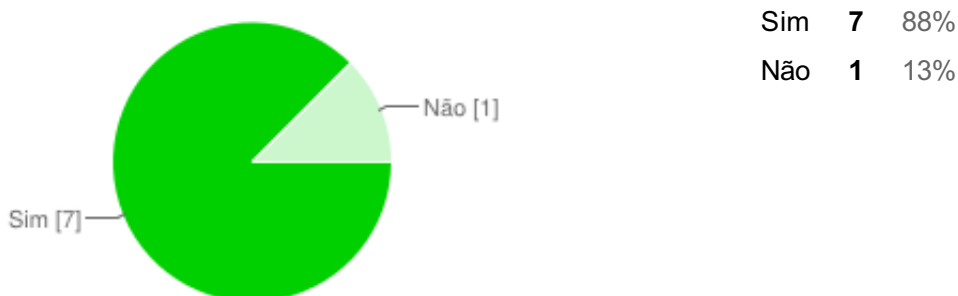
Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	0	0%
Média contribuição	5	63%
Alta contribuição	3	38%

A existência de um rio com recreação contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?

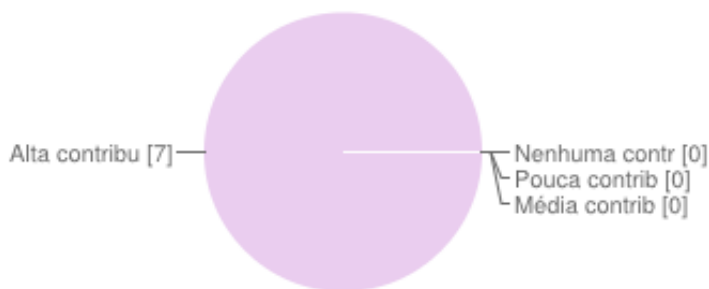


Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	0	0%
Média contribuição	2	25%
Alta contribuição	6	75%

A classe do um rio pode fazer variar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?

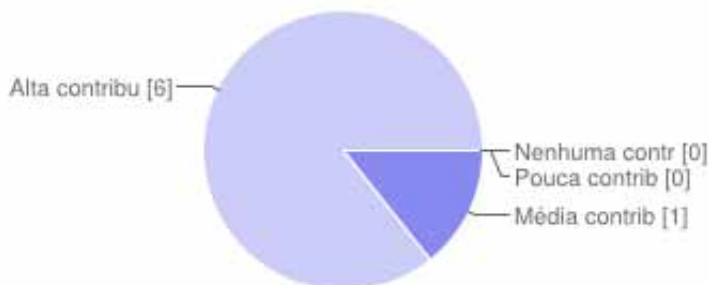


Rio classe 1 (destinado ao consumo humano, com desinfecção).



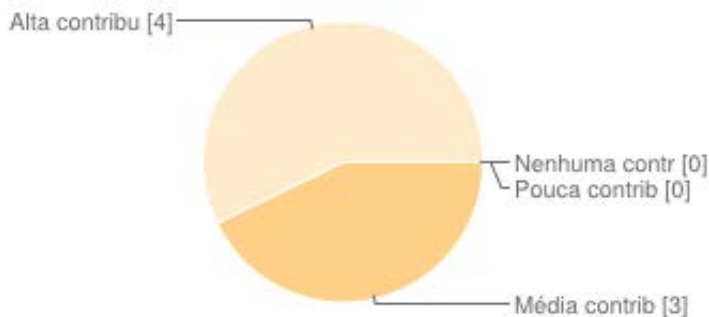
Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	0	0%
Média contribuição	0	0%
Alta contribuição	7	100%

Rio classe 2 (destinado ao consumo humano, após tratamento convencional).



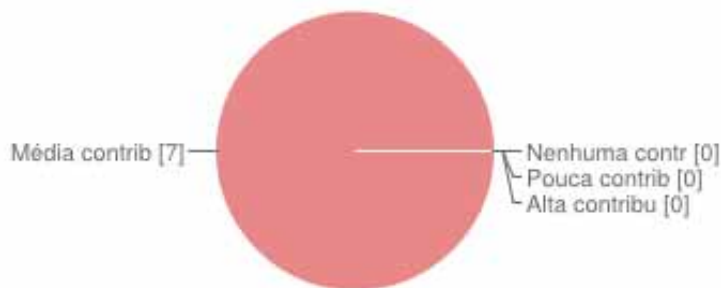
Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	0	0%
Média contribuição	1	14%
Alta contribuição	6	86%

Rio classe 3 (destinado ao consumo humano, após tratamento convencional ou avançado).



Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	0	0%
Média contribuição	3	43%
Alta contribuição	4	57%

Rio classe 4 (água destinada a navegação e harmonia paisagística).

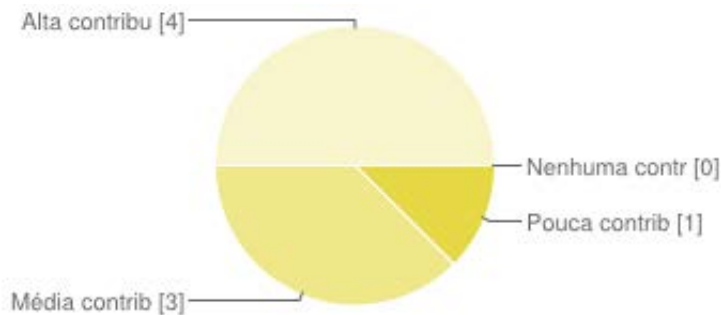


Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	0	0%
Média contribuição	7	100%
Alta contribuição	0	0%

TEXTURA DO SOLO

Considerando-se uma pior situação, ou seja, ausência de vegetação e declividade baixa, a presença de solo arenoso contribui para aumentar a

vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



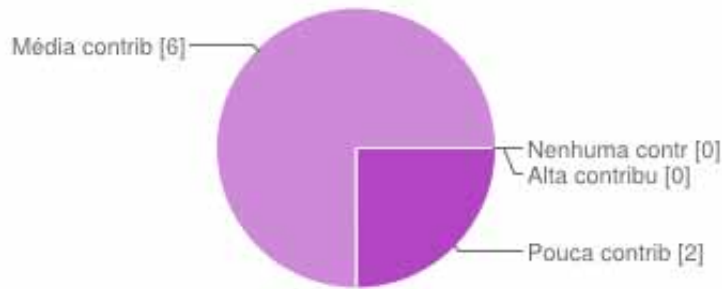
Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	1	13%
Média contribuição	3	38%
Alta contribuição	4	50%

Considerando-se uma pior situação, ou seja, ausência de vegetação e declividade baixa, a presença de solo de textura média contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



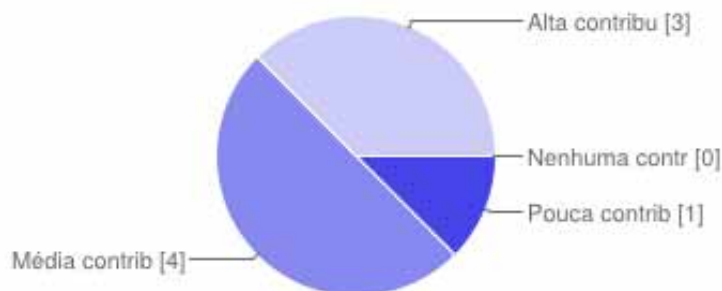
Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	0	0%
Média contribuição	7	88%
Alta contribuição	1	13%

Considerando-se uma pior situação, ou seja, ausência de vegetação e declividade baixa, a presença de solo de textura média argilosa contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigos



Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	2	25%
Média contribuição	6	75%
Alta contribuição	0	0%

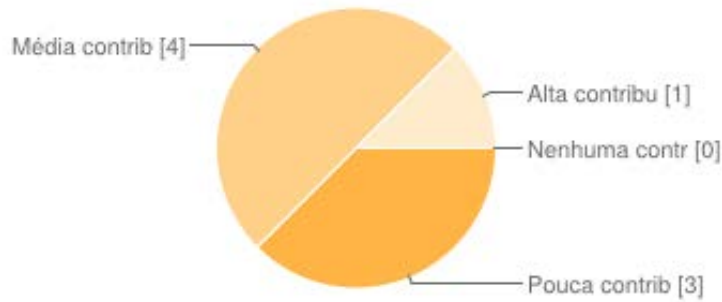
A presença de solo hidromórfico contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	1	13%
Média contribuição	4	50%
Alta contribuição	3	38%

