

**Daniela Fischer**

**DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM MALHAS  
RODOVIÁRIAS: UMA CONTRIBUIÇÃO À ANÁLISE DO  
PASSIVO AMBIENTAL**

**Dissertação apresentada ao Curso de  
Pós-Graduação em Engenharia Civil da  
Universidade Federal de Santa Catarina,  
como parte dos requisitos para a  
obtenção do título de Mestre em  
Engenharia Civil.**

**Florianópolis  
2001**

**DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM MALHAS  
RODOVIÁRIAS: UMA CONTRIBUIÇÃO À ANÁLISE DO  
PASSIVO AMBIENTAL**

**Daniela Fischer**

**Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.**

**Área de Concentração: Infra-Estrutura e Gerência Viária**

**Orientador: Prof. Dr. Leto Momm**

**Florianópolis  
2001**

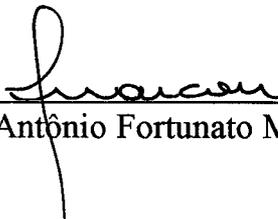
## FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação defendida e aprovada em 30/10/2001 pela banca examinadora:



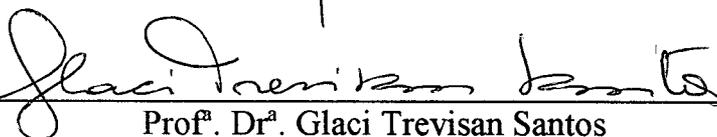
---

Prof. Dr. Leto Momm - Orientador - Moderador



---

Prof. Dr. Antônio Fortunato Marcon



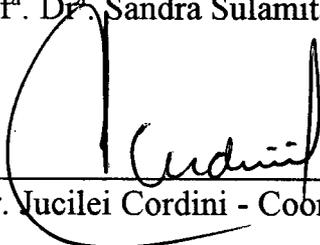
---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Glaci Trevisan Santos



---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Sandra Sulamita Nahas Baasch



---

Prof. Dr. Jucilei Cordini - Coordenador do CPGEC

**A meus pais pelo exemplo de vida,  
pelo incentivo e carinho a seus filhos.**

## AGRADECIMENTOS

A meus pais, por sempre estarem ao meu lado;

Ao professor Dr. Leto Momm pela orientação e dedicação no desenvolvimento desta dissertação;

À Universidade Federal de Santa Catarina, por ter proporcionado a oportunidade de execução dos estudos;

Ao Eng<sup>o</sup> Luiz Henrique Pellegrini, pelo apoio e pela paciência nos momentos difíceis;

Ao Eng<sup>o</sup> Marnei Soccas Ribeiro, pelos comentários que permitiram aperfeiçoar este trabalho;

Aos professores, funcionários e colegas do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, pelo apoio durante todo o período de vínculo a esta instituição;

A meus irmãos, pela força que sempre me deram a prosseguir até o fim deste trabalho;

A todos aqueles que de alguma maneira contribuíram à realização desta dissertação.

*“O homem tem direito fundamental à liberdade, à igualdade e ao desfrute de condições de vida adequadas, em um meio ambiente de qualidade tal que lhe permita levar vida digna, gozar de bem estar, e é portador solene da obrigação de proteger e melhorar o meio ambiente, para as gerações presentes e futuras...”*

**Assembléia Geral das Nações Unidas**

**Estocolmo / 1972**

# Sumário

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<i>iv</i>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<i>vi</i>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	<i>ix</i>
<b>RESUMO</b> .....	<i>x</i>
<b>ABSTRACT</b> .....	<i>xi</i>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<i>1</i>
1.1. DELIMITAÇÕES DA PESQUISA .....	<i>3</i>
1.2. ANÁLISE AMBIENTAL DE <u>RODOVIAS</u> .....	<i>3</i>
1.3. IMPORTÂNCIA DO TEMA .....	<i>4</i>
1.4. OBJETIVO .....	<i>6</i>
1.5. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	<i>6</i>
<b>2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL</b> .....	<i>8</i>
<b>3 IMPACTOS AMBIENTAIS <u>RODOVIÁRIOS</u></b> .....	<i>18</i>
3.1. IMPACTOS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS .....	<i>20</i>
3.1.1. Impactos de Restauração .....	<i>21</i>
3.1.2. Impactos de Conservação .....	<i>24</i>
<b>4 PASSIVO AMBIENTAL DE <u>RODOVIAS</u></b> .....	<i>27</i>
4.1. PASSIVO AMBIENTAL <u>GEOTÉCNICO</u> .....	<i>37</i>
4.1.1. Processos erosivos associados a malhas rodoviárias .....	<i>37</i>
4.1.1.1. Erosão em sulcos .....	<i>39</i>
4.1.1.2. Erosão diferenciada .....	<i>40</i>
4.1.1.3. Erosão longitudinal em plataforma .....	<i>40</i>
4.1.1.4. Erosão interna (piping) .....	<i>41</i>
4.1.1.5. Ravina .....	<i>41</i>
4.1.1.6. Voçoroca .....	<i>42</i>
4.1.1.7. Desagregação superficial .....	<i>43</i>
4.1.2. Movimentos de massa em rodovias .....	<i>43</i>

4.1.2.1. Rastejos .....	48
4.1.2.2. Escorregamentos .....	49
4.1.2.3. Quedas .....	50
4.1.2.4. Corridas de massa .....	51
<b>4.1.3. Recalques, Assoreamento e Alagamento .....</b>	<b>51</b>
4.1.3.1. Recalques .....	51
4.1.3.2. Assoreamento .....	53
4.1.3.3. Alagamento .....	54
<b>4.1.4. Causas da erosão em rodovias .....</b>	<b>54</b>
<b>4.1.5. Fatores naturais que influenciam os movimentos de massa .....</b>	<b>56</b>
<b>4.1.6. Obras utilizadas na contenção de encostas e taludes .....</b>	<b>58</b>
<b>4.1.7. Soluções para taludes em solo .....</b>	<b>60</b>
<b>4.1.8. Soluções para taludes em rocha .....</b>	<b>62</b>
<b>4.1.9. A ação do homem .....</b>	<b>64</b>
<b>4.2. PASSIVO AMBIENTAL DE RODOVIAS EM ÁREAS URBANAS .....</b>	<b>66</b>
4.2.1 Segregação urbana e intrusão visual .....	67
4.2.2. Ruídos e vibrações .....	68
4.2.3. Poluição do ar .....	70
4.2.4. Poluição da água .....	71
4.2.5. Soluções para passivos de rodovias em áreas urbanas .....	72
<b>4.3. PASSIVO AMBIENTAL DE RODOVIAS EM ÁREAS RURAIS .....</b>	<b>73</b>
4.3.1. Soluções para passivos de rodovias em áreas rurais .....	74
<b>5 MÉTODOS ANÁLOGOS .....</b>	<b>76</b>
5.1. OBJETIVOS DE UM LEVANTAMENTO .....	76
5.2. MÉTODOS DE LEVANTAMENTO DE PAVIMENTOS .....	77
5.2.1. Análise dos Métodos .....	82
<b>6 MÉTODO PROPOSTO .....</b>	<b>87</b>
6.1. TIPO DE PESQUISA .....	87
6.2. ÁREA DE INFLUÊNCIA .....	88
6.3. SELEÇÃO DE PESSOAL .....	89
6.4. ETAPAS DO MÉTODO PROPOSTO .....	89
6.5. CADASTRO DO PASSIVO AMBIENTAL .....	91
6.5.1. Passivos ambientais geotécnicos .....	91

<b>6.5.2. Passivos ambientais de rodovias em áreas urbanas</b> .....	95
<b>6.5.3. Passivos ambientais de rodovias em áreas rurais</b> .....	98
6.6. <b>ÍNDICE DE QUALIDADE AMBIENTAL RODOVIÁRIA</b> .....	101
6.7. <b>ATRIBUIÇÃO DO NÍVEL DE GRAVIDADE AOS PASSIVOS AMBIENTAIS</b> ...	102
6.8. <b>ATRIBUIÇÃO DO PESO DE REFERÊNCIA AOS PASSIVOS AMBIENTAIS</b> ....	105
<b>7 APLICAÇÃO DO MÉTODO</b> .....	109
7.1. <b>ANÁLISE DO SISTEMA VIÁRIO</b> .....	109
<b>7.1.1. Mapa de situação</b> .....	112
7.2. <b>COLETA DOS DADOS</b> .....	113
<b>7.2.1. Delimitações do estudo</b> .....	113
<b>7.2.2. Estudos de tráfego</b> .....	114
<b>7.2.3. Número de acidentes</b> .....	116
<b>7.2.4. Acessos irregulares</b> .....	116
7.3. <b>FORMAÇÃO DO BANCO DE DADOS</b> .....	117
<b>7.3.1. Cálculo do peso de referência do levantamento cadastral (BR-470/SC)</b> ...	117
7.3.1.1. Cálculo do peso de referência dos passivos geotécnicos .....	117
7.3.1.2. Cálculo do peso de referência dos passivos urbanos .....	118
7.3.1.3. Cálculo do peso de referência dos passivos rurais .....	120
<b>7.3.2. Aplicação do levantamento cadastral</b> .....	121
<b>8 ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	134
<b>9 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	138
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	141

## Lista de Figuras

FIGURA 4.1	- Erosão em sulco (BR-470/SC) .....	39
FIGURA 4.2	- Representação esquemática da erosão em sulco (CARVALHO, 1991) .....	39
FIGURA 4.3	- Representação esquemática da erosão diferenciada (CARVALHO, 1991) .....	40
FIGURA 4.4	- Erosão longitudinal em plataforma (CARVALHO, 1991) .....	41
FIGURA 4.5	- Ravina (SC-452) .....	42
FIGURA 4.6	- Voçoroca (DNER, 1996b) .....	42
FIGURA 4.7	- Queda, tombamento, rolamento de matacões e principais tipos de escorregamentos (HUTCHINSON, 1968) .....	47
FIGURA 4.8	- Rastejos .....	48
FIGURA 4.9	- Escorregamento em corte (SC-454) .....	49
FIGURA 4.10	- Escorregamento em aterro (BR-282/SC) .....	50
FIGURA 4.11	- Representação esquemática de escorregamento em aterro (CARVALHO, 1991) .....	50
FIGURA 4.12	- Corrida de massa .....	51
FIGURA 4.13	- Recalque sobre solo mole .....	52
FIGURA 4.14	- Recalque de aterro devido a ruptura de bueiro .....	52
FIGURA 4.15	- Assoreamento (DNER, 1996b) .....	53
FIGURA 4.16	- Alagamento (SC-454) .....	54
FIGURA 4.17	- Solução para taludes em solo (GEO-RIO, 2000) .....	60
FIGURA 4.18	- Alternativas de solução, taludes em rocha (GEO-RIO, 2000) .....	62
FIGURA 4.19	- Taludes em rocha, solução de eliminação do problema (GEO-RIO, 2000) .....	62
FIGURA 4.20	- Estabilização de taludes em rocha (GEO-RIO, 2000) .....	63

FIGURA 4.21	- Taludes em rocha, conveniência com o problema (GEO-RIO, 2000) .....	64
FIGURA 7.1	- Número de acidentes por segmento .....	116
FIGURA 7.2 a 7.7	- Fotos do cadastro dos passivos geotécnicos (BR-470/SC) – 1ª parte .....	125
FIGURA 7.8 a 7.12	- Fotos do cadastro dos passivos geotécnicos (BR-470/SC) – 2ª parte.....	126
FIGURA 7.13 a 7.18	- Fotos do cadastro dos passivos em áreas urbanas (BR-470/SC) – 1ª parte .....	129
FIGURA 7.19 a 7.24	- Fotos do cadastro dos passivos em áreas urbanas (BR-470/SC) – 2ª parte .....	130
FIGURA 7.25 a 7.29	- Fotos do cadastro dos passivos em áreas urbanas (BR-470/SC) – 3ª parte .....	131
FIGURA 7.30 a 7.35	- Fotos do cadastro dos passivos em áreas rurais (BR-470/SC) – 1ª parte .....	133

## Lista de Tabelas

TABELA 3.1	- Impactos significativos – restauração (BELLIA E BIDONE, 1993)	23
TABELA 3.2	- Impactos significativos – conservação (BELLIA E BIDONE, 1993) .....	24
TABELA 4.1	- Modelo de cadastro de problemas ambientais de implantação (DNER, 1996b) .....	29
TABELA 4.2	- Modelo de cadastro de problemas ambientais em áreas exploradas (DNER, 1996b) .....	29
TABELA 4.3	- Modelo de cadastro de problemas ambientais decorrentes de ações de terceiros (DNER, 1996b) .....	30
TABELA 4.4	- Modelo de cadastro de problemas ambientais decorrentes de aglomerações urbanas (DNER, 1996b) .....	30
TABELA 4.5	-- Caracterização da rodovia pelo método (DNER, 1996b) .....	31
TABELA 4.6	- Condições gerais da via/pista e acostamento (DNER, 1996b) .....	32
TABELA 4.7	- Estado de conservação (DNER, 1996b) .....	33
TABELA 4.8	- Índice técnico (DNER, 1996b) .....	33
TABELA 4.9	- Aspectos de interesse da rodovia (DNER, 1996b) .....	33
TABELA 4.10	- Risco geo-ambiental (DNER, 1996b) .....	34
TABELA 4.11	- Risco climático (DNER, 1996b) .....	34
TABELA 4.12	- Índice de risco (DNER, 1996b) .....	34
TABELA 4.13	- Índice de prioridade (DNER, 1996b) .....	35
TABELA 4.14	- Nível de intervenção proposta (DNER, 1996b) .....	35
TABELA 4.15	- Classificação dos movimentos de encostas (VARNES, 1978) .....	45
TABELA 4.16	- Características dos principais grandes grupos de processos de escorregamento (AUGUSTO-FILHO, 1992) .....	46
TABELA 4.17	- Fatores deflagadores dos movimentos de massa (VARNES, 1978)	56

TABELA 4.18	- Agentes e causas dos escorregamentos e processos correlatos (GUIDICINI, NIEBLE, 1976) .....	57
TABELA 4.19	- Principais tipos de obras de contenção (IPT, 1991) .....	59
TABELA 4.20	- Origem dos ruídos ISA-08/01 (DNER, 1996a) .....	69
TABELA 4.21	- Valores-limites de qualidade do ar (CONAMA, 1990) .....	71
TABELA 5.1	- Valor do fator de ponderação do IGG (DNER/PRO 08/78) .....	79
TABELA 5.2	- Fatores de ponderação dos índices da condição do pavimento (GONTIJO, 1994) .....	81
TABELA 6.1	- Cadastro dos passivos geotécnicos (DNER, 1996b, modelo alterado) .....	93
TABELA 6.2	- Classificação dos passivos geotécnicos (DNER, 1996b, modelo alterado) .....	94
TABELA 6.3	- Cadastro dos passivos urbanos (DNER, 1996b, modelo alterado) ..	96
TABELA 6.4	- Classificação dos passivos urbanos (DNER, 1996b, modelo alterado) .....	97
TABELA 6.5	- Cadastro dos passivos rurais .....	99
TABELA 6.6	- Classificação dos passivos rurais .....	100
TABELA 6.7	- Limites do índice de qualidade ambiental rodoviária .....	102
TABELA 6.8	- Passivos geotécnicos de rodovias – Nível de gravidade .....	103
TABELA 6.9	- Passivos de rodovias em áreas urbanas – Nível de gravidade .....	104
TABELA 6.10	- Passivos de rodovias em áreas rurais – Nível de gravidade .....	104
TABELA 6.11	- Peso de referência dos passivos geotécnicos .....	105
TABELA 6.12	- Peso de referência dos passivos em áreas urbanas .....	106
TABELA 6.13	- Peso de referência do nº de acidentes em áreas urbanas .....	106
TABELA 6.14	- Peso de referência do nº de acessos irregulares em áreas urbanas ..	107
TABELA 6.15	- Peso de referência dos passivos em áreas rurais .....	107
TABELA 6.16	- Peso de referência do nº de acidentes em áreas rurais .....	108
TABELA 6.17	- Peso de referência do nº de acessos irregulares em áreas rurais .....	108
TABELA 7.1	- Contagens volumétricas/classificatórias – segmento 1 (DER – Sistema BR-470/SC, 1997) .....	114

TABELA 7.2	- Contagens volumétricas/classificatórias – Segmentos 2/3/4 (DNER, 1997) .....	114
TABELA 7.3	- Volumes médios diários anuais – VDMA (DNER, 1997) .....	115
TABELA 7.4	- Projeção do tráfego nos segmentos 2/3/4 (DNER, 1997) .....	115
TABELA 7.5	- Número de acidentes por segmento (DNER/ 16º DRF) .....	116
TABELA 7.6	- Pesos de referência dos passivos geotécnicos da rodovia (BR-470/SC) .....	118
TABELA 7.7	- Cadastro dos passivos geotécnicos (BR-470/SC) .....	122
TABELA 7.8	- Cadastro dos passivos em áreas urbanas (BR-470/SC) .....	127
TABELA 7.9	- Cadastro dos passivos em áreas rurais (BR-470/SC) .....	132
TABELA 8.1	- Índice de qualidade ambiental rodoviária (BR-470/SC) .....	136

## **Lista de Abreviaturas**

CNUMAD – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

ICP – Índice de Condição do Pavimento

IGG – Índice de Gravidade Global

IGI – Índice de Gravidade Individual

IPA – Instruções de Proteção Ambiental

IQARO – Índice de Qualidade Ambiental Rodoviária

ISA – Instruções de Serviço Ambiental

ISP – Índice de Serventia Paragon

ISI – Índice de Serventia Individual

IUNC – União Internacional para a Conservação da Natureza

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

USACE – United States Army Corps of Engineers

WWF – Fundo Mundial para a Natureza

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials

## Resumo

A abordagem adotada neste trabalho é direcionada a malhas rodoviárias existentes que necessitam de melhorias nos padrões de qualidade ambiental.

Esta dissertação apresenta uma proposição metodológica de elaboração de Cadastro dos Passivos Ambientais mais encontrados nas rodovias catarinenses, caracterizando seus tipos, causas e níveis de gravidade, objetivando a implantação de um Índice de Qualidade Ambiental Rodoviária (IQARO), com vistas ao desenvolvimento sustentável. O estudo teve uma aplicação piloto na rodovia BR-470/SC, Trecho: Navegantes – Blumenau (km 10 – km 57).

O Índice de Qualidade Ambiental Rodoviária resulta em aperfeiçoamento dos trabalhos executados por órgãos públicos e empresas privadas, proporcionando uma visão mais detalhada e precisa dos problemas existentes, principalmente nos processos de fiscalização, manutenção, monitoramento e recuperação dos passivos ambientais.

## **Abstract**

In this paper, the approach is to deal with existing highway networks and the improvements they require in environmental quality.

The dissertation proposes a methodology to record those environmental liabilities most often found in the highway systems of Santa Catarina State (Brazil), characterizing their nature origin and severity levels. The objective is to implement a Highway Environmental Quality Index (IQARO) aiming at sustained development. A pilot application of the study was carried out on Highway BR-470/SC, from Navegantes to Blumenau (km 10 – km 57).

A Highway Environmental Quality Index results in the enhancement of studies made by public and private agencies, through a more detailed and precise view of existing problems, especially regarding inspection, maintenance, recovering from and monitoring environmental liabilities.

A utilização da natureza iniciou-se nos primórdios da existência do homem. Durante os ciclos econômicos, notadamente dos extrativistas – madeiras, minerais etc. – a natureza foi agredida de sobremaneira. Nos períodos posteriores à industrialização e à implantação de grandes projetos houve um elevado consumo de recursos naturais e geração de resíduos em quantidade cada vez maior que a capacidade do ambiente de absorvê-los. Isto se deve, principalmente, ao fato de que os impactos ambientais eram, historicamente absorvidos, pela própria natureza, sem maiores problemas, até o final do século XIX.

O equacionamento de problemas ambientais começou a ser conciliado em políticas públicas nos países industrializados, de maneira sistemática, especialmente a partir do início da década de 60. Nos anos 70, países em desenvolvimento começaram também a incorporar o tema em seus programas e planos de ação. Na década de 80, o assunto adquiriu expressão mundial e passou a ser considerado em estruturas gerenciais públicas e privadas, por meio do estabelecimento de exigências ambientais (BECKER, 1997).

A questão ambiental por ser complexa, haja vista que ela é composta por vários componentes do meio físico, biológico e sócio-econômico que interagem entre si, pode ser causa e efeito simultaneamente. E ainda, aspectos políticos e administrativos públicos e privados também influenciam fortemente a questão ambiental (JUCHEM, 1992).

As iniciativas de preservação ambiental no setor rodoviário vem ocorrendo a partir dos anos 80, especificamente com a resolução nº 01/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, vinculada a Lei de Política Nacional 6938/81, que foi o documento legal que explicitou a função dos órgãos estaduais de meio ambiente em coordenarem o processo de licenciamento de obras rodoviárias, utilizando o processo de Avaliação de Impacto Ambiental.

A Constituição Federal Brasileira, promulgada em 1988, aborda o Meio Ambiente de forma pioneira, dando ao tema uma abrangência não vista até então pelas Constituições que a precederam. No Título VIII - Da Ordem Social, Capítulo VI - Do Meio Ambiente, o artigo 225 determina que: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

O conceito de preservação ambiental, baseada na intocabilidade dos recursos naturais, há algum tempo foi superado e substituído por outro que condiciona a preservação a um novo modelo de desenvolvimento da civilização, fundamentado no uso racional dos recursos naturais, para que estes possam continuar disponíveis às gerações que ainda virão. A este desenvolvimento, que não esgota, mas conserva e realimenta sua fonte de recursos naturais, que não inviabiliza a sociedade, mas promove a repartição justa dos benefícios alcançados, que não é movido apenas por interesses imediatistas, mas sim baseado no planejamento e que, por estas razões, é capaz de manter-se no espaço e no tempo, é que damos o nome de *desenvolvimento sustentável* (CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1996).

O desenvolvimento e a conservação do meio ambiente devem constituir um binômio indissolúvel, tornando compatíveis o direito ao desenvolvimento, e o direito ao usufruto da vida em ambiente saudável pelas futuras gerações.

Para que haja desenvolvimento, é preciso a existência de um crescimento sustentável, contudo, obedecendo a abordagem integrada de planejamento e de gerenciamento do espaço rodoviário, uma vez que, uma rodovia gera externalidades diretas e indiretas que constituem um passivo ambiental.

O tema proposto “Desenvolvimento Sustentável em Malhas Rodoviárias: Uma Contribuição à Análise do Passivo Ambiental” trata da padronização do levantamento cadastral de informações a respeito do passivo ambiental para elaboração de um índice de qualidade ambiental rodoviária.

O conceito de passivo ambiental assume que os impactos ambientais, necessariamente, são externalidades, ou seja, são efeitos sofridos por terceiros, não diretamente envolvidos no empreendimento em questão.

## 1.1. DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

A maior parte da malha rodoviária catarinense encontra-se em atividade, ou seja, as principais rodovias encontram-se implantadas e funcionando regularmente, resultando em fluxo de tráfego considerável entre os pólos econômicos que conformam a distribuição geográfica do potencial produtivo do nosso Estado.

Ao contrário dos novos projetos rodoviários, as rodovias já implantadas apesar de apresentarem elevado nível de qualidade técnica, principalmente no que diz respeito ao pavimento, foram projetadas dentro de diferentes perspectivas tecnológicas e com menor rigor em termos de exigências ambientais.

Ao incorporar o desenvolvimento sustentável em malhas rodoviárias catarinenses, a expectativa de melhor qualidade a cada nova intervenção, seja por necessidade de restauração ou conservação, conduzirá a uma malha mais eficiente sob todos os aspectos e, principalmente, à operação em consonância com as diretrizes de sustentabilidade ambiental.

Os principais tipos de passivo ambiental apresentado em malhas rodoviárias catarinenses são abordados como conseqüências da segurança e da qualidade de vida de seus usuários e da população lindeira. A elaboração do índice de qualidade ambiental rodoviária surgiu a partir de métodos de gerenciamento de pavimentos adotados como base para o estudo, concomitante com a revisão e padronização dos conceitos de passivos.

Este estudo se ateve somente à rodovias existentes. Mesmo sabendo que a origem de dados é parcial (o levantamento se refere apenas à malha rodoviária catarinense) sua aplicação em outros Estados possivelmente necessitará de adaptações e aperfeiçoamentos, pois as características de cada Estado e cada região diferem uma das outras.

## 1.2. ANÁLISE AMBIENTAL DE RODOVIAS

No meio rodoviário, tem havido tentativas importantes no sentido de adequar as obras rodoviárias à nova conjuntura, ao contrário do que acontecia até a década de 80, quando o aspecto ambiental não era considerado como um todo, envolvendo outros aspectos além

dos associados meramente ao corpo estradal, por exemplo: plantio de árvores e proteção de taludes. É inegável que as rodovias constituem um grande benefício sócio-econômico. Porém, ocasionam intervenções no meio ambiente que devem ser avaliadas.