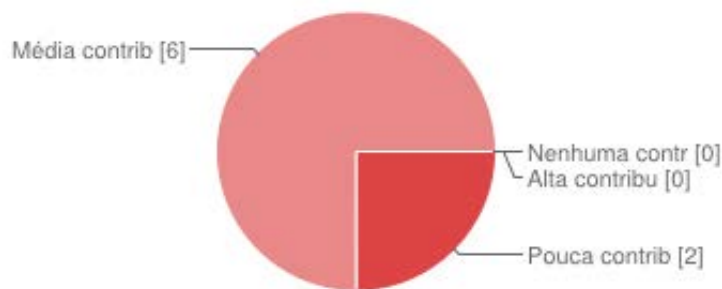
TOPOGRAFIA

Considerando-se uma pior situação, ou seja, ausência de vegetação e solo arenoso, a declividade fraca (< 3%) contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



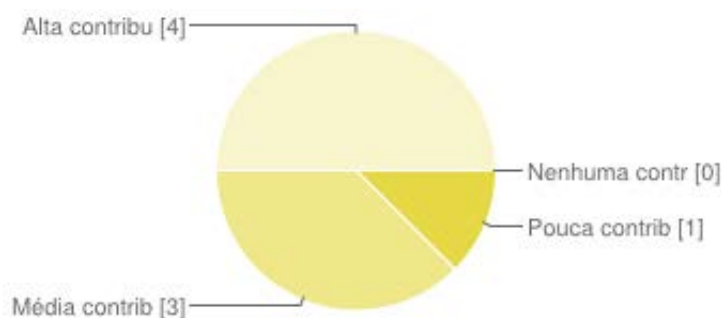
Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	3	38%
Média contribuição	4	50%
Alta contribuição	1	13%

Considerando-se uma pior situação, ou seja, ausência de vegetação e solo arenoso, a declividade moderada (3%) contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



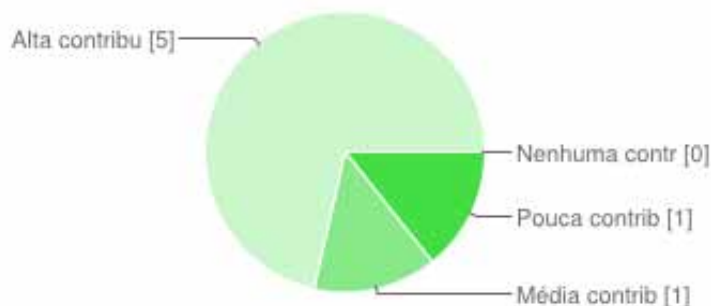
Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	2	25%
Média contribuição	6	75%
Alta contribuição	0	0%

Considerando-se uma pior situação, ou seja, ausência de vegetação e solo arenoso, a declividade moderada a forte (6% a 12%) contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



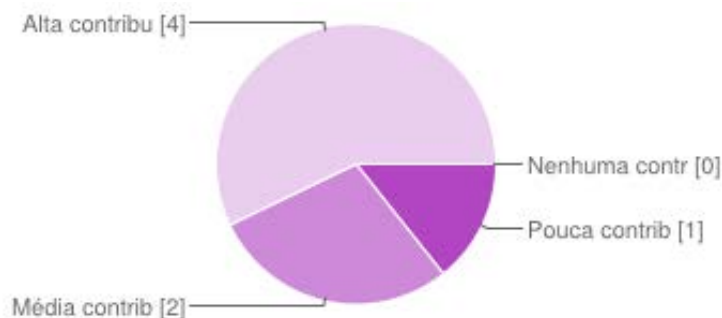
Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	1	13%
Média contribuição	3	38%
Alta contribuição	4	50%

Considerando-se uma pior situação, ou seja, ausência de vegetação e solo arenoso, a declividade forte (12% a 20%) contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	1	14%
Média contribuição	1	14%
Alta contribuição	5	71%

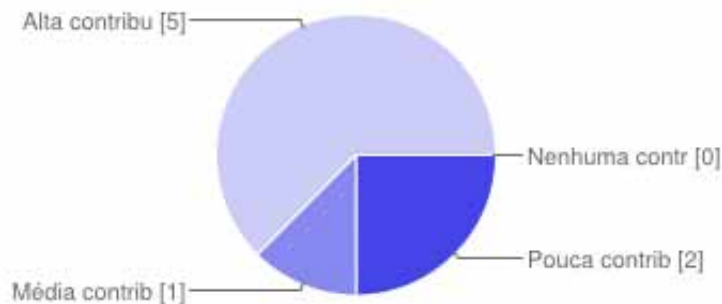
Considerando-se uma pior situação, ou seja, ausência de vegetação e solo arenoso, a declividade muito forte (20% a 40%) contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	1	14%
Média contribuição	2	29%
Alta contribuição	4	57%

Considerando-se uma pior situação, ou seja, ausência de vegetação e solo

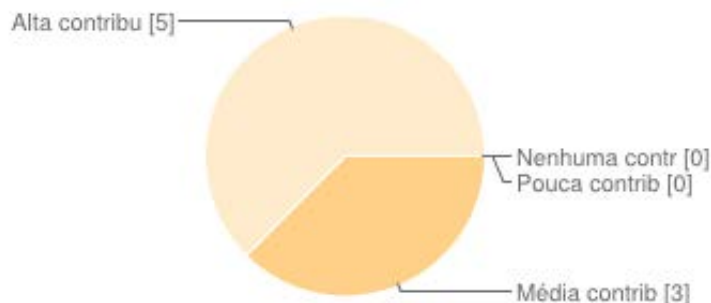
arenoso, a declividade extremamente forte (> 40%) contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	2	25%
Média contribuição	1	13%
Alta contribuição	5	63%

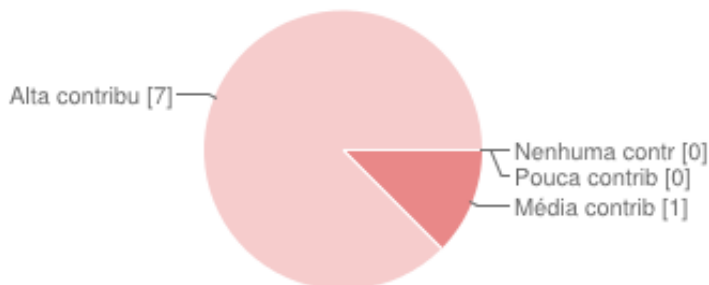
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A existência de área agropecuária contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



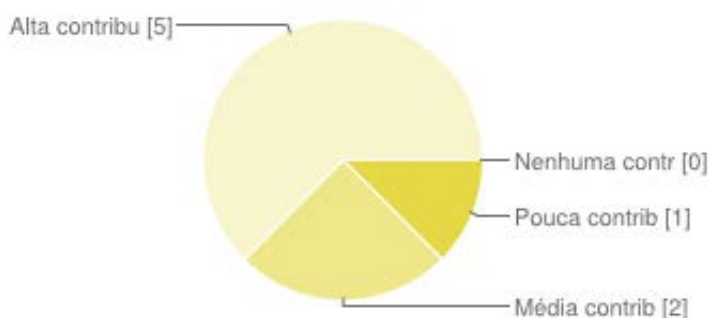
Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	0	0%
Média contribuição	3	38%
Alta contribuição	5	63%

A existência de área urbana contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



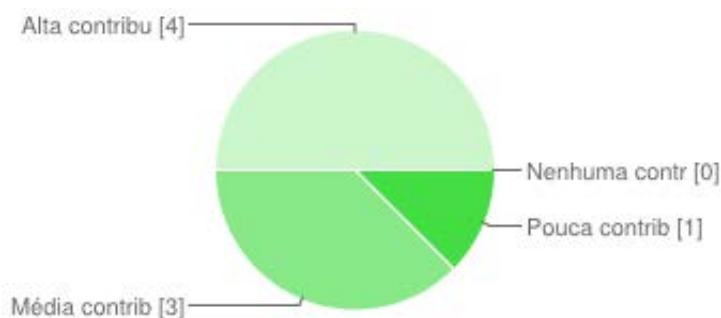
Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	0	0%
Média contribuição	1	13%
Alta contribuição	7	88%

A existência de área industrial contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	1	13%
Média contribuição	2	25%
Alta contribuição	5	63%