Os trabalhos de supervisão, acompanhamento e análise ambiental das rodovias visam assessorar e subsidiar os órgãos no sentido de assegurar a implantação de medidas ambientais que mitiguem os passivos causados pelas obras sobre o meio ambiente.

O objetivo de uma análise ambiental é orientar as prioridades de investimentos de acordo com as necessidades e disponibilidades financeiras. É de suma importância o levantamento dos passivos causados pela rodovia, bem como aqueles que a própria rodovia sofre em detrimento da ocupação da sua área de entorno.

### 1.3. IMPORTÂNCIA DO TEMA

A construção de uma fábrica, a formação de uma fazenda, a construção de um conjunto habitacional, a geração de energia, etc., alteram o meio ambiente preexistente uma vez que usam os recursos naturais (água, solo, vegetação, espaço físico, combustíveis, etc.).

O mesmo fenômeno ocorre com as rodovias, às vezes imensamente ampliado. As rodovias afetam o meio não apenas em sua faixa de domínio, mas, em toda sua área de influência, à medida que melhora a acessibilidade aos recursos naturais existentes (redução do custo de transporte, segurança na recepção e na remessa de cargas, etc.).

As atividades inerentes à engenharia rodoviária trabalham como elemento de efeito multiplicador sobre a transformação do espaço e, conseqüentemente, do ambiente. As rodovias, com a redução dos custos dos transportes, favorecem à polarização de cidades e regiões, pela concentração de indústrias e serviços.

Por estes efeitos econômicos, sociais e ambientais estudos mais amplos e profundos a respeito das interferências da rodovia sobre o meio ambiente são indispensáveis.

A análise dos passivos ambientais das rodovias mostra que definições e aplicação de um método para a caracterização da qualidade ambiental das rodovias são necessárias. A falta de um padrão de classificação da qualidade ambiental rodoviária atualmente, justifica a

elaboração de um índice de qualidade ambiental rodoviária baseado no cadastro dos passivos ambientais proposto para serviços de fiscalização, restauração e conservação rodoviária.

Como consequência de má conservação das rodovias brasileiras, surgem passivos ambientais de grande magnitude tanto em quantidade quanto em qualidade.

O passivo ambiental é derivado não apenas da qualidade original da construção, mas também da deficiência da conservação rodoviária, da ação dos agentes meteorológicos e de sinergias entre a rodovia e os componentes de uso da terra.

Ao longo das rodovias, constata-se passivos ambientais nas faixas de domínio e nas áreas lindeiras. Com frequência ocorrem erosões, escorregamentos de talude, deficiência de drenagem, invasões das faixas de domínio com propósitos comerciais, conflitos nas mediações das áreas urbanas, existência de acessos precários, além de muitos outros produzidos por ações de natureza antrópica e sócio-econômica.

Os tradicionais Estudos de Impactos Ambientais e respectivos Relatórios de Impactos Ambientais (EIA-RIMA) bem como os Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) e os Planos Básicos Ambientais (PBA), carecem de mecanismos de verificação, de acompanhamento e de avaliação do passivo ambiental, que sirvam para fiscalização, para o monitoramento ambiental e, até mesmo, para auditorias ambientais.

As ações na infra-estrutura e na gerência viária atuam sobre a transformação do espaço e do meio ambiente como indutoras do desenvolvimento econômico de uma Nação.

A pesquisa desta dissertação concentra-se no estudo da operação e da gerência dos sistemas viários enfocando o acompanhamento da qualidade ambiental rodoviária através da análise de seu passivo ambiental.

Destarte, esta pesquisa alinha-se na necessidade de reduzir paulatina e gradativamente os passivos ambientais em rodovias buscando melhorar a qualidade de vida dos usuários e dos moradores das comunidades lindeiras, reduzindo os custos de manutenção, contribuindo para o desenvolvimento da região, do Estado e do País.

#### 1.4. OBJETIVO

O estudo contribuiu para elaboração de uma metodologia de análise dos passivos ambientais existentes nas rodovias catarinenses, à partir do cadastro, definições de seus tipos, causas e níveis de gravidade, que estabeleça um índice de qualidade ambiental rodoviária (IQARO).

Portanto, o objetivo geral desta dissertação é elaborar um índice de qualidade ambiental rodoviária com base no estudo do passivo ambiental.

#### 1.5. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Para alcançar o objetivo proposto, a dissertação está estruturada em 9 (nove) capítulos, assim resumidos:

O primeiro capítulo introduz o assunto, sintetizando o objetivo e a importância da pesquisa.

O capítulo 2 aborda a ideia de desenvolvimento sustentável em malhas rodoviárias e descreve a importância da qualidade ambiental em rodovias.

O capítulo 3 é uma revisão bibliográfica dos impactos ambientais da recuperação e da conservação rodoviárias, utilizados como ponto de partida na mitigação de problemas ambientais.

O capítulo 4 é dedicado exclusivamente ao passivo ambiental das rodovias, seus conceitos, suas causas e suas soluções para cada tipo de passivo.

O capítulo 5 relata alguns métodos análogos utilizados no meio rodoviário para obtenção de índices de qualidade dos pavimentos.

O capítulo 6 descreve a metodologia proposta, onde são apresentados o cadastro dos passivos ambientais, e os procedimentos adotados para a obtenção do índice de qualidade ambiental rodoviário, seus passos e suas limitações.

O capítulo 7 trata da identificação de uma área de estudo para caso exploratório, incluindo um acervo fotográfico e uma contextualização geral do sistema viário. Em seguida, descreve-se o desenvolvimento classificatório do método proposto.

O capítulo 8 traz os resultados do estudo exploratório e as análises pertinentes.

As conclusões da pesquisa e as recomendações para futuros trabalhos são apresentadas no capítulo 9.

Entende-se por desenvolvimento sustentável o processo de adequação de um local ou região, através do planejamento, da melhoria de seus aspectos físicos, econômicos e sociais; que implica na expansão física, no incremento das atividades produtivas, no aumento da qualidade de vida da população, na conservação e no melhoramento do meio ambiente.

O termo desenvolvimento sustentável surgiu em 1980 no documento “Estratégia Mundial de Conservação” (*World Conservation Strategy*) lançada pela União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN) e pelo Fundo Mundial para a Natureza (WWF), apoiados pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), embora já tenha existido o termo “ecodesenvolvimento” na Reunião de Forneux em 1971. O documento Estratégia Mundial de Conservação, propõe a harmonização entre o desenvolvimento socioeconômico e a conservação do meio ambiente, com ênfase à utilização racional dos recursos naturais (FRANCO, 2000).

Em vários eventos globais, o conceito foi sendo construído até o advento da Eco-92, que originou a Agenda 21. A Agenda 21 estabelece um consenso internacional para que seja habilitado este novo tipo de desenvolvimento, onde pode-se aliar o desenvolvimento social e o desenvolvimento econômico estável, fundamentado, com ideais de distribuição de riquezas, o que proporciona uma maior inclusão social e econômica e também respeito a fragilidade e a interdependência dos ecossistemas e do uso sustentável dos recursos naturais, possibilitando o atendimento das necessidades das gerações futuras e auxiliando a própria sobrevivência do planeta (CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1996).

A definição elaborada pela ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO (*Food and Agriculture Organization of the United*

*Nations* - FAO/ONU, 1989) estabelece que o desenvolvimento sustentável deve promover o manejo e a conservação da base dos recursos naturais e a orientação da mudança tecnológica, de tal maneira que se assegure a satisfação contínua das necessidades humanas nas gerações presentes e futuras.

A COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (1996) constatou que a capacidade assimilativa dos ecossistemas e a capacidade de regeneração dos recursos naturais ocorria a taxas incompatíveis com o desgaste imposto à natureza, definindo o conceito de desenvolvimento sustentável como:

“... um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e as mudanças institucionais se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades de aspirações humanas”. O desenvolvimento sustentável coloca o setor produtivo em foco, como ponto essencial para regeneração dos recursos naturais. Os formuladores de políticas públicos impõem ao setor produtivo a tarefa de adotar medidas que induzam a estabelecer metas neste novo conceito de desenvolvimento, que busquem o incremento e/ou a manutenção da produtividade, acompanhada de indicadores de justiça social e de qualidade no processo produtivo, no produto e nas condições ambientais.

Assim, o desenvolvimento sustentável tem a finalidade da integração de preocupações ambientais no bojo das políticas socioeconômicas, fazendo-as responsáveis por seus impactos ambientais. Para FRANCO (2000), o desenvolvimento sustentável deve contabilizar tanto a degradação e a exaustão ambientais como o desempenho econômico; é um primeiro passo no sentido dessa integração.

A importância da proteção e conservação ambiental em rodovias é inquestionável, principalmente tendo-se em conta o aspecto do desenvolvimento sustentável que visa o uso de forma racional do ambiente e dos recursos naturais nele contidos. Entretanto, historicamente os programas rodoviários foram estabelecidos sem bases ambientais. Hoje para as rodovias existentes só resta avaliar as conseqüências que os impactos sobre os recursos naturais trarão ao crescimento de longo prazo.

Hoje, desenvolvimento não é mais sinônimo de destruição. Os recursos naturais são considerados como fonte sustentável de gerações.

O desenvolvimento sustentável incorpora necessariamente as questões sociais, econômicas, tecnológicas, administrativas e a própria dimensão política.

O conceito de sustentabilidade equivale à idéia de manutenção de nosso sistema de suporte de vida. Significa comportamento que procura obedecer às leis da natureza. "Trata-se do reconhecimento do que é biofisicamente possível em uma perspectiva a longo prazo" (CAVALCANTI, 1995, p. 165).

Para orientar, melhorar e controlar a qualidade ambiental com base no desenvolvimento sustentado, ELY (1988) destaca a necessidade de adoção das seguintes estratégias básicas:

- promover a integração científica, institucional e política administrativa, com base num planejamento nacional, regional, estadual e setorial integrado, compatibilizando os níveis de poder e de competência hierárquicos;
- promover a integração de todos os segmentos de interesse da sociedade local e regional, em particular os setores públicos e privados, para a melhoria e controle da qualidade ambiental;
- promover a conscientização e a participação comunitária local e regional para preservação da natureza e dos recursos naturais, protegendo as culturas sociais, em particular as indígenas remanescentes das regiões;
- aperfeiçoar o sistema jurídico e viabilizar o cumprimento legal no controle ambiental;
- promover o crescimento econômico e desenvolvimento tecnológico adequados às condições e necessidades reais da região e seus ecossistemas;
- incentivar alternativas de organização da vida econômica e social com base nos ecossistemas e princípios da natureza, visando à utilização racional dos recursos naturais para uma melhor qualidade de vida;
- promover o controle demográfico e orientar os fluxos migratórios, visando à racionalização no uso e distribuição do espaço, compatibilizando os setores produtivos agropecuários, industriais, urbanos, lazer e recreação e as redes de transporte e elétricas, respeitando a vocação e a capacidade dos ecossistemas;

- ampliar e implementar as unidades de conservação da natureza que represente a diversidade dos ecossistemas regionais, garantindo a integridade de seus bancos genéticos, cadeias e redes alimentares e a auto-regulação do meio ambiente;
- promover uma regionalização institucional político-administrativa, segundo critérios ambientais, em especial, as bacias hidrográficas;
- promover e acelerar a recuperação e a melhoria da qualidade ambiental nas atuais áreas críticas degradadas.

Existem muitas conceituações de desenvolvimento sustentável. A mais aceita e a mais difundida diz respeito ao não esgotamento daqueles recursos naturais que são necessários para as gerações atuais e, imagina-se que, serão necessários também para as gerações futuras. Por isso o conceito de sustentabilidade está muito ligado à idéia de uma relação do ser humano com a natureza.

A literatura a respeito do conceito de desenvolvimento sustentável é bastante ampla. Muitas propostas para uma adequada interpretação do conceito tem sido apresentadas. O que se constata é que o conceito abarca múltiplos objetivos e ingredientes, exibem complexas interdependências e uma moralidade frágil, levando a crer que ela deverá permanecer, ainda por um bom tempo, confusa, evasiva, contestável e ideologicamente controversa (GLADWIN, 1995).

Apesar das dificuldades para a sua conceituação, existe uma certa tendência ao consenso, no sentido de que o desenvolvimento sustentável caracteriza uma forma de desenvolvimento que propicie qualidade de vida para os atuais habitantes do planeta, sem comprometer a qualidade de vida das futuras gerações.

Segundo o Relatório de Brundtland<sup>1</sup>, o desenvolvimento sustentável deve ser entendido como: “desenvolvimento que atenda às necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das futuras gerações verem atendidas suas próprias necessidades” (COMISSÃO BRUNDTLAND, 1991, p.46).

---

<sup>1</sup> O Relatório de Brundtland (ou Nosso Futuro Comum) é o resultado do trabalho da Comissão Mundial (da ONU) sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (UNCED).

O Relatório de Brundtland parte da análise dos problemas sócio-econômicos e ecológicos, de uma sociedade em escala global, sublinhando a interligação entre economia, tecnologia, sociedade e política.

A noção de desenvolvimento sustentável é utilizada como portadora de um novo projeto para a sociedade, capaz de garantir, no presente e no futuro, a sobrevivência da natureza e de grupos sociais. Transforma-se, gradativamente, em uma categoria-chave, amplamente divulgada, inaugurando uma via alternativa onde transitam diferentes grupos sociais e de interesse como, por exemplo, profissionais do setor público e privado, políticos, ecologistas, economistas, agências financeiras multilaterais, grandes empresas, etc. (BECKER, 1997).

MAIMON (1996) aponta que o desenvolvimento sustentável busca “simultaneamente” a eficiência econômica, a justiça social e a harmonia ambiental.

Na prática, significa um processo de mudança, onde a utilização dos recursos, a orientação dos investimentos, os rumos do desenvolvimento ecológico e a mudança organizacional devem levar em conta as necessidades das gerações atuais e futuras (PEREIRA, 1999).

Os estilos de desenvolvimento estão sustentados por políticas de Estado que, por sua vez, respaldam padrões de articulação muito determinados dos diversos segmentos sociais e econômicos com os recursos disponíveis na natureza.

De uma tal perspectiva, podemos conceber o desenvolvimento sustentável como uma proposta que tem em seu horizonte uma modernidade ética, e não apenas uma modernidade técnica (BUARQUE, 1994), pois a proposta do desenvolvimento sustentável implica incorporar o compromisso com a perenização da vida ao horizonte da intervenção transformadora da necessidade.

De acordo com o documento Nossa Própria Agenda da COMISSÃO DE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE DA AMÉRICA LATINA E CARIBE (1990), o desenvolvimento sustentável estaria articulado a quatro principais vetores de evolução:

- fortalecimento da capacidade de pesquisa;

- estabelecimento de mecanismos para monitoramento do estado do meio ambiente e do progresso em relação à sustentabilidade;
- melhoria do acesso público às informações disponíveis sobre o meio ambiente;
- confirmação da efetiva transferência de novos conhecimentos sobre o meio ambiente para o sistema educacional e de treinamento.

A incorporação dos processos ambientais é necessária em função dos recursos naturais constituírem condições para a produção de valores econômicos. Novos princípios valorativos devem, então, serem integrados à teoria do desenvolvimento sustentável para orientar os processos econômicos e tecnológicos. Estes princípios, segundo LEFF (1994) são:

- a) preservação da biodiversidade e da pluralidade cultural;
- b) a conservação e potencialização da base ecológica do sistema natural como condição para um desenvolvimento sustentável;
- c) a valorização do patrimônio cultural, bem como dos processos ecológicos de longo prazo, objetivando também satisfazer às gerações futuras;
- d) a abertura de espaços de criatividade que possibilitem multiplicar as experiências e a busca permanente de alternativas para o desenvolvimento sustentável;
- e) o atendimento às necessidades básicas e a elevação da qualidade de vida da população mediante o melhoramento da qualidade ambiental;
- f) a prevenção de catástrofes naturais e antrópicas, geradas a partir da degradação ambiental;
- g) a percepção da realidade a partir de uma perspectiva global e interdependente, que permita compreender a complexidade dos problemas ambientais e a trabalhar com o manejo integrado e sustentado dos recursos;
- h) o acesso e a apropriação social da natureza, com uma distribuição equitativa e justa, através da gestão participativa e democrática dos recursos;

- i) o direito das comunidades e nações a desenvolverem-se a partir de seus valores históricos e culturais;
- j) o desenvolvimento de tecnologias limpas, ecológica e culturalmente apropriadas;
- k) o fortalecimento da capacidade de autogestão das comunidades e da autodeterminação tecnológica dos povos e nações;
- l) a participação da sociedade na tomada de decisões que afetam as suas condições de existência e os seus estilos de desenvolvimento; e
- m) a valoração dos aspectos qualitativos do desenvolvimento humano, mais que dos quantitativos do crescimento econômico.

Com as inúmeras definições de desenvolvimento sustentável e tratando-se de um conceito novo, pouco se aprendeu sobre como promovê-lo e, particularmente, como induzi-lo em nível de planejamento nacional, regional ou local.

O desenvolvimento sustentável em rodovias transforma-se gradativamente em uma categoria-chave buscando melhorar e manter a capacidade de uso da rede rodoviária de maneira sustentável com a idéia de integração sistêmica entre a exploração dos recursos naturais e maior qualidade de vida de seus usuários e da população lindeira.

Para MORENO (2000), a execução de um desenvolvimento sustentável para malhas rodoviárias no Brasil não acontece de forma eficiente pela falta de gestores que não tem uma visão global da política ambiental nos níveis federal, estadual e municipal, como também não conhecem os instrumentos legais do meio ambiente responsáveis para que o parâmetro ambiental seja estratégico, nos níveis de planejamento, implantação e operação de um projeto rodoviário.

Sustentabilidade não diz respeito, apenas, à preservação ou à conservação de recursos naturais limitados e não renováveis (FRANCO, 2000), é o resultado de um padrão de organização de um sistema, com uma abordagem integrada do planejamento e do gerenciamento do uso da terra, permitindo uma maior agregação em torno de um projeto de desenvolvimento.

É possível supor que comunidades humanas que apresentam características correspondentes tenham mais chances de ser sustentáveis, quer dizer, sejam comunidades que podem satisfazer suas aspirações e suas necessidades sem diminuir as chances das gerações futuras tê-las também.

Segundo GOODLAND (1989) “desenvolvimento sustentável é o padrão das transformações econômicas, sociais e estruturais, através do melhoramento qualitativo do equilíbrio relativo do meio ambiente”.

No Brasil, nos últimos anos, houve um grande esforço de técnicos rodoviários nos Departamentos Estaduais Rodoviários (DERs) e no Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Porém, a falta de efetiva base institucional destinada à gestão do parâmetro ambiental em projetos rodoviários, não tem obtido os resultados esperados. A falta de uma estrutura de apoio, de equipes interdisciplinares e de orçamentos, além da falta de uma política rodoviária global, estratégica e sinérgica vem contribuindo para que diversas obras não tenham sustentabilidade ambiental a longo prazo (MORENO, 2000).

Hoje, planejar, construir e conservar uma rodovia significa ter uma cultura técnica interdisciplinar. Neste contexto, torna-se imprescindível a participação de comunidades e instituições em nível regional e local, com o propósito de possibilitar a intervenção desses grupos em decisões apontando a melhor forma de obter uma imagem precisa do meio ambiente da região, bem como a melhor forma de proteção das mesmas.

Com base no desenvolvimento sustentável, há alternativas de desenvolvimento que poderiam contribuir muito para reverter todo um conjunto de fatores que incidem no surgimento do passivo ambiental em malhas rodoviárias. Dentre elas destacam-se:

- ✓ Planejar e gerenciar o uso do espaço em áreas de influência direta para garantir a proteção do meio ambiente, Estabelecendo regras que disciplinem a ocupação do solo e a elaboração de planos diretores;
- ✓ Regular o uso e a ocupação do solo por meio de métodos e técnicas de planejamento ambiental, incluindo as diversas formas de zoneamento, a articulação e o gerenciamento de unidades especiais de importância para a biodiversidade e para a conservação dos recursos naturais, tais como corredores ecológicos, unidades

de conservação, ecossistemas terrestres, costeiros e marítimos e as bacias hidrográficas;

- ✓ Desenvolver e estimular procedimentos voltados ao manejo e à proteção da biodiversidade;
- ✓ Estabelecer políticas de controle da qualidade ambiental tendo em vista a proteção e o disciplinamento do uso dos recursos naturais. A implementação dessa estratégia implicará no desenvolvimento de atividades de monitoramento e fiscalização e a adoção de ações de comando e controle;
- ✓ Garantir a plena participação da sociedade civil no processo para a emissão de licenças embasadas na legislação e em critérios técnicos;
- ✓ Recuperar áreas degradadas;
- ✓ Multiplicar e disseminar experiências bem-sucedidas de regulamentação de uso do fogo no meio rural;
- ✓ Estimular a adoção de práticas de manejo do solo (como terraceamento, irrigação, drenagem, entre outras), que em conjunto, satisfaçam o controle da erosão. Quanto ao terraceamento agrícola, adotar práticas de manejo do solo na faixa entre terraços que, em conjunto satisfaçam os três princípios básicos de controle da erosão, como por exemplo: evitar o impacto da chuva, dificultar o escoamento superficial e facilitar a infiltração de água no corpo do solo;
- ✓ Desenvolver ações integradas contra o desmatamento, extração ilegal de madeira, controle de queimadas e incêndios florestais;
- ✓ Planejar a implantação de obras rodoviárias de grande tráfego;
- ✓ Implantar planos capazes de minimizar as ocorrências de acidentes e desastres no perímetro urbano de rodovias, especialmente nos aspectos relativos a segurança em áreas potenciais de risco;

- ✓ Implantar programas de controle da emissão de ruídos e poluição do ar por veículos, estabelecendo padrões máximos de emissão, em rodovias de tráfego intenso;

Portanto o desenvolvimento sustentável não consiste na escolha entre crescimento e qualidade do ambiente, mas sim em tentar conciliar (apesar das dificuldades) objetivos sócio-econômicos e ambientais, mediante a redefinição de padrões de uso de recursos e das finalidades do crescimento.

O papel da infra-estrutura na promoção do desenvolvimento sustentável é o de prover bens e serviços essenciais à melhoria da qualidade de vida da população. Da mesma forma, desenvolver mecanismos que integrem as estratégias de planejamento no setor dos transportes, com vistas a racionalizar os custos econômicos e ambientais, e ainda traçar diretrizes, ambientalmente saudáveis, para o transporte rodoviário, dando prioridade para a integração entre transporte e uso do solo, para a utilização de tecnologias menos poluentes e a adoção de níveis racionais de consumo de energia.

A introdução de Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal nº 6.938/81 e regulamento no Decreto nº 88.351/83), à semelhança do que já ocorria em países como EUA, Canadá, França, e outros, sobretudo a partir do início de 1970, criou a obrigatoriedade da realização de estudos prévios que servem para subsidiar as decisões de licenciamento ambiental de atividades modificadoras do meio ambiente (BITAR et al., 1995).

Empreendimentos rodoviários alteram os processos ambientais, as propriedades ou as características físicas, químicas e biológicas de seu meio, ou interferem em usos preexistentes de um determinado ambiente.

Para garantir atendimento eficaz aos requisitos ambientais, um empreendimento rodoviário deve ser gerido segundo um sistema estruturado que considere, integre e articule todos os elementos ambientais, em todas as atividades e operações técnicas. Assim a implementação de qualquer empreendimento rodoviário passa a depender de autorização do órgão público competente, mediante apresentação e aprovação de Estudo de Impacto Ambiental – EIA e do respectivo Relatório de Impacto Ambiental – RIMA.

A Lei Federal nº 6.938 de 1981, somente foi regulamentada em janeiro de 1986, quando foram baixadas as primeiras orientações e detalhes para a realização e aplicação dos EIA, através da Resolução 01/86 do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente.

A Resolução 001/86 do CONAMA considera 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: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e

econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais.

Para outros autores, o impacto ambiental pode ser entendido como parte de uma relação de causa e efeito. Do ponto de vista analítico, o impacto ambiental pode significar a diferença entre as condições ambientais que existiam antes da implantação de um projeto proposto e as condições ambientais que existiriam com essa ação (DIEFFY, 1975).

Pode ser também qualquer alteração no sistema ambiental físico, químico, biológico, cultural e sócio-econômico que possa ser atribuída a atividades humanas relativas às alternativas em estudo de um projeto (CANTER, 1977).

O EIA constitui uma exigência legal e, como tal, é um elemento de gerenciamento. Buscando-se o aperfeiçoamento da prática e dos desempenhos ambientais, hoje, debatem-se a efetividade e as formas de garantir o atendimento a estas exigências.

Os sistemas viários em geral e as rodovias em particular constituem uma categoria de empreendimentos de grande porte que, alteram, profundamente o desenvolvimento e o ordenamento territorial; interferem na qualidade ambiental não só na fase de construção da rodovia, mas também durante o período de operação; exigem investimentos de grande monta, geralmente financiados com recursos externos; servem para possibilitar o fluxo de bens e pessoas, influenciando atividades econômicas e sociais; geram empregos e renda durante a construção, a operação e sua manutenção.