A existência de área de vegetação nativa contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	1	13%
Média contribuição	3	38%
Alta contribuição	4	50%

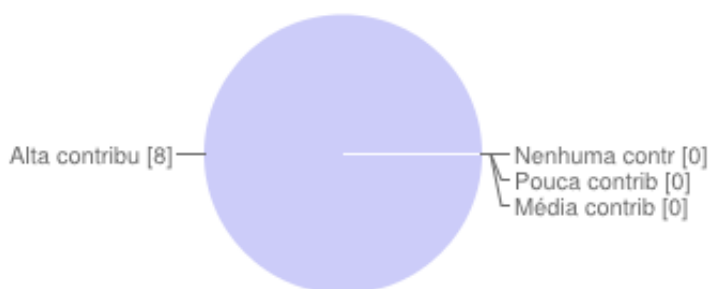
VEGETAÇÃO

A existência de fragmento florestal contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



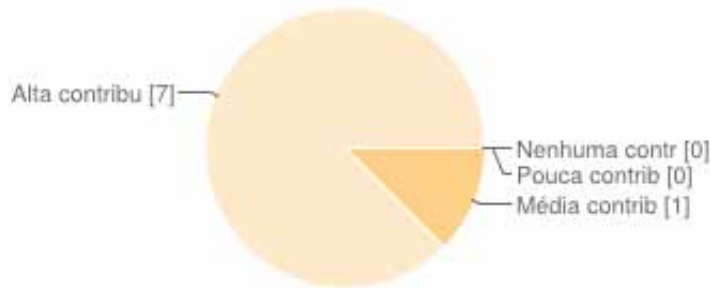
Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	1	13%
Média contribuição	5	63%
Alta contribuição	2	25%

A existência de várzea contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



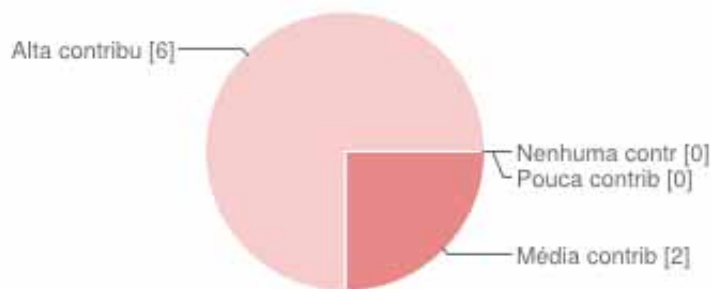
Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	0	0%
Média contribuição	0	0%
Alta contribuição	8	100%

A existência de área de preservação permanente contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	0	0%
Média contribuição	1	13%
Alta contribuição	7	88%

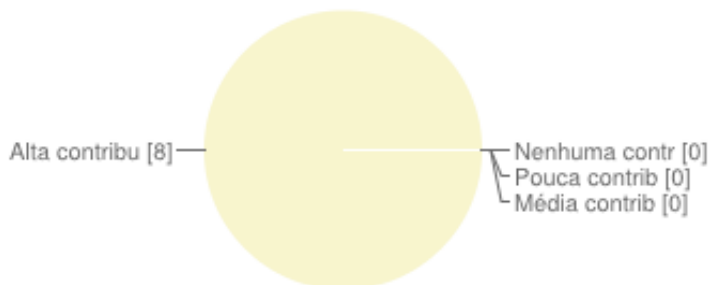
A existência de unidade de conservação contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	0	0%
Média contribuição	2	25%
Alta contribuição	6	75%

FAUNA

A existência de fauna aquática contribui para aumentar a vulnerabilidade ambiental do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	0	0%
Média contribuição	0	0%
Alta contribuição	8	100%

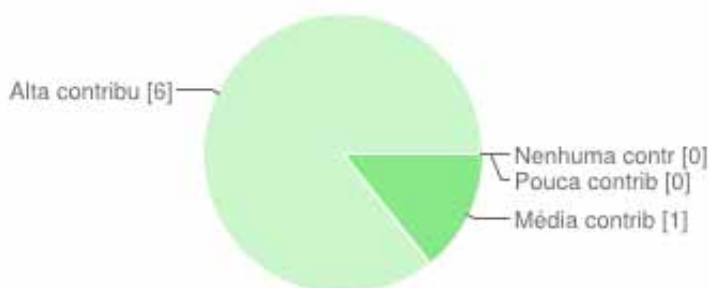
SUGESTÕES DE OUTROS ELEMENTOS AMBIENTAIS QUE CONTRIBUAM PARA AUMENTAR A VULNERABILIDADE AMBIENTAL DO LOCAL

área com elevada biodiversidade natural manancial de água no subsolo lagos naturais ou artificiais

Orientações básicas elementos antrópicos

LOCALIZAÇÃO DA CIDADE

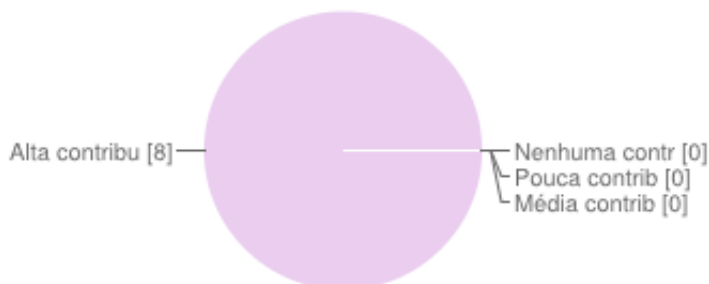
A existência de uma cidade próxima a rodovia contribui para aumentar a vulnerabilidade populacional do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	0	0%
Média contribuição	1	14%
Alta contribuição	6	86%

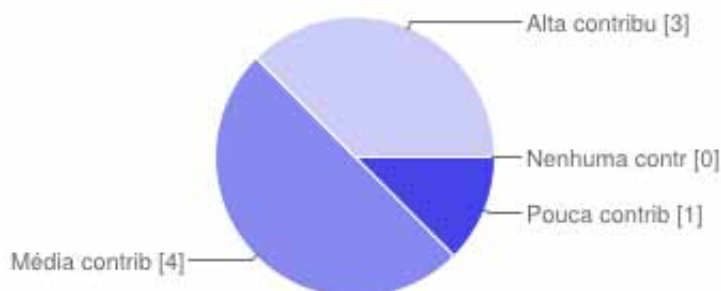
DENSIDADE POPULACIONAL

Local de alta densidade (urbano) contribui para aumentar a vulnerabilidade populacional do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



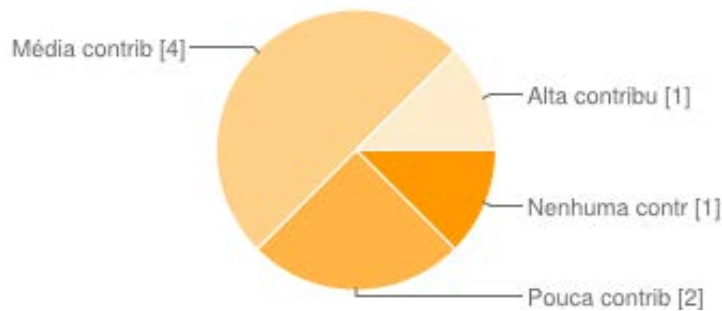
Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	0	0%
Média contribuição	0	0%
Alta contribuição	8	100%

Local de média densidade (chácara e condomínio) contribui para aumentar a vulnerabilidade populacional do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	1	13%
Média contribuição	4	50%
Alta contribuição	3	38%

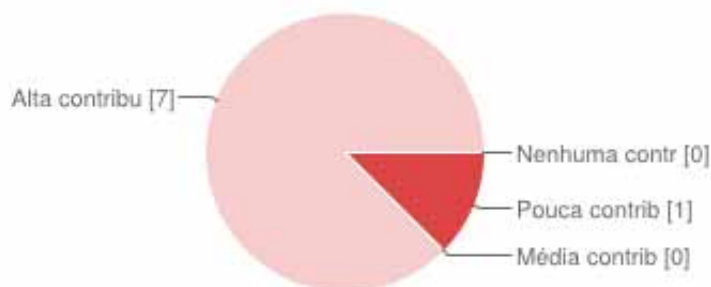
Local de baixa densidade (inabitado) contribui para aumentar a vulnerabilidade populacional do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



Nenhuma contribuição	1	13%
Pouca contribuição	2	25%
Média contribuição	4	50%
Alta contribuição	1	13%

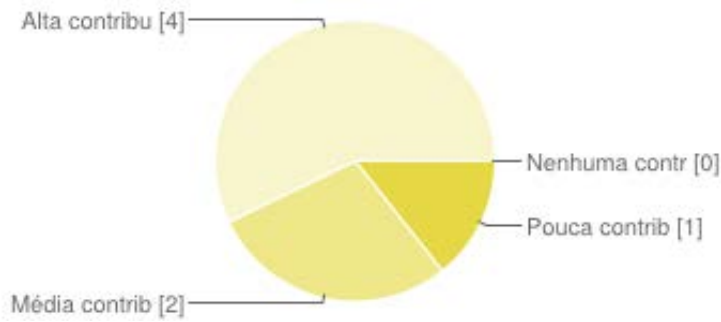
ATIVIDADE ECONÔMICA RURAL

Desenvolvimento da piscicultura contribui para aumentar a vulnerabilidade populacional do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	1	13%
Média contribuição	0	0%
Alta contribuição	7	88%

Desenvolvimento da agropecuária contribui para aumentar a vulnerabilidade populacional do local caso ocorra um acidente com um veículo transportando produto perigoso?