Todas as fases de uma obra rodoviária apresentam impactos ambientais que nem sempre são percebidos pelos técnicos envolvidos nos respectivos trabalhos. Os impactos poderão ocorrer mesmo antes do início do próprio projeto (especulação imobiliária, por exemplo) ou depois da rodovia entregue ao tráfego (rodovia em perímetro urbano – excessos de velocidade, ruído, etc.). Daí a importância que se deve ser dada em cada fase, fazendo um diagnóstico do que pode ocorrer com o meio ambiente em função do elevado número de passivos ambientais que surgem nas rodovias.

A construção de rodovias influencia no ordenamento territorial, quer dizer o setor rodoviário influencia, direciona e faz acontecer quando, pela lógica, deveria ser diferente. Essa disfunção, em geral, cria sérios problemas sociais, econômicos e ambientais.

Em empreendimentos rodoviários segundo DNER (1996a), os impactos dividem-se em três segmentos:

- (a) impactos dos planos, programas e estudos, onde deve-se destacar as características preventivas, principalmente do ponto de vista da área de influência indireta da intervenção/empreendimento;
- (b) impacto das obras propriamente ditas, onde destacam-se os impactos gerados nas fases de projeto de engenharia, construção, conservação e restauração e que afetam diretamente a área de influência direta;
- (c) impactos da operação, onde destacam-se a poluição do ar, os ruídos e vibrações, acidentes, etc.

Os impactos ambientais, contudo, podem ser positivos ou negativos. À medida que os impactos negativos podem inviabilizar economicamente uma região, é obrigação humana preservar o meio ambiente potencializando os impactos positivos e minimizando os impactos negativos.

### 3.1. IMPACTOS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS

Consideram-se como impactos as reações da natureza perante a introdução de elementos estranhos ao ecossistema considerado, resultando em modificações na estrutura do ambiente preexistente. Introduziu-se a qualificação “significativo” (Impactos Ambientais Significativos – IAS) para transparecer o juízo de valor em relação a outros impactos que poderiam ser denominados exclusivamente como “efeitos” (DNER, 1996a).

A maior parte dos impactos nas fases de recuperação e de conservação, concentram-se no corpo estradal, na faixa de domínio, em região lindeira e microbacias de drenagem até 1,5 a 2,0 km de afastamento do eixo. Os impactos ambientais ocorrentes na área de influência indireta são irreversíveis ou de mitigação onerosa.

Entende-se por corpo estradal de uma rodovia em operação, a reunião dos seguintes elementos: pistas de rolamento; acostamentos; sistemas de drenagem superficial e profunda; obras de arte especiais; dispositivos de segurança; sinalização; postos de

policciamento; acessos a postos de serviço e propriedades particulares; e eventualmente, suas laterais. A área *non aedificandi* é limitada pelo off-set de terraplenagem até o limite de cerca da faixa de domínio que possui sua extensão em função da classe da rodovia.

São listados, a seguir, os principais impactos ambientais significativos para as fases de restauração e de conservação associados a suas prováveis causas e respectivas recomendações e/ou medidas mitigadoras. Como não é objetivo da presente dissertação um estudo do impacto ambiental, tendo em vista somente a caracterização do passivo, é apresentada apenas uma referência.

### **3.1.1. Impactos de Restauração**

A restauração representa o saneamento de impactos negativos, decorrentes de falhas ocorridas nas fases de planejamento, projeto e construção. Para que tais impactos sejam mitigados, torna-se necessário (BELLIA e BIDONE, 1993):

- estudo do projeto de implantação e, se houver, do Relatório final de conclusão de obra e de restaurações anteriores;
- estudos de tráfego;
- confecção de cadastro detalhado do segmento, para perfeito conhecimento da situação atual;
- estudo das alterações do uso do solo nas bacias e microbacias atingidas pela rodovia;
- análise da evolução e tendências da ocupação antrópica.

O cadastro deverá indicar os problemas observados no segmento, analisando principalmente os seguintes tópicos:

- rede de drenagem;
- obras de arte correntes;
- implantação de outras obras interferentes à rodovia;

- áreas exploradas para obtenção de material de construção;
- interferências urbanas e em áreas a serem protegidas;
- pontos negros na rodovia em relação a segmentos onde há um elevado número de acidentes.

Em resumo, o projeto de restauração, deverá verificar a existência de fatores que, devido à falta de cuidados ambientais desde a concepção do projeto, atualmente produzem impactos negativos (passivo ambiental), entre os quais se destacam:

- erosões, assoreamentos, inundações, etc.;
- potencialização de endemias e proliferação de vetores nocivos;
- dificuldade ou impossibilidade de continuidade de exploração em pedreiras;
- conflitos em áreas urbanas com áreas a serem protegidas;
- os efeitos dos impactos sobre os usuários da via.

Uma relação dos Impactos Significativos de Restauração foi proposta por BELLIA e BIDONE (1993), com menção de causas prováveis e recomendações mitigadoras (Tabela 3.1.).

**TABELA 3.1 - IMPACTOS SIGNIFICATIVOS – RESTAURAÇÃO (BELLIA E BIDONE, 1993).**

IAS	CAUSAS PROVÁVEIS E/OU SINÉRGICAS	RECOMENDAÇÕES E/OU MEDIDAS MITIGADORAS
<p>1. Erosões, assoreamentos, inundações e represamentos; 2. Potencialização de endemias e proliferação de vetores; 3. Pedreiras mal exploradas com difícil, mas possível continuidade exploratória; 4. Pedreiras com impossível continuidade de exploração.</p>	<p>1. Falhas nos projetos de drenagem e OAC e/ou na implantação das obras previstas; 2. Alteração no uso do solo nas bacias de contribuição; 3. Implantação de obras que atuem sinergicamente na rodovia; 4. Caminhos de serviço abandonados; 5. Falta de recuperação ambiental de áreas exploradas para obtenção de materiais para construção; 6. Criação de “piscinas” em áreas exploradas.</p>	<p>1. Cadastro detalhado de todo segmento, apontando os problemas, confrontação com o projeto original, detecção e correção de falhas; 2. Verificação, se possível, da vegetação existente nas bacias de contribuição na época de confecção do projeto original. Confrontar com o uso atual do solo, no caso de se registrarem modificações, redimensionar as redes de drenagem e OAC; 3. Realização de projetos adequando a rodovia a obras implantadas ou vice-versa; 4. Verificar a possibilidade de aproveitamento de antigos caminhos de serviço nas obras de restauração; caso negativo, prever sua eliminação e correção dos danos causados; 5. Localizar as antigas caixas de empréstimo e jazidas. Verificar seu potencial para uso atual e caso esgotado, projetar sua recuperação ambiental e drenagem; 6. Elaborar projeto com alto grau de detalhamento, que propicie a continuidade exploratória em antigas pedreiras, evitando-se, assim, agressões ambientais em novas áreas. Citar nas Especificações das Obras que não será permitido explorar outra área; 7. Caso seja necessário explorar novas pedreiras, fazer projeto detalhando, como se dará a exploração. Criar especificações enfatizando a obrigatoriedade de atendimento ao projeto.</p>
<p>5. Conflitos em interfaces com áreas a serem protegidas.</p>	<p>1. Escolha de diretriz e de traçado em áreas de conflitos sociais e/ou “stress” ambiental, na confecção do projeto original.</p>	<p>1. Reestudar o traçado, objetivando execução de variantes que evitem áreas conflitantes. Caso não seja viável, relacionar os IAS decorrentes e respectivas ações visando mitigação.</p>
<p>6. Conflitos em áreas urbanas.</p>	<p>1. Crescimento da mancha urbana ao redor da rodovia; 2. Surgimento de aglomerações urbanas lindeiras à rodovia.</p>	<p>1. Estudo de alternativas de traçado visando contorno de áreas urbanas. Caso inviável, projetar dispositivos de controle de velocidade; acessos com controle rígido de tráfego; barreiras para impedir/reduzir as interfaces veículos/pedestres e tráfego rodoviário/urbano.</p>
<p>7. Surgimento de pontos negros.</p>	<p>1. Crescimento do tráfego além do previsto pelo projeto original; 2. Intensificação de ocupação rural, criando acessos não regulares à rodovia (acessos a sítios e/ou fazendas); 3. Criação de postos de serviços.</p>	<p>1. Redimensionar trevos e interseções existentes, projetando o atual volume de tráfego para o futuro; 2. Cadastrar todos os acessos não regulamentados a rodovia, projetar novos acessos. Se possível, criar vias coletoras laterais, reduzindo o número de interferências à rodovia; 3. Padronizar acessos a postos de serviço.</p>

### 3.1.2. Impactos de Conservação

As atividades na fase de conservação de rodovias são concentradas no controle de erosões, da vegetação que toma taludes e invade estradas, na manutenção do pavimento e das obras de drenagem, e nos problemas causados pelas quedas de pedra e escorregamentos que atingem a pista de rolamento. BELLIA E BIDONE (1993) descrevem os Impactos Significativos de Conservação (Tabela 3.2):

**TABELA 3.2 - IMPACTOS SIGNIFICATIVOS – CONSERVAÇÃO (BELLIA E BIDONE, 1993)**

IAS	CAUSAS PROVÁVEIS E/OU SINÉRGICAS	RECOMENDAÇÕES E/OU MEDIDAS MITIGADORAS
1. Degradação de uso do solo.	1. Exploração de ocorrências de material de construção; 2. Abandono de áreas usadas em instalações provisórias; 3. Disposição inadequada de bota-fora de materiais removidos; 4. Falta de limpeza das áreas exploradas e/ou utilizadas em instalações; 5. Uso de agrotóxicos para controle da vegetação dos taludes.	1. Recuperar o uso do solo original das áreas, objeto da exploração; 2. Usar agrotóxicos controlados por técnicos especializados; 3. Avaliar a reciclagem dos materiais removidos ou especificar sua disposição final.
2. Incêndios; 3. Rompimento de sistemas de drenagem; 4. Erosões e assoreamentos.	1. Acúmulo de lixo e de restos de vegetação; 2. Uso da queimada para eliminar a vegetação dos taludes; 3. entupimento e/ou redução da capacidade de vazão; 4. Instalações e construções em desacordo com as obras da rodovia.	1. Estabelecer sistemas de coleta de lixo e de restos de vegetação para disposição em lixeiras (aterros sanitários) e/ou incineração controlada; 2. Manutenção e limpeza permanente dos dispositivos de drenagem; 3. Controlar a interface rodovia x instalações em terrenos que possam prejudicar o funcionamento da drenagem.
5. Poluição da água superficial e subterrânea.	1. Uso descontrolado de agrotóxicos; 2. disposição de lixo, graxas e óleos, e de materiais removidos para locais de forma inadequada.	1. Utilização de agrotóxicos seletivos, controlados por técnicos especializados; 2. Estabelecer critérios de filtragem e recuperação de graxas e óleos; 3. Estabelecer normas, critérios e especificações para disposição de bota-fora.
6. Ruídos e vibrações.	1. Operação de máquinas e equipamentos;	1. Estabelecer horários diurnos para operação; 2. Instalar usinas, pedreiras etc. em locais afastados de aglomerações habitacionais e de equipamentos urbanos (escolas, hospitais,...).
7. Poluição do ar.	1. Poeira oriunda da operação de máquinas e equipamentos e da exploração de materiais de construção; 2. Fumaça oriunda de usinas, asfalto e outras.	1. Utilizar filtros de poeira em britadores; 2. Aspergir água nos trechos poeirentos; 3. Manter as usinas reguladas e buscar instalações longe de zonas urbanizadas.

Continuação da Tabela 3.2:

IAS	CAUSAS PROVÁVEIS E/OU SINÉRGICAS	RECOMENDAÇÕES E/OU MEDIDAS MITIGADORAS
8. Escorregamentos quedas de pedras.	1. Projeto deficiente e/ou construção incompleta; 2. Desmatamentos excessivos e/ou incêndios nas matas de proteção; 3. Ocupação desordenada das encostas em torno da rodovia; 4. Deficiência na conservação (falta de limpeza dos dispositivos de drenagem, por exemplo).	1. Qualificação do projeto e construção de obras de contenção; 2. Reflorestar e proteger contra incêndios (construção de aceiros de proteção); 3. Impedir a ocupação desordenada da área de influência direta; 4. Limpeza permanente da faixa de domínio.
9. Proliferação de vetores indesejáveis (ratos, répteis, mosquitos etc.).	1. Deficiência na limpeza da faixa de domínio; 2. Uso de empréstimos como depósitos de lixo urbano; 3. Caixas de empréstimo e outras áreas exploradas sem drenagem.	1. Limpeza permanente da faixa de domínio; 2. Impedir os depósitos de lixo na área de influência direta da rodovia; 3. Recuperar o uso original das áreas exploradas.

Quando possível, as atividades voltadas à conservação devem ser preventivas. Assim, as recomendações de BELLIA E BIDONE (1993) seriam:

- (a) impedimento ou, se possível, proibição de desmatamentos a montante da rodovia;
- (b) reflorestamentos das áreas desmatadas a montante e a jusante da rodovia;
- (c) controle de incêndio nas matas que protegem o corpo estradal;
- (d) colocação de telas de arame (alambrados) sobre taludes sujeitos à queda de pedras pequenas (até matacões);
- (e) construção de barreiras (em concreto ou aço) que impeçam o movimento de blocos de rocha soltos para a pista de rolamento;
- (f) construção de muros de arrimo e cortinas atirantadas, quando viáveis;
- (g) verificação, com frequência, de todo sistema de drenagem, para mantê-lo limpo e sem entulhos.

A degradação ambiental, causada pela construção de rodovias, gerou muitos impactos causados pela abertura de rodovias, como: desmatamentos desordenados; passagens por manguezais, por dunas e por reservas indígenas; jazidas abandonadas e pedreiras sem

qualquer recuperação; bota-foras em locais indevidos ou sem qualquer tratamento posterior; além de instalações inadequadas de canteiros de obras.

Por outro lado, as cargas tóxicas transportadas sem controle e sem segurança, põem em risco os usuários das rodovias e a comunidade em geral, deixando os técnicos e dirigentes de órgãos ambientais e rodoviários sob constante alerta.

Para estabelecer ações visando a mitigação dos impactos, a recuperação e a conservação do meio ambiente atingido pelas obras rodoviárias, vistorias nas rodovias devem ser feitas para identificar pontos de interesse ambiental a serem melhorados, por exemplo, taludes com ocorrências de erosão, maciços instáveis, jazidas e pedreiras mal recuperadas, sinalização viva fora das exigências de tráfego seguro, impactos ambientais que ocorreram devido à operação da rodovia (passivo ambiental), etc.

As soluções para os impactos de restauração e de conservação rodoviárias integra as preocupações ambientais, relacionam-se à verificação do cumprimento das normas e diretrizes ambientais estabelecidas para a execução de obras rodoviárias.

O passivo ambiental de rodovias engloba desde erosões, quedas de talude e assoreamentos que atingem áreas lindeiras das estradas, até a interferência danosa entre as rodovias em áreas urbanas e rurais, com inúmeros acidentes envolvendo perdas materiais e humanas, que tanto contribuem para a redução da qualidade de vida dos envolvidos.

Para conceituar passivo ambiental de rodovias, foi necessário, em primeiro lugar, registrar que os impactos ambientais necessariamente são externalidades, ou seja, são efeitos sofridos por terceiros (meios físico-químico, biótico e/ou antrópico), não diretamente envolvidos no empreendimento humano em questão (DNER, 1996b).

O passivo ambiental é derivado não apenas da falta de qualidade na construção (não recuperação de áreas degradadas pelas obras, projetos incompletos, etc.), mas também, da deficiência da conservação rodoviária, da ação dos agentes meteorológicos e de sinergias entre a estrada e seus componentes com o uso da terra. Em geral, as interferências urbanas e rurais derivam desta sinergia, à medida que a simples presença da estrada atrai a ocupação urbana de suas margens, tanto em função da maior facilidade de deslocamento, como das oportunidades de negócio que são oferecidas (DNER, 1996b).

Como consequência, o passivo ambiental apresentado se limita e é constituído por externalidades geradas pela existência da rodovia sobre terceiros e por externalidades geradas por terceiros sobre a rodovia (embora os últimos sejam passivos gerados por terceiros, nem sempre eles podem ser identificados ou responsabilizados, obrigando o órgão rodoviário a assumir tais passivos, em defesa da estrada e/ou de seus usuários).

Como exemplos de externalidades que constituem o passivo ambiental de rodovias são citadas no Manual rodoviário de conservação, monitoramento e controle ambientais do DNER (1996b, p. 43):

- a) externalidades geradas pela rodovia, agindo sobre terceiros: uma caixa de empréstimo que, após o término das atividades exploratórias, não foi beneficiada por serviços de recuperação da área. Neste caso, o surgimento de erosões e conseqüentes assoreamentos poderão prejudicar, além do corpo estradal, propriedades lindeiras (perda de pastagens e áreas agricultáveis);
- b) externalidades geradas por atividades de terceiros interferindo negativamente na rodovia: a implantação de loteamentos marginais, cujas obras de terraplenagem, quase sempre executadas sem o controle técnico necessário, causam assoreamento na pista de rolamento e no sistema de drenagem.

Estudos do DNER (1996b) constataram que no Brasil as preocupações maiores de órgãos e movimentos ambientalistas estavam centradas até pouco tempo na prevenção contra os impactos ambientais oriundos de projetos, construções e operação de novas rodovias. Contudo, as questões relativas à conservação e à recuperação de malhas viárias ocupam, hoje, uma significativa parcela dos investimentos. Com isso, observou-se que essas rodovias ocupam um elevado passivo ambiental, inclusive, rodovias construídas mais recentemente, já sob as condições estabelecidas nos Estudos de Impacto Ambiental (EIA's) e nos Projetos de Controle Ambiental (PCA's).

Em horizontes de dez, quinze ou vinte anos, como os que são utilizados pela análise benefício/custo para transportes, algumas externalidades podem não ser significativas, quebrando-se o encadeamento com o desenvolvimento sustentável. Com efeito, conforme GLIGO (1986) adverte: "Os ecossistemas tem uma capacidade limitada de sustentação que, se superada, contribui com a deterioração deles mesmos". O desenvolvimento tende aos limites da capacidade de sustentação. Este conceito interessa como variável na interpretação do desenvolvimento econômico e social, sobretudo em relação ao tempo que se demora para chegar ao limite ou superá-lo.

As obras de infra-estrutura rodoviária, em especial as estradas de rodagem com duas faixas de rolamento, objeto principal deste estudo, tem características peculiares sob o aspecto ambiental. Por ser uma infra-estrutura fundamental como indutora do desenvolvimento econômico, é também indutora de modificações ambientais significativas. Seus efeitos sobre o meio ambiente podem provocar um elevado acúmulo de passivo ambiental.

O Manual Rodoviário de Conservação, Monitoramento e Controle Ambientais (DNER, 1996b) apresenta um método para priorização de intervenções, onde estão classificados os passivos ambientais, que incluem seu cadastro (Tabelas 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4):

- Identificação de problemas ambientais decorrentes da implantação da rodovia (erosões, assoreamentos, voçorocas, inundações, deslizamentos, etc), que interfiram ou tenham potencial para interferir não só no corpo estradal, mas também, em áreas e/ou comunidades lindeiras a faixa de domínio.

**TABELA 4.1 – MODELO DE CADASTRO DE PROBLEMAS AMBIENTAIS DE IMPLANTAÇÃO (DNER, 1996b)**

Grupo I - Faixa de Domínio e Áreas Adjacentes									
Discriminação	Classificação do Problema	Localização (Km)	Lado	Montante / Jusante	Material Predominante	Cobertura Vegetal	Presença de Água?	Gravidade	
								Faixa	Externa

- Identificação de antigas áreas de uso (acampamentos, usinas, pedreiras, jazidas, empréstimos, bota-foras, etc.). Verificação da possibilidade de continuidade exploratória e que interfiram ou tenham potencial de interferência na rodovia e/ou comunidades lindeiras.

**TABELA 4.2 – MODELO DE CADASTRO DE PROBLEMAS AMBIENTAIS EM ÁREAS EXPLORADAS (DNER, 1996b)**

Grupo II – Áreas Exploradas (Pedreiras, Areais, Jazidas, Empréstimos) e Bota-Foras									
Discriminação	Classificação do Problema	Localização (Km)	Lado	Distância do Eixo (m)	Material Explorado	Cobertura Vegetal	Empoçamento de Água?	Gravidade	
								Faixa	Externa

- Identificação de problemas ambientais decorrentes de atividades de terceiros (p. ex. lavouras, indústrias) que interfiram ou com potencial de interferência no corpo estradal e/ou faixa de domínio da rodovia.

**TABELA 4.3 - MODELO DE CADASTRO DE PROBLEMAS AMBIENTAIS  
DECORRENTES DE AÇÕES DE TERCEIROS (DNER, 1996b)**

<b>Grupo III – Problemas Decorrentes de Ações de Terceiros</b>									
Discriminação	Classificação do Problema	Localização (Km)	Lado	Distância do Eixo (m)	Material Explorado	Cobertura Vegetal	Empoçamento de Água?	Gravidade	
								Faixa	Externa

- Identificação das interferências com aglomerações urbanas. Verificação da existência de dispositivos para redução de velocidade, travessias de pedestres, ruas laterais, ruas transversais, etc.

**TABELA 4.4 - MODELO DE CADASTRO DE PROBLEMAS AMBIENTAIS  
DECORRENTES DE AGLOMERAÇÕES URBANAS (DNER, 1996b)**

<b>Grupo IV – Interferência com Aglomerações Urbanas e/ou Equipamentos Urbanos</b>									
Localidade	Localiz. (km)	Lado	Extensão (m)	Ruas Laterais?	Ruas Transversais?	Gravidade da Situação	Dispositivo p/ Travessia de Pedestre?	Segmento Crítico?	Dispositivo p/ Redução de Velocidade?

De modo a dirigir a execução para o conjunto que represente maior ganho ambiental possível em toda malha viária, o Método (DNER, 1996b) caracteriza os trechos rodoviários homogêneos que compõe a malha, em função dos seguintes parâmetros:

- características operacionais da rodovia;
- características ambientais da rodovia e seu entorno;
- indicadores sócio-econômicos.

A caracterização da rodovia pode ser feita através do preenchimento da Tabela 4.5:

**TABELA 4.5: CARACTERIZAÇÃO DA RODOVIA PELO MÉTODO (DNER, 1996b)****LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS PARA CARACTERIZAÇÃO DA RODOVIA**

Ficha : \_\_\_\_\_  
 Rodovia: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_ Residência: \_\_\_\_\_  
 Trecho : \_\_\_\_\_  
 Extensão: \_\_\_\_\_

**Condição geral da Via / Pista e acostamento**

Péssimo  Regular  Bom

**Sistema de Drenagem**

Suficiente  Insuficiente

Bem conservado  Mal conservado

Volume de tráfego \_\_\_\_\_ veículos / dia

Interesse estratégico	Sim	<input type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>
Interesse sócio-econômico	Sim	<input type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>
Risco de dano ambiental	Sim	<input type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>

**Cobertura vegetal**

Densa  Esparsa  Nula

Adequada  Sim  Não

**Solo / Taludes**

Estável  Médio  Instável

Precipitação \_\_\_\_\_ mm /ano  
 Estiagem Prolongada  
 sim  não

A obtenção do índice de prioridade (IP) no Método (DNER, 1996b), permite definir a prioridade das intervenções corretivas/preventivas, para cada segmento rodoviário, pela interação dos termos de caracterização da rodovia, com a utilização das Tabelas 4.6 a 4.13, que permitirão acesso a Tabela 4.14, determinadora da prioridade, em função de dois índices principais, a saber:

**(a) Determinação do índice técnico (IT)**

O índice técnico (IT) é o resultado da interação dos parâmetros de caracterização da rodovia com a utilização das tabelas 4.6, 4.7, 4.8 e 4.9.

Com o uso da tabela 4.6 é obtido o índice “V”, para as condições gerais da pista e acostamento. Este índice então, é associado aos parâmetros referentes ao sistema de drenagem com a utilização da Tabela 4.7, permitindo a determinação do descritor para estado de conservação da rodovia.

A determinação do IT é realizada então em duas etapas. Primeiramente, com o uso da Tabela 4.8, é efetuada a interação entre o descritor de estado de conservação da rodovia e o volume de tráfego do segmento, determinando o índice técnico preliminar.

Com o auxílio da Tabela 4.9 deve-se adicionar a este valor preliminar as bonificações previstas que se façam necessárias para os aspectos de interesse da rodovia, em relação a: fatores estratégicos; interesse sócio econômico e risco potencial de dano ambiental.

No final deste procedimento é obtido o IT, que será utilizado para a determinação do IP.