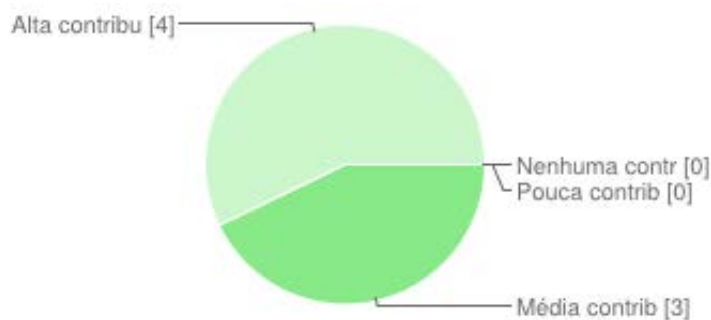
Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	1	14%
Média contribuição	2	29%
Alta contribuição	4	57%

SUGESTÕES DE OUTROS ELEMENTOS ANTRÓPICOS QUE CONTRIBUAM PARA AUMENTAR A VULNERABILIDADE POPULACIONAL DO LOCAL

Orientações básicas elementos rodoviários

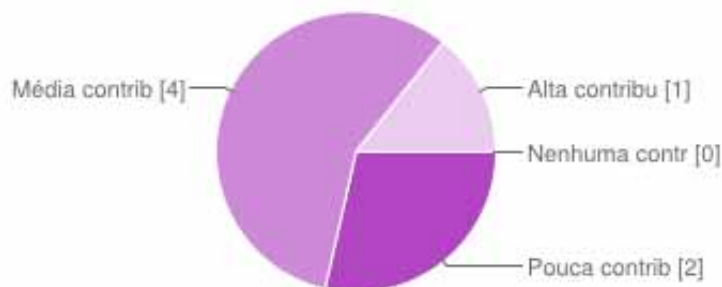
TIPO DE PISTA

Pista simples contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?



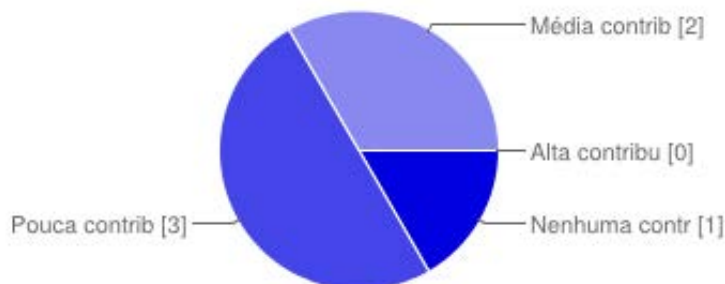
Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	0	0%
Média contribuição	3	43%
Alta contribuição	4	57%

Pista dupla contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?



Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	2	29%
Média contribuição	4	57%
Alta contribuição	1	14%

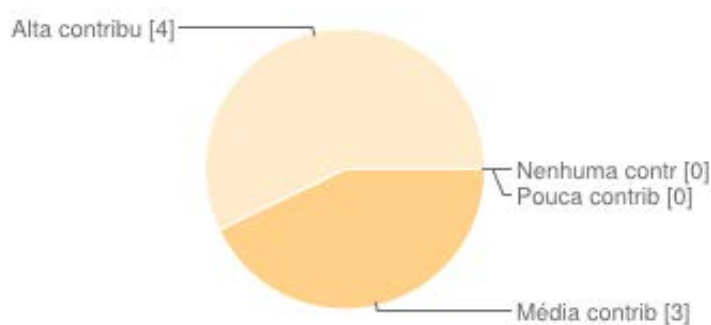
Faixa adicional contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?



Nenhuma contribuição	1	17%
Pouca contribuição	3	50%
Média contribuição	2	33%
Alta contribuição	0	0%

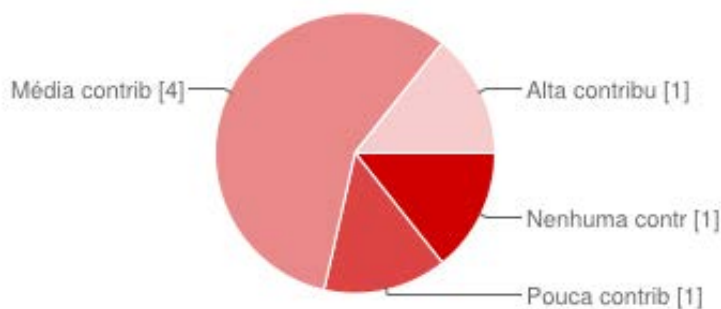
TRÁFEGO DA RODOVIA

Um perfil de tráfego com a maioria veículos de carga contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?



Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	0	0%
Média contribuição	3	43%
Alta contribuição	4	57%

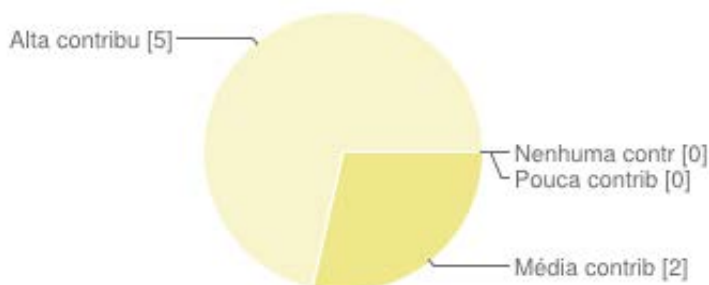
Um perfil de tráfego com a maioria veículos de passeio contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?



Nenhuma contribuição	1	14%
Pouca contribuição	1	14%
Média contribuição	4	57%
Alta contribuição	1	14%

VDM (VOLUME DIÁRIO MÉDIO DE TRÁFEGO ESPERADO)

Um VDM muito alto (4.401 a 50.000) contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?



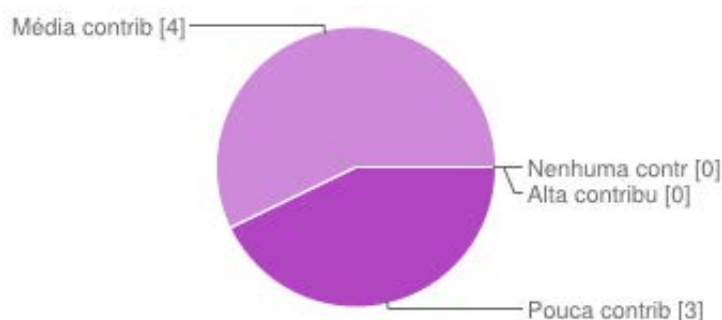
Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	0	0%
Média contribuição	2	29%
Alta contribuição	5	71%

Um VDM alto (1.501 a 4.400) contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?



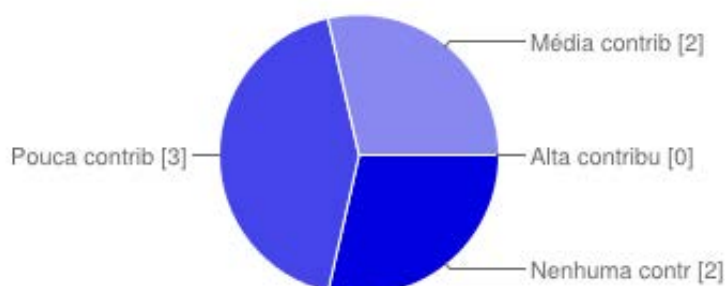
Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	1	14%
Média contribuição	5	71%
Alta contribuição	1	14%

Um VDM médio (501 a 1.500) contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?



Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	3	43%
Média contribuição	4	57%
Alta contribuição	0	0%

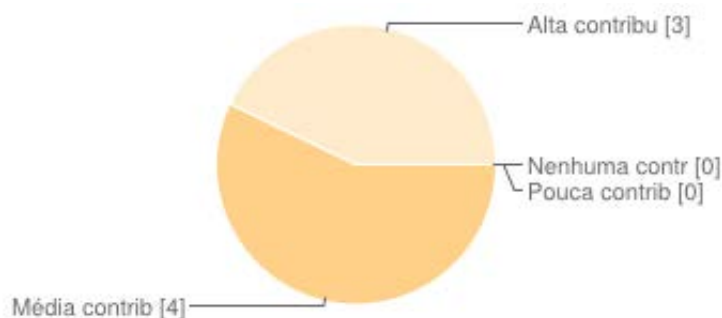
Um VDM baixo (até 500) contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?



Nenhuma contribuição	2	29%
Pouca contribuição	3	43%
Média contribuição	2	29%
Alta contribuição	0	0%

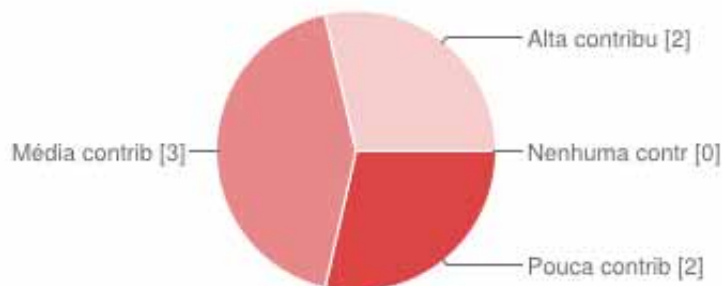
ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DO TRAÇADO DA RODOVIA

Trecho com curva horizontal contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?



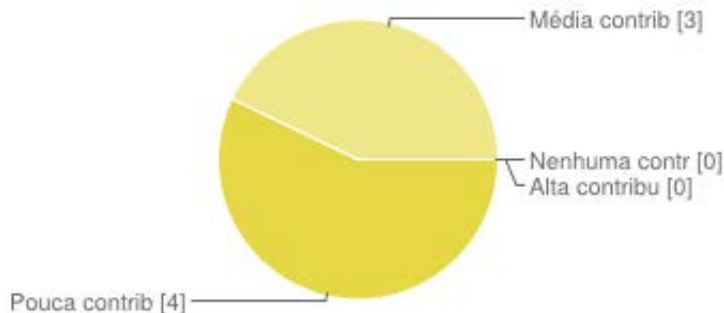
Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	0	0%
Média contribuição	4	57%
Alta contribuição	3	43%

Trecho com curva vertical contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?



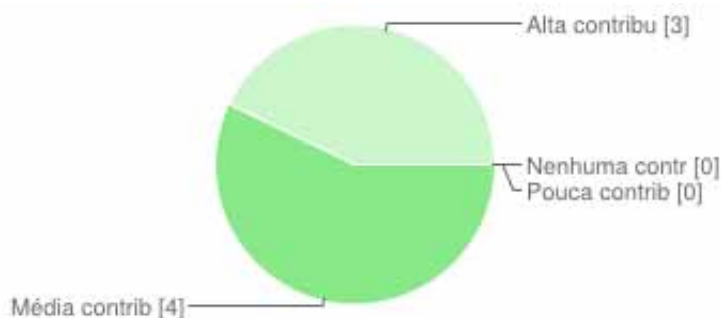
Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	2	29%
Média contribuição	3	43%
Alta contribuição	2	29%

Trecho linear contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?



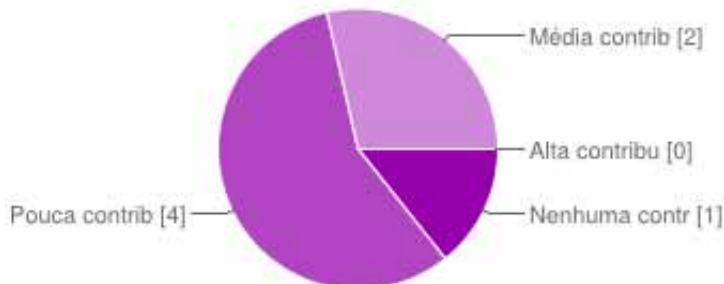
Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	4	57%
Média contribuição	3	43%
Alta contribuição	0	0%

Cruzamento em nível contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?



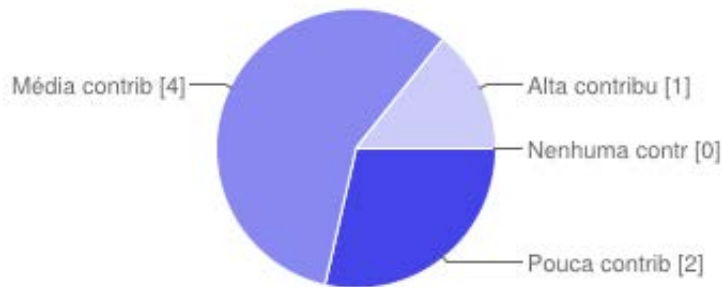
Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	0	0%
Média contribuição	4	57%
Alta contribuição	3	43%

Rampa com declividade plana (< 3%) contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?



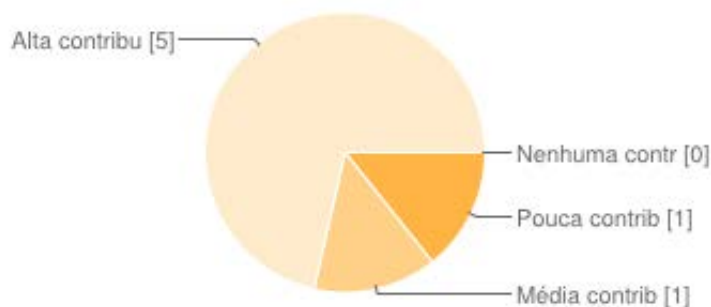
Nenhuma contribuição	1	14%
Pouca contribuição	4	57%
Média contribuição	2	29%
Alta contribuição	0	0%

Rampa com declividade ondulada (3% a 6%) contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?



Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	2	29%
Média contribuição	4	57%
Alta contribuição	1	14%

Rampa com declividade montanhosa (> 6%) contribui para aumentar o índice de acidentes com veículos de transporte de produtos perigosos?



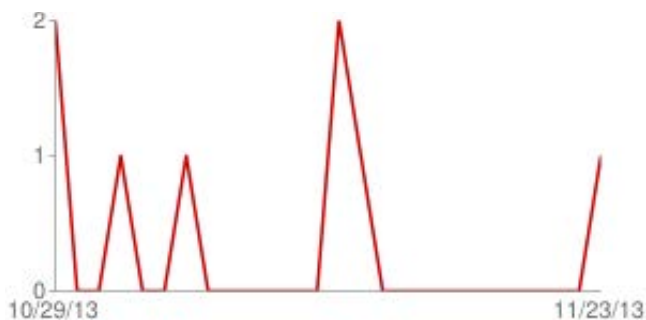
Nenhuma contribuição	0	0%
Pouca contribuição	1	14%
Média contribuição	1	14%
Alta contribuição	5	71%

SUGESTÕES DE OUTROS ELEMENTOS RODOVIÁRIOS QUE CONTRIBUEM PARA AUMENTAR O ÍNDICE DE ACIDENTES DO LOCAL

quando se consideram acidentes, devemos considerar 4 elementos fundamentais-\ 1-questoes relacionadas ao veiculo(equipamentos de protecao, tipo de freio, configuracao

mecânica, detector de cansaço, capacidade.....) 2- questões relacionadas a via(rampas, duplicações, curvas, defensas, superelevações.....) 3- questões relacionadas ao meio ambiente(chuva, tempestade, neve, escuro.....) 4- mas principalmente devemos considerar o motorista(condutor), questões como inatencão, stress, fadiga, sono, uso de drogas, inabilidade, erro, distração..... são sempre as principais causas de ocorrência de acidentes. Por esse motivo que para se evitar acidentes com cargas e principalmente se essa carga for perigosa, temos que adotar procedimentos de segurança, treinamento dos condutores, associado a vias em boas condições, caminhões seguros e tudo perfeitamente adaptado ao meio em que essas ações deverão acontecer. Pontos onde existem curvas vertical e horizontal, simultaneamente, aumentam a probabilidade de acidentes e, conseqüentemente, tem alta contribuição para ocorrência de acidentes com produtos perigosos