**TABELA 4.6 – CONDIÇÕES GERAIS DA VIA/PISTA E ACOSTAMENTO  
(DNER, 1996b)**

<b>Condições Gerais da Via / Pista e Acostamento</b>	
<b>V1</b>	Péssimo
<b>V2</b>	Regular
<b>V3</b>	Bom

TABELA 4.7 - ESTADO DE CONSERVAÇÃO (DNER, 1996b)

CONDIÇÕES GERAIS DA VIA	SISTEMA DE DRENAGEM			
	INSUFICIENTE MAL CONSERVADA	INSUFICIENTE BEM CONSERVADA	SUFICIENTE MAL CONSERVADA	SUFICIENTE BEM CONSERVADA
V1	PÉSSIMO	MAU		REGULAR
V2	MAU	REGULAR		BOM
V3	REGULAR	BOM		ÓTIMO

TABELA 4.8 - ÍNDICE TÉCNICO (DNER, 1996b)

ESTADO DE CONSERVAÇÃO	VOLUME MÉDIO DIÁRIO DE TRÁFEGO				
	< 300	< 700	< 1400	< 3000	> 3000
ÓTIMO	0	1	1	2	2
BOM	1	1	2	2	3
REGULAR	1	2	3	3	4
MAU	2	3	3	4	5
PÉSSIMO	3	3	4	6	6

TABELA 4.9 – ASPECTOS DE INTERESSE DA RODOVIA (DNER, 1996b)

INTERESSE ESTRATÉGICO	+1
INTERESSE SÓCIO-ECONÔMICO	+1
RISCO DE DANO AMBIENTAL	+1

**(b) Determinação do índice de risco (IR)**

O índice de risco (IR) é o resultado da interação dos parâmetros de caracterização física e biológica para cada segmento homogêneo considerado, com a utilização das Tabelas 4.10, 4.11 e 4.12. Com o uso da Tabela 4.10 e efetuada a interação entre os parâmetros referentes à cobertura vegetal e tipo/estado do solo/taludes, determina-se o índice “G”, descritor para o risco geoambiental.

Através da Tabela 4.11 identifica-se o descritor para o fator climático, função da precipitação registrada para o segmento rodoviário homogêneo considerado. A determinação do IR é efetuada com o auxílio da Tabela 4.12, com a qual é feita a interação entre o índice “G” descritor do fator de risco geoambiental e o fator de risco climático.

No final deste procedimento é obtido o IR, que será usado posteriormente para a determinação do IP.

**TABELA 4.10 – RISCO GEO-AMBIENTAL (DNER, 1996b)**

TIPO / ESTADO DO SOLO	COBERTURA VEGETAL			
	DENSA/ ADEQUADA	DENSA/ INADEQUADA	ESPARSA/ ADEQUADA	ESPARSA/NULA INADEQUADA
ESTÁVEL	G0	G1		G2
MÉDIO	G1	G2		G3
INSTÁVEL	G2	G3		G4

**TABELA 4.11 – RISCO CLIMÁTICO (DNER, 1996b)**

RISCO CLIMÁTICO	
<b>NULO</b>	Precipitação até 1000 mm/ano sem estiagem prolongada
<b>BAIXO</b>	Precipitação até 1000 mm/ano com estiagem prolongada
<b>MÉDIO</b>	Precipitação < 2000 mm/ano
<b>ALTO</b>	Precipitação > 2000 mm/ano

**TABELA 4.12 – ÍNDICE DE RISCO (DNER, 1996b)**

RISCO GEO- AMBIENTAL	RISCO CLIMÁTICO			
	NULO	BAIXO	MÉDIO	ALTO
<b>G0</b>	0	0	1	1
<b>G1</b>	0	1	1	2
<b>G2</b>	1	1	2	3
<b>G3</b>	2	2	3	4
<b>G4</b>	3	3	4	5

A determinação do IP é realizada com o auxílio da Tabela 4.13. É o resultado da convergência dos valores determinados previamente para os índices técnico e de risco. Desta forma, pode-se determinar, para cada segmento homogêneo de rodovia considerado, um índice de priorização para que se possa definir qual o nível de solução recomendado e

que permita a gerência eficiente dos recursos disponíveis e para as intervenções corretivas/preventivas necessárias.

**TABELA 4.13 – ÍNDICE DE PRIORIDADE (DNER, 1996b)**

ÍNDICE TÉCNICO	ÍNDICE DE RISCO					
	0	1	2	3	4	5
≤1	1	1	2	2	3	3
2	1	2	2	3	3	4
3	2	2	3	3	4	4
4	2	3	3	4	4	5
5	3	3	4	4	5	5
6	3	4	4	5	5	6
≥7	3	4	5	6	6	7
Mínimo: • Limpeza • Conservação e manutenção			Melhorias: • Recuperação de áreas degradadas • Melhoria no sistema de drenagem • Melhoria em dispositivos na interface com áreas urbanas			

O índice de prioridade (IP) de cada segmento rodoviário fornece a hierarquização das rodovias que possibilita o gerenciamento de recursos, optando-se pela associação de índices de prioridade com o agrupamento de soluções para cada nível de prioridade. Desta forma, o método propõe a correlação entre índice de prioridade e nível de intervenção proposta (Tabela 4.14).

**TABELA 4.14 – NÍVEL DE INTERVENÇÃO PROPOSTA (DNER, 1996b).**

IP	NÍVEL DE INTERVENÇÃO PROPOSTA ASSOCIADA
≤1 - 2	1
3 - 5	2
6 - ≥ 7	3

Cada solução tipo proposta (DNER, 1996b) está associada ao nível de intervenção, e como resultado disto tem-se uma ordem de grandeza do custo de intervenção que deverá ser despedido para cada segmento:

**Nível 1:** Intervenções com menor custo de implantação, indicadas para baixos índices de prioridade, p. ex.: execução de canaletas de drenagem sem revestimento ou revestidas com

grama; acerto manual de taludes; aplicação de solo/cimento ensacado para obturação de taludes erodidos, pequenas operações de terraplenagem para correção da inclinação de taludes, etc.

**Nível 2:** Intervenções de natureza executiva mais complexa, envolvendo equipamentos de maior porte, equipes humanas com especialização adequada aos serviços, e, em alguns casos, necessitam de matéria prima obedecendo especificações técnicas. Estas soluções são indicadas para Índices de prioridades médios, podendo-se citar como exemplos: canaletas de drenagem revestidas em concreto; acerto de taludes pelo uso de equipamentos de terraplenagem; utilização de gabiões na recuperação de taludes erodidos: confecção de muros de peso; aplicação de drenos sub-horizontais; etc.

**Nível 3:** Encontram-se soluções com o custo de implantação mais elevado entre os três níveis considerados. São indicadas para Índices de prioridade elevados, tendo como exemplos: cortinas atirantadas; muros em concreto armado; terra armada; aplicação de estaca raiz; etc.

Apesar do enfoque essencialmente ambiental o Método (DNER, 1996b) considerou também fatores não exclusivamente ambientais, pois a simples existência da rodovia (como ocorre em qualquer intervenção de atuação antrópica) caracteriza uma situação de não-exclusividade ambiental. A ausência de fatores implicaria em recomendações inadequadas, ao considerar que alguém paga pelos investimentos realizados, e que, de forma geral, o objeto de interesse principal é o empreendimento viário, sendo necessário, portanto, a obtenção do ponto de equilíbrio entre interesses exclusivamente ambientalistas (meio físico, biótico, e ecossistemas naturais) e sócio-econômicos.

O estudo do passivo ambiental permite verificar a frequência e a importância de seu conjunto causa-efeito para recuperação e conservação rodoviária, sempre tendo em mente a segurança, a qualidade vida e a preservação ambiental.

Como ponto comum destes interesses pode-se citar o fator de risco de acidentes, decorrente da existência e da operação da rodovia, que sob o ponto de vista ambiental gera impactos nos meios físico, biótico e antrópico (contaminação de mananciais, incêndios, vítimas humanas e prejuízo material), mas, mesmo assim, são aceitáveis pela sociedade.

#### 4.1. PASSIVO AMBIENTAL GEOTÉCNICO

A caracterização geotécnica é necessária para as medidas emergenciais e corretivas, tendo como objetivo a identificação dos agentes, causas e condicionantes que atuam no processo de movimentação de massas, através da obtenção de dados de superfície.

O principal objetivo da análise do passivo ambiental geotécnico é verificar a segurança de um talude existente e a eventual necessidade de medidas preventivas ou corretivas.

As encostas podem ser naturais (taludes naturais) ou de escavação (taludes artificiais, como aterros e cortes realizados pelo homem). Elas são situadas entre os fundos de vale e os topos ou cristas da superfície, que definem as amplitudes do relevo e seus componentes topográficos. A ação de processos erosivos e ou deposicionais ao longo do tempo, resultam na forma geométrica desta encosta, que pode ser convexa, côncava ou retilínea (GUERRA e CUNHA, 1995).

Talude compreende qualquer superfície que limita uma massa terrosa ou rochosa que possui inclinação ou é vertical. Os taludes podem ser de extensão ilimitada – quando possuem grande extensão e perfis de solo do mesmo tipo – ou limitada – quando possuir uma pequena extensão de solo (DUNN; ANDERSON e KIEFER, 1980).

LOPES (1995) aponta que a encosta pode ser estável ou instável. Uma área é instável se apresenta características físicas não estáveis, ou seja, quando há probabilidade de haver movimentação de massa.

Alguns autores consideram que todas as encostas podem ser instáveis. É o caso de YASSUDA et al. (1988), para quem o talude está em constante evolução, pois suas características mudam continuamente.

##### 4.1.1. Processos erosivos associados a malhas rodoviárias

Alguns projetos de drenagem, principalmente, por não levarem em conta a natureza dos terrenos quanto à suscetibilidade à erosão, por desinteresse pelo investimento em obras complementares ao projeto da estrada, e por falta de manutenção, são as principais causas da grande incidência de erosão (BITAR et al., 1995).

Essas erosões são observadas tanto ao longo da plataforma, nos cortes e aterros, como fora dela, em caixas de empréstimo, áreas de jazidas exploradas, junto aos pés de aterros, e a jusante das obras de transposição (bueiro, pontilhões, pontes...). Comumente, observam-se ravinas e voçorocas de grande porte associadas a estradas, atingindo propriedades rurais adjacentes ao corpo estradal.

GALETI (1979) citado por FENDRICH (1997) define a erosão como um processo que se traduz na desagregação, transporte e deposição do solo, subsolo e rocha em decomposição, pelas águas, ventos ou geleiras.

Para FENDRICH (1997) erosão é a desagregação, transporte e deposição dos materiais dos horizontes superficiais e profundos do solo, provocando o seu rebaixamento.

A erosão inicia o seu trabalho na parte superficial, aprofundando-se até encontrar rocha ou camada consolidada de solo. Os processos erosivos que ocorrem em rodovias presentes neste estudo podem subdividir-se em:

- Taludes de corte => erosão em sulcos, erosão diferenciada, erosão longitudinal em plataforma, ravina, voçoroca e desagregação superficial;
- Taludes de aterro => erosão em sulcos, erosão longitudinal em plataforma, erosão interna (piping), ravina e voçoroca;
- Caixas de empréstimo => erosão em sulcos, erosão diferenciada e ravina;
- Bota-foras => erosão em sulcos, erosão longitudinal em plataforma, erosão interna (piping) e ravina;
- Jazidas => erosão em sulcos, erosão diferenciada, ravina e voçoroca.

Seguem-se sínteses sobre as abordagens aplicadas:

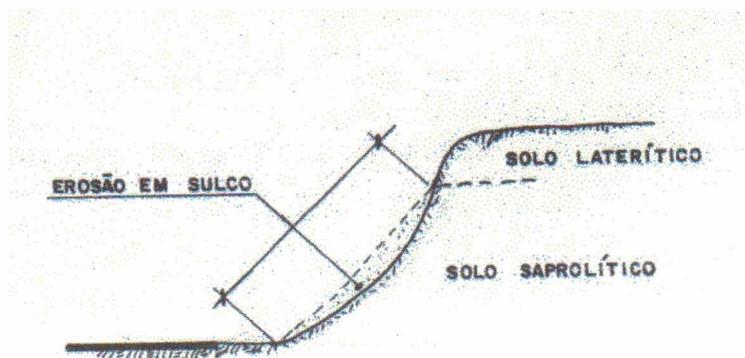
#### 4.1.1.1. Erosão em sulcos

Normalmente este tipo de erosão está presente nos taludes de maior declividade e sem proteção superficial. A erosão em sulcos é formada pelos escoamentos de água superficial, que correspondem a sulcos aproximadamente paralelos.