Number of daily responses



ANEXO C – MEMORIAL DE CÁLCULO PONDERAÇÃO DOS CRITÉRIOS

DETERMINAÇÃO DA GRAVIDADE DO DANO										
E1	Rank sum	Norm.	E2	Rank sum	Norm.	E3	Rank sum	Norm.	MÉDIA	
Vulnerabilidade ambiental	3	1	<u>0,166667</u>	2	2	<u>0,333</u>	3	1	<u>0,167</u>	0,22
Vulnerabilidade populacional	2	2	<u>0,333333</u>	3	1	<u>0,167</u>	2	2	<u>0,333</u>	0,28
Dano inerente do produto	1	3	<u>0,5</u>	1	3	<u>0,500</u>	1	3	<u>0,500</u>	0,50
SOMA	6	6	1	6	6	1	6	6	1	1,00

VULNERABILIDADE AMBIENTAL										
E1	Rank sum	Norm.	E2	Rank sum	Norm.	E3	Rank sum	Norm.	MÉDIA	
Hidrografia	3	4	<u>0,190</u>	2	5	<u>0,238</u>	1	6	<u>0,286</u>	0,23
Topografia	2	5	<u>0,238</u>	1	6	<u>0,286</u>	6	1	<u>0,048</u>	0,19
Textura do solo	6	1	<u>0,048</u>	3	4	<u>0,190</u>	5	2	<u>0,095</u>	0,11
Uso e ocupação do solo	1	6	<u>0,286</u>	5	2	<u>0,095</u>	2	5	<u>0,238</u>	0,21
Vegetação	5	2	<u>0,095</u>	4	3	<u>0,143</u>	4	3	<u>0,143</u>	0,13
Fauna	4	3	<u>0,143</u>	6	1	<u>0,048</u>	3	4	<u>0,190</u>	0,13
SOMA	21	21	1	21	21	1	21	21	1	1

VULNERABILIDADE POPULACIONAL										
E1	Rank sum	Norm.	E2	Rank sum	Norm.	E3	Rank sum	Norm.	MÉDIA	
Localização da cidade	1	3	<u>0,500</u>	2	2	<u>0,333</u>	2	2	<u>0,333</u>	0,39
Densidade populacional	2	2	<u>0,333</u>	1	3	<u>0,500</u>	1	3	<u>0,500</u>	0,44
Atividade econômica rural	3	1	<u>0,167</u>	3	1	<u>0,167</u>	3	1	<u>0,167</u>	0,17
SOMA	6	6	1	6	6	1	6	6	1	1

PROBABILIDADE DE ACIDENTES										
E1	Rank sum	Norm.	E2	Rank sum	Norm.	E3	Rank sum	Norm.	MÉDIA	
Tipo de pista	3	2	<u>0,200</u>	2	3	<u>0,300</u>	1	4	<u>0,400</u>	0,30
Composição di tráfego da rodovia	4	1	<u>0,100</u>	3	2	<u>0,200</u>	2	3	<u>0,300</u>	0,20
VDM	1	4	<u>0,400</u>	4	1	<u>0,100</u>	3	2	<u>0,200</u>	0,23
Elementos geométricos	2	3	<u>0,300</u>	1	4	<u>0,400</u>	4	1	<u>0,100</u>	0,27
SOMA	10	10	1	10	10	1	10	10	1	1

HIDROGRAFIA

E1		Nascente	Rio com captação pública	Rio sem captação pública	Rio com recreação	Raiz enésima do produto de n	Eigenvalor principal	Novo Vetor	λ_{max}	CI	RI	CR
Nascente		1,00	0,20	3,00	0,33	0,669	0,130	0,543	4,21	0,07	0,9	0,08
Rio com captação pública		3,00	1,00	5,00	5,00	2,943	0,571	2,458				
Rio sem captação pública		0,33	0,20	1,00	0,33	0,386	0,075	0,307				
Rio com recreação		3,00	0,20	3,00	1,00	1,158	0,225	0,953				
		SOMA				5,156	1,000					

HIDROGRAFIA

E2		Nascente	Rio com captação pública	Rio sem captação pública	Rio com recreação	Raiz enésima do produto de n	Eigenvalor principal	Novo Vetor	λ_{max}	CI	RI	CR
Nascente		1,00	1,00	3,00	0,33	1,000	0,226	1,082	4,06	0,02	0,9	0,02
Rio com captação pública		1,00	1,00	7,00	5,00	2,432	0,549	2,077				
Rio sem captação pública		0,33	0,20	1,00	0,33	0,386	0,087	0,318				
Rio com recreação		0,33	0,14	3,00	1,00	0,615	0,139	0,554				
		SOMA				4,433	1,000					

HIDROGRAFIA

E3		Nascente	Rio com captação pública	Rio sem captação pública	Rio com recreação	Raiz enésima do produto de n	Eigenvalor principal	Novo Vetor	λ_{max}	CI	RI	CR
Nascente		1,00	0,20	1,00	0,20	0,447	0,079	0,318	4,04	0,01	0,9	0,02
Rio com captação pública		5,00	1,00	5,00	1,00	2,236	0,395	1,589				
Rio sem captação pública		1,00	0,20	1,00	0,11	0,386	0,068	0,277				
Rio com recreação		5,00	1,00	9,00	1,00	2,590	0,458	1,862				
		SOMA				5,659	1,000					

HIDROGRAFIA

		E1	E2	E3	MÉDIA	HIDROGRAFIA	E1	E2	E3	MÉDIA
Rio sem captação pública		0,07	0,09	0,07	0,08	Nascente	0,13	0,23	0,08	0,14
Rio com captação pública		0,57	0,55	0,40	0,51	Rio recreação	0,22	0,14	0,46	0,27

TOPOGRAFIA

E1		Declividade fraca	Declividade moderada	Declividade e forte	Declividade e moderada	Declividade e forte	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal	Novo Vetor	λ_{max}	CI	RI	CR
Declividade fraca		1,00	0,20	3,00	0,20	3,00	0,843	0,20524	0,597	3,05	0,02	0,58	0,04
Declividade moderada		5,00	1,00	5,00	1,00	5,00	2,924	0,71154	2,154				
Declividade forte		0,20	0,20	1,00	0,20	1,00	0,342	0,08322	0,267				
SOMA							4,109	1,000					

TOPOGRAFIA

E2		Declividade fraca	Declividade moderada	Declividade e forte	Declividade e moderada	Declividade e forte	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal	Novo Vetor	λ_{max}	CI	RI	CR
Declividade fraca		1,00	1,00	3,00	1,00	3,00	1,442	0,388	1,195	3,08	0,04	0,58	0,07
Declividade moderada		1,00	1,00	7,00	1,00	7,00	1,913	0,515	1,585				
Declividade forte		0,33	0,14	1,00	0,14	1,00	0,362	0,097	0,300				
SOMA							3,718	1,000					

TOPOGRAFIA

E3		Declividade fraca	Declividade moderada	Declividade e forte	Declividade e moderada	Declividade e forte	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal	Novo Vetor	λ_{max}	CI	RI	CR
Declividade fraca		1,00	0,20	3,00	0,20	3,00	0,843	0,205	0,597	3,05	0,02	0,58	0,04
Declividade moderada		5,00	1,00	5,00	1,00	5,00	2,924	0,712	2,154				
Declividade forte		0,20	0,20	1,00	0,20	1,00	0,342	0,083	0,267				
SOMA							4,109	1,000					

TOPOGRAFIA

	E1	E2	E3	MÉDIA
Declividade fraca	0,21	0,39	0,21	0,26
Declividade moderada	0,71	0,51	0,71	0,65
Declividade forte	0,08	0,10	0,08	0,09

TEXTURA DO SOLO

E1	Arenoso	Textura média	Textura média argilosa	Hidromórfico	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal	Novo Vetor	λ_{max}	CI	RI	CR
Arenoso	1,00	3,00	5,00	0,33	1,495	0,263	1,080				
Textura média	0,33	1,00	3,00	0,20	0,669	0,118	0,483	4,12	0,04	0,9	0,04
Textura média argilosa	0,20	0,33	1,00	0,14	0,312	0,055	0,228				
Hidromórfico	3,00	5,00	7,00	1,00	3,201	0,564	2,328				
	SOMA				5,678	1,000					

TEXTURA DO SOLO

E2	Arenoso	Textura média	Textura média argilosa	Hidromórfico	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal	Novo Vetor	λ_{max}	CI	RI	CR
Arenoso	1,00	3,00	7,00	9,00	3,708	0,591	2,490				
Textura média	0,33	1,00	3,00	7,00	1,627	0,259	1,056	4,20	0,07	0,9	0,08
Textura média argilosa	0,14	0,33	1,00	5,00	0,699	0,111	0,472				
Hidromórfico	0,11	0,14	0,20	1,00	0,237	0,038	0,163				
	SOMA				6,270	1,000					

TEXTURA DO SOLO

E3	Arenoso	Textura média	Textura média argilosa	Hidromórfico	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal	Novo Vetor	λ_{max}	CI	RI	CR
Arenoso	1,00	5,00	9,00	1,00	2,590	0,447	1,868				
Textura média	0,20	1,00	3,00	0,33	0,669	0,116	0,486	4,24	0,08	0,9	0,09
Textura média argilosa	0,11	0,33	1,00	0,20	0,293	0,051	0,216				
Hidromórfico	1,00	5,00	5,00	1,00	2,236	0,386	1,665				
	SOMA				5,788	1,000					

TEXTURA DO SOLO

	E1	E2	E3	MÉDIA
Arenoso	0,26	0,59	0,45	0,43
Textura média	0,12	0,26	0,12	0,17
Textura média argilosa	0,06	0,11	0,05	0,07
Hidromórfico	0,56	0,04	0,39	0,33

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

E1	Agropecuária	Urbano	Industrial	Vegetação nativa	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal	Novo Vetor	λ_{max}	CI	RI	CR
Agropecuária	1,00	0,33	5,00	3,00	1,495	0,263	1,080				
Urbano	3,00	1,00	7,00	5,00	3,201	0,564	2,328	4,12	0,04	0,9	0,04
Industrial	0,20	0,14	1,00	0,33	0,312	0,055	0,228				
Vegetação nativa	0,33	0,20	3,00	1,00	0,669	0,118	0,483				
	SOMA				5,678	1,000					

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

E2	Agropecuária	Urbano	Industrial	Vegetação nativa	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal	Novo Vetor	λ_{max}	CI	RI	CR
Agropecuária	1,00	3,00	5,00	0,33	1,495	0,274	1,174				
Urbano	0,33	1,00	5,00	0,33	0,863	0,158	0,674	4,23	0,08	0,9	0,08
Industrial	0,20	0,20	1,00	0,14	0,275	0,050	0,211				
Vegetação nativa	3,00	3,00	7,00	1,00	2,817	0,517	2,168				
	SOMA				5,451	1,000					

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

E3	Agropecuária	Urbano	Industrial	Vegetação nativa	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal	Novo Vetor	λ_{max}	CI	RI	CR
Agropecuária	1,00	0,20	7,00	3,00	1,432	0,246	1,009				
Urbano	3,00	1,00	9,00	5,00	3,409	0,586	2,306	4,23	0,08	0,9	0,09
Industrial	0,14	0,11	1,00	0,11	0,205	0,035	0,150				
Vegetação nativa	0,20	0,20	9,00	1,00	0,775	0,133	0,616				
	SOMA				5,820	1,000					

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

	E1	E2	E3	MÉDIA
Agropecuária	0,26	0,27	0,25	0,26
Urbano	0,56	0,16	0,59	0,43
Industrial	0,06	0,05	0,04	0,05
Vegetação nativa	0,12	0,52	0,13	0,26

VEGETAÇÃO

E1	Fragmento florestal	Várzea	UC	APP	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal	Novo Vektor	λ_{max}	CI	RI	CR
Fragmento florestal	1,00	0,33	0,33	0,20	0,386	0,076	0,332				
Várzea	3,00	1,00	0,33	0,33	0,760	0,150	0,636	4,23	0,08	0,9	0,08
UC	5,00	3,00	1,00	1,00	1,968	0,387	1,603				
APP	5,00	3,00	1,00	1,00	1,968	0,387	1,603				
SOMA					5,082	1,000					

VEGETAÇÃO

E2	Fragmento florestal	Várzea	UC	APP	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal	Novo Vektor	λ_{max}	CI	RI	CR
Fragmento florestal	1,00	3,00	0,33	0,33	0,760	0,151	0,614				
Várzea	0,33	1,00	0,20	0,20	0,340	0,067	0,274	4,04	0,01	0,9	0,02
UC	3,00	5,00	1,00	1,00	1,968	0,391	1,572				
APP	3,00	5,00	1,00	1,00	1,968	0,391	1,572				
SOMA					5,036	1,000					

VEGETAÇÃO

E3	Fragmento florestal	Várzea	UC	APP	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal	Novo Vektor	λ_{max}	CI	RI	CR
Fragmento florestal	1,00	1,00	0,33	0,20	0,508	0,095	0,408				
Várzea	1,00	1,00	1,00	0,33	0,760	0,141	0,585	4,15	0,05	0,9	0,06
UC	1,00	1,00	1,00	0,33	0,760	0,141	0,585				
APP	5,00	5,00	5,00	1,00	3,344	0,622	2,510				
SOMA					5,372	1,000					

VEGETAÇÃO

E1	E2	E3	MÉDIA	
Fragmento florestal	0,08	0,15	0,09	0,11
Várzea	0,15	0,07	0,14	0,12
UC	0,39	0,39	0,14	0,31
APP	0,39	0,39	0,62	0,46

FAUNA				Eigenvector principal
E1	Aquática	Terrestre	Raiz enésima do produto de <i>n</i>	
Aquática	1,00	1,00	1,000	0,500
Terrestre	1,00	1,00	1,000	0,500
	SOMA		2,000	1,000

FAUNA				Eigenvector principal
E2	Aquática	Terrestre	Raiz enésima do produto de <i>n</i>	
Aquática	1,00	3,00	1,732	0,750
Terrestre	0,33	1,00	0,577	0,250
	SOMA		2,309	1,000

FAUNA				Eigenvector principal
E3	Aquática	Terrestre	Raiz enésima do produto de <i>n</i>	
Aquática	1,00	1,00	1,000	0,500
Terrestre	1,00	1,00	1,000	0,500
	SOMA		2,000	1,000

FAUNA				MÉDIA
	E1	E2	E3	
Aquática	0,50	0,75	0,50	0,58
Terrestre	0,50	0,25	0,50	0,42

LOCALIZAÇÃO DA CIDADE

	Cidade próxima a rodovia	Cidade afastada da rodovia	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal
E1				
Cidade próxima a rodovia	1,00	7,00	1,627	0,726
Cidade afastada da rodovia	0,14	1,00	0,615	0,274
SOMA			2,241	1,000

LOCALIZAÇÃO DA CIDADE

	Cidade próxima a rodovia	Cidade afastada da rodovia	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal
E2				
Cidade próxima a rodovia	1,00	5,00	1,495	0,691
Cidade afastada da rodovia	0,20	1,00	0,669	0,309
SOMA			2,164	1,000

LOCALIZAÇÃO DA CIDADE

	Cidade próxima a rodovia	Cidade afastada da rodovia	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal
E3				
Cidade próxima a rodovia	1,00	5,00	1,495	0,691
Cidade afastada da rodovia	0,20	1,00	0,669	0,309
SOMA			2,164	1,000

LOCALIZAÇÃO DA CIDADE

	E2	E1	E3	MÉDIA
Cidade próxima a rodovia	0,69	0,73	0,69	0,70
Cidade afastada da rodovia	0,31	0,27	0,31	0,30

DENSIDADE POPULACIONAL

E1	Alta	Média	Baixa	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal	Novo Vetor	λ_{max}	CI	RI	CR
Alta	1,00	5,00	9,00	3,557	0,73519	2,292	3,12	0,06	0,58	0,10
Média	0,20	1,00	5,00	1,000	0,20670	0,644				
Baixa	0,11	0,20	1,00	0,281	0,05811	0,181				
	SOMA			4,838	1,000					

DENSIDADE POPULACIONAL

E2	Alta	Média	Baixa	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal	Novo Vetor	λ_{max}	CI	RI	CR
Alta	1,00	3,00	5,00	2,466	0,637	1,935	3,04	0,02	0,58	0,03
Média	0,33	1,00	3,00	1,000	0,258	0,785				
Baixa	0,20	0,33	1,00	0,405	0,105	0,318				
	SOMA			3,872	1,000					

DENSIDADE POPULACIONAL

E3	Alta	Média	Baixa	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal	Novo Vetor	λ_{max}	CI	RI	CR
Alta	1,00	5,00	9,00	3,557	0,735	2,292	3,12	0,06	0,58	0,10
Média	0,20	1,00	5,00	1,000	0,207	0,644				
Baixa	0,11	0,20	1,00	0,281	0,058	0,181				
	SOMA			4,838	1,000					

DENSIDADE POPULACIONAL	E1	E2	E3	MÉDIA
Alta	0,74	0,64	0,74	0,71
Média	0,21	0,26	0,21	0,22
Baixa	0,06	0,10	0,06	0,07

ATIVIDADE ECONÔMICA

E1	Agropecuária	Piscicultura	Raiz enésima do produto de n	Eigenvalor principal
Piscicultura	0,33	1,00	0,760	0,366
Agropecuária	1,00	3,00	1,316	0,634
	SOMA		2,076	1,000

ATIVIDADE ECONÔMICA

E2	Agropecuária	Piscicultura	Raiz enésima do produto de n	Eigenvalor principal
Piscicultura	1,00	1,00	1,000	0,500
Agropecuária	1,00	1,00	1,000	0,500
	SOMA		2,000	1,000

ATIVIDADE ECONÔMICA

E3	Agropecuária	Piscicultura	Raiz enésima do produto de n	Eigenvalor principal
Piscicultura	3,00	1,00	1,316	0,634
Agropecuária	1,00	0,33	0,760	0,366
	SOMA		2,076	1,000

ATIVIDADE ECONÔMICA

	E1	E2	E3	MÉDIA
Piscicultura	0,37	0,50	0,63	0,50
Agropecuária	0,63	0,50	0,37	0,50

TIPO DE PISTA

E1	Simple	Dupla	Faixa adicional	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal	Novo Vetor	λ_{max}	CI	RI	CR
Simple	1,00	7,00	5,00	3,271	0,71981	2,241				
Dupla	0,14	1,00	0,14	0,273	0,06014	0,194	3,12	0,06	0,58	0,11
Faixa adicional	0,20	5,00	1,00	1,000	0,22005	0,665				
	SOMA			4,544	1,000					

TIPO DE PISTA

E2	Simple	Dupla	Faixa adicional	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal	Novo Vetor	λ_{max}	CI	RI	CR
Simple	1,00	5,00	3,00	2,466	0,637	1,935				
Dupla	0,20	1,00	0,33	0,405	0,105	0,318	3,04	0,02	0,58	0,03
Faixa adicional	0,33	3,00	1,00	1,000	0,258	0,785				
	SOMA			3,872	1,000					

TIPO DE PISTA

E3	Simple	Dupla	Faixa adicional	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal	Novo Vetor	λ_{max}	CI	RI	CR
Simple	1,00	7,00	5,00	3,271	0,720	2,241				
Dupla	0,14	1,00	0,14	0,273	0,060	0,194	3,12	0,06	0,58	0,11
Faixa adicional	0,20	5,00	1,00	1,000	0,220	0,665				
	SOMA			4,544	1,000					

TIPO DE PISTA

	E1	E2	E3	MÉDIA
Simple	0,72	0,64	0,72	0,69
Dupla	0,06	0,10	0,06	0,08
Faixa adicional	0,22	0,26	0,22	0,23

COMPOSIÇÃO DO TRÁFEGO

	Maioria veículos de passeio	Maioria veículos de carga	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal
E1				
Maioria veículos de carga	7,00	1,00	1,627	0,726
Maioria veículos de passeio	1,00	0,14	0,615	0,274
		SOMA	2,241	1,000

COMPOSIÇÃO DO TRÁFEGO

	Maioria veículos de passeio	Maioria veículos de carga	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal
E2				
Maioria veículos de carga	5,00	1,00	1,495	0,691
Maioria veículos de passeio	1,00	0,20	0,669	0,309
		SOMA	2,164	1,000

COMPOSIÇÃO DO TRÁFEGO

	Maioria veículos de passeio	Maioria veículos de carga	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal
E3				
Maioria veículos de carga	7,00	1,00	1,627	0,726
Maioria veículos de passeio	1,00	0,14	0,615	0,274
		SOMA	2,241	1,000

COMPOSIÇÃO DO TRÁFEGO

	E1	E2	E3	MÉDIA
Maioria veículos de carga	0,73	0,69	0,73	0,71
Maioria veículos de passeio	0,27	0,31	0,27	0,29

VDM

E1	Médio	Alto	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal
Alto	5,00	1,00	1,495	0,691
Médio	1,00	0,20	0,669	0,309
	SOMA		2,164	1,000

VDM

E2	Médio	Alto	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal
Alto	3,00	1,00	1,316	0,634
Médio	1,00	0,33	0,760	0,366
	SOMA		2,076	1,000

VDM

E3	Médio	Alto	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal
Alto	0,14	1,00	0,615	0,274
Médio	1,00	7,00	1,627	0,726
	SOMA		2,241	1,000

VDM	E1	E2	E3	MÉDIA
Alto	0,69	0,63	0,27	0,53
Médio	0,31	0,37	0,73	0,47

ELEMENTOS GEOMÉTRICOS

E1	Trecho linear	Curva horizontal	Curva vertical	Rampa com declividade ondulada	Rampa com declividade montanhosa	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal	Novo Vetor	λ_{max}	CI	RI	CR
Trecho linear	1,00	0,14	0,20	0,20	0,20	0,258	0,03909	0,206				
Curva horizontal	5,00	1,00	3,00	5,00	3,00	2,954	0,44757	2,457				
Curva vertical	5,00	0,20	1,00	0,33	0,20	0,582	0,08815	0,476	5,35	0,09	1,12	0,08
Rampa com declividade ondulada	5,00	0,20	3,00	1,00	0,20	0,903	0,13679	0,744				
Rampa com declividade montanhosa	5,00	0,33	5,00	3,00	1,00	1,904	0,28841	1,484				
					SOMA	6,601	1,000					

ELEMENTOS GEOMÉTRICOS

E2	Trecho linear	Curva horizontal	Curva vertical	Rampa com declividade ondulada	Rampa com declividade montanhosa	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal	Novo Vetor	λ_{max}	CI	RI	CR
Trecho linear	1,00	0,33	0,33	0,20	1,00	0,467	0,07501	0,404				
Curva horizontal	3,00	1,00	3,00	3,00	5,00	2,667	0,42835	2,293				
Curva vertical	3,00	0,33	1,00	1,00	3,00	1,246	0,20006	1,014	5,22	0,05	1,12	0,05
Rampa com declividade ondulada	5,00	0,33	1,00	1,00	3,00	1,380	0,22158	1,164				
Rampa com declividade montanhosa	1,00	0,20	0,33	0,33	1,00	0,467	0,07501	0,376				
					SOMA	6,227	1,000					

ELEMENTOS GEOMÉTRICOS

E3	Trecho linear	Curva horizontal	Curva vertical	Rampa com declividade ondulada	Rampa com declividade montanhosa	Raiz enésima do produto de n	Eigenvector principal	Novo Vetor	λ_{max}	CI	RI	CR
	1,00	0,11	0,11	0,11	0,11	0,172	0,02481	0,133				
	7,00	1,00	3,00	5,00	3,00	3,160	0,45469	2,395				
	5,00	0,33	1,00	3,00	3,00	1,719	0,24733	1,342				
	5,00	0,33	0,33	1,00	0,33	0,714	0,10270	0,518			1,12	0,06
	7,00	0,33	0,33	3,00	1,00	1,185	0,17047	0,886		0,07		
SOMA						6,949	1,000		5,26			

ELEMENTOS GEOMÉTRICOS	E1	E2	E3	MÉDIA
Trecho linear	0,04	0,08	0,02	0,05
Curva horizontal	0,45	0,43	0,45	0,44
Curva vertical	0,09	0,20	0,25	0,18
Rampa com declividade ondulada	0,14	0,22	0,10	0,15
Rampa com declividade montanhosa	0,29	0,08	0,17	0,18