A erosão em sulco decorre fundamentalmente do tipo de solo, do comprimento e da declividade do talude, da ausência ou não de escoamento adequado da água da crista do corte ou plataforma do aterro ou, da falta de proteção superficial (CARVALHO, 1991).



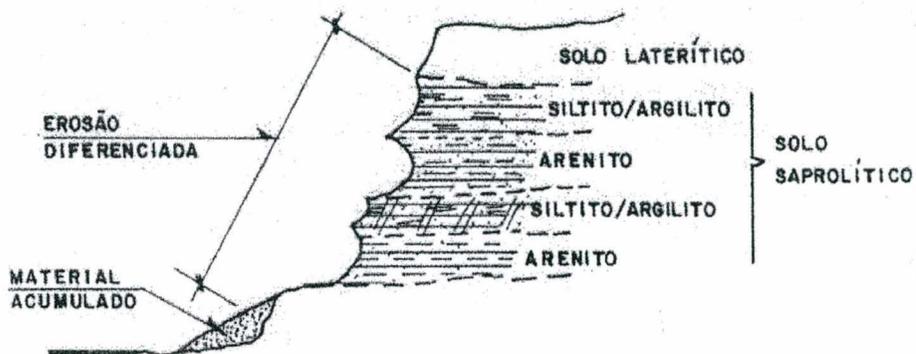
**FIGURA 4.1** - Erosão em sulco (BR-470/SC)



**FIGURA 4.2** – Representação esquemática da erosão em sulco (CARVALHO, 1991)

#### 4.1.1.2. Erosão diferenciada

Corresponde a processos erosivos que ocorrem em taludes de corte constituídos por materiais com diferentes suscetibilidades à erosão. Este tipo de erosão manifesta-se com intensidades distintas ao longo do talude, aproximando-se, de uma maneira geral, da forma de sulcos. Devido ao diferente avanço da erosão, é comum ocorrer o descalçamento das partes superiores mais resistentes, em consequência de uma erosão mais intensa na camada inferior. Normalmente, estas ocorrências de erosão podem estar associadas a camadas diferentes de solos resultantes de rochas sedimentares (argilitos, siltitos e arenitos) ou horizontes com evolução pedogenética distinta (solos laterizados e solos saprolíticos). Situações mais particulares, como diferenciações litológicas remanescentes nos solos saprolíticos também podem provocar este tipo de fenômeno (CARVALHO, 1991).



**FIGURA 4.3** – Representação esquemática da erosão diferenciada (CARVALHO, 1991)

#### 4.1.1.3. Erosão longitudinal em plataforma

É um processo de erosão que ocorre ao longo do acostamento, quando há concentração de água superficial, principalmente de chuva, proveniente dos taludes e da própria plataforma. Esta situação é comum em cortes em caixão de longa extensão e em rampas sem saídas laterais, em regiões de solos pouco coesivos. O relevo suave de colinas amplas, onde existem estes cortes de grandes extensões em solo arenoso fino, determina situações para ocorrência deste tipo de problema (CARVALHO, 1991).



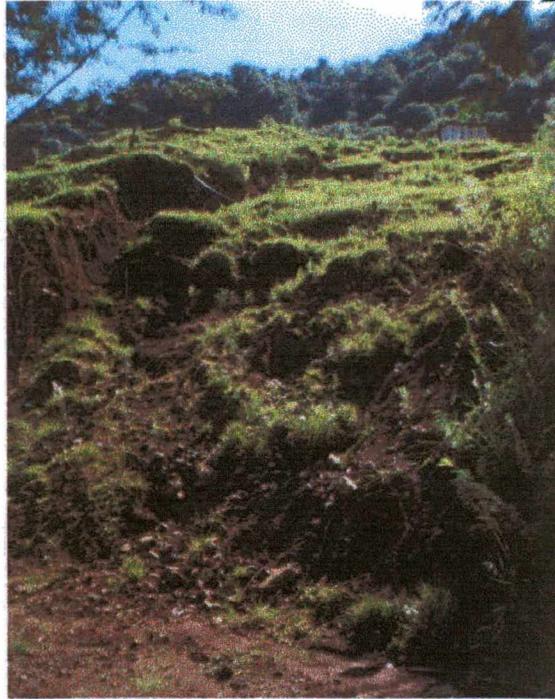
FIGURA 4.4 – Erosão longitudinal em plataforma (CARVALHO, 1991)

#### 4.1.1.4. Erosão interna (*piping*)

O fenômeno de *piping* provoca a remoção de partículas do interior do solo formando canais que evoluem em sentido contrário ao do fluxo de água, podendo dar origem a colapsos do terreno, com desabamentos que alargam a voçoroca ou criam novos ramos (GUERRA et al., 1999).

#### 4.1.1.5. Ravina

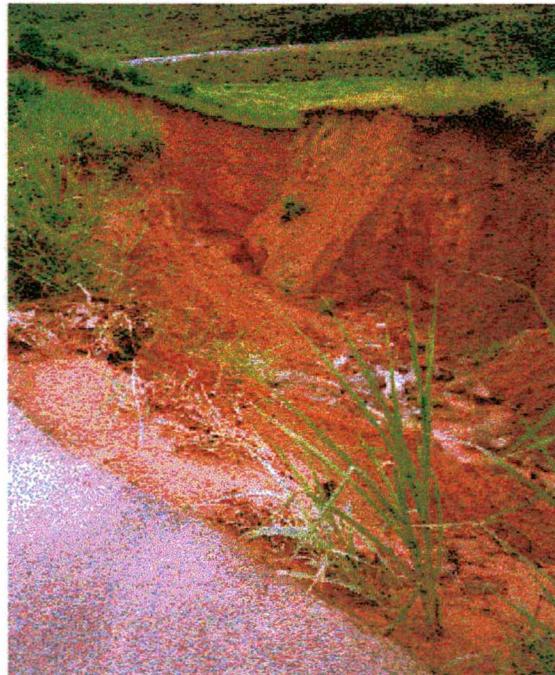
A erosão em ravina consiste na remoção de solos e materiais alterados com formação de canais pelo fluxo concentrado de águas. O canal formado dessa maneira é classificado como ravina, quando ele não pode ser fechado por operações normais de preparo do solo (U. S. SOIL CONSERVATION SERVICE, 1966).



**FIGURA 4.5** – Ravina (SC-452)

#### 4.1.1.6. Voçoroca

A voçoroca é conhecida como um ravinamento acelerado. É nitidamente um fenômeno hídrico, envolvendo tanto a ação das águas superficiais como as subterrâneas. Inicia-se com pequenos regos que evoluem rapidamente para sulcos e ravinas, cada vez mais profundas (BIGARELLA e MAZUCHOWSKI, 1985).



**FIGURA 4.6** – Voçoroca (DNER, 1996b)

#### 4.1.1.7. Desagregação superficial

A desagregação superficial é considerada um fenômeno de instabilidade superficial e se apresenta, de maneira semelhante a erosão, possuindo características de destruição da estrutura do material e sua posterior remoção. É comum ocorrerem em regiões tropicais e também, aparecerem em argilo-minerais expansivos disseminados em camadas sedimentares, o que aumenta substancialmente o desenvolvimento deste fenômeno. O resultado disto é o empastilhamento da superfície exposta, assim denominado por desagregar o material (solo ou rocha sedimentar branda) em pequenos grânulos (ou pastilhas) de tamanho centimétrico, provocando o permanente assoreamento do sistema de drenagem. (CARVALHO, 1991).

#### 4.1.2. Movimentos de massa em rodovias

Movimentos de massa atuam como agentes na evolução das encostas e nas implicações econômico-sociais resultantes dos processos de risco (GEO-RIO, 2000).

Os escorregamentos e os processos correlatos pertencem ao grupo dos movimentos gravitacionais de massa, diretamente relacionados à dinâmica das encostas.

Há vários estudos sobre a classificação dos movimentos de massa.

Em 1963, PENTA apud GUIDICINI e NIEBLE (1983), baseou seu critério de classificação de movimentação de massa na presença ou ausência de superfície de destaque, porém este critério é de difícil verificação, uma vez que a ruptura pode iniciar-se no interior do maciço.

PRUSKA e THÚ (1974), GUIDICINI e NIEBLE (1983), além de SKEMPTON e HUTCHINSON (1968) e BISHOP (1967), comprovaram que, mesmo na ausência de fraturas na superfície, rupturas no interior podem ocorrer.

Alguns pesquisadores classificam os movimentos sob aspectos meramente físicos. Assim TERZAGHI (1967) diz que as causas do movimento de massa são classificadas em ativa (aumento do peso) e passiva (redução da resistência interna), e ainda, em externas (o esforço cortante aumenta, sem diminuição da resistência); internas (o atrito interno

diminui, ocorrendo uma diminuição da coesão, mas sem aumentar o esforço cortante); e intermediárias (quando há variação do nível de água e liquefação espontânea).

Existem, ainda, sistemas de classificação baseados unicamente nas características mecânicas do fenômeno, como é o caso da classificação de KRYNINE e JUDD (1957).

FREIRE (1965) tenta sintetizar a visão de KRYNINE e JUDD (1957), sem, contudo, perder de vista a idéia físico-mecânica de Terzaghi. Este autor classifica os movimentos coletivos em escoamentos (corrida e rastejo), escorregamentos (rotacionais e translacionais) e subsidências<sup>2</sup> (subsidência, recalque e desabamento), baseado nas seguintes características: natureza da superfície de movimentação, inclinação do talude, características qualitativas do movimento, tipo de movimento, velocidade e duração, causas intrínsecas e extrínsecas, sua natureza física, efeitos sobre as condições de equilíbrio e, ainda, os processos corretivos dos movimentos de massa.

Esta última classificação de FREIRE (1965), com algumas pequenas modificações (redistribuição das classes de escorregamento translacionais e um enfoque diverso na diferenciação entre agentes e causas dos movimentos de massas), serviu de base para o desenvolvimento de textos sobre o assunto. (GUIDICINI e NIEBLE, 1983).

Em 1991, o IPT/SP apresentou os movimentos de massa classificados em: rastejos, corridas de massa, escorregamentos, quedas/tombamentos (FERNANDES e AMARAL, 1996). Segundo esta classificação, os escorregamentos são basicamente provocados por encharcamento do solo e por características inerentes ao material. Um talude constituído por argila de baixa resistência, por exemplo, poderá sofrer escorregamentos mesmo com uma inclinação inferior a seis graus (GUIDICINI e NIEBLE, 1983).

AUGUSTO FILHO (1995) classificou os movimentos de massa em: rastejo ou fluência, escorregamentos, quedas e corridas. FIORI (1995), por sua vez, refere-se aos movimentos de massa como rastejo, escorregamento e solifluxão<sup>3</sup>, enquanto que LOPES (1995) classifica como: movimentos verticais, escorregamentos e fluxos.

---

<sup>2</sup> Subsidências – deslocamento finito de massa de terra ou rocha.

<sup>3</sup> Solifluxão – escorregamento de caráter hidrodinâmico, é o resultado de fortes precipitações que ocorrem concentradas sobre uma área relativamente pequena, produzindo a erosão das encostas.

Os mais recentes sistemas classificatórios de movimentos gravitacionais de massa ou escorregamentos “*latu sensu*” são baseados nos critérios de AUGUSTO FILHO (1995) e AUGUSTO-FILHO e VIRGILI (1998):

- a) Cinética do movimento – definida pela relação entre a massa em movimentação e o terreno estável (velocidade, direção e seqüência dos deslocamentos);
- b) Tipo de material – solo, rocha, detritos, depósitos etc, destacando sua estrutura, textura e conteúdo de água;
- c) Geometria – tamanho e forma das massas mobilizadas;
- d) Modalidade e deformação do movimento.

A classificação proposta por VARNES (1978) é a mais utilizada internacionalmente, sendo adotada pela IAEG (*International Association for Engineering, Geology and the Environment*) – Tabela 4.15.

**TABELA 4.15 - CLASSIFICAÇÃO DOS MOVIMENTOS DE ENCOSTAS**  
(VARNES, 1978)

Tipo de movimento			Tipo de material		
			Rocha	Solo (engenharia)	
				Grossoiro	Fino
Quedas			de rocha	de detritos	de terra
Tombamentos			de rocha	de detritos	de terra
Escorregamentos	Rotacional	poucas unidades	Abatimento e rocha	Abatimento de detritos	Abatimento de terra
			de blocos rochosos	de blocos de detritos	de blocos de terra
	Translacional	muitas unidades	de rocha	de detritos	de terra
Expansões laterais			de rocha	de detritos	de terra
Corridas/escoamentos			de rocha (rastejo profundo)	de detritos	de terra
				(rastejo de solo)	
Complexos: combinação de dois ou mais dos principais tipos de movimentos					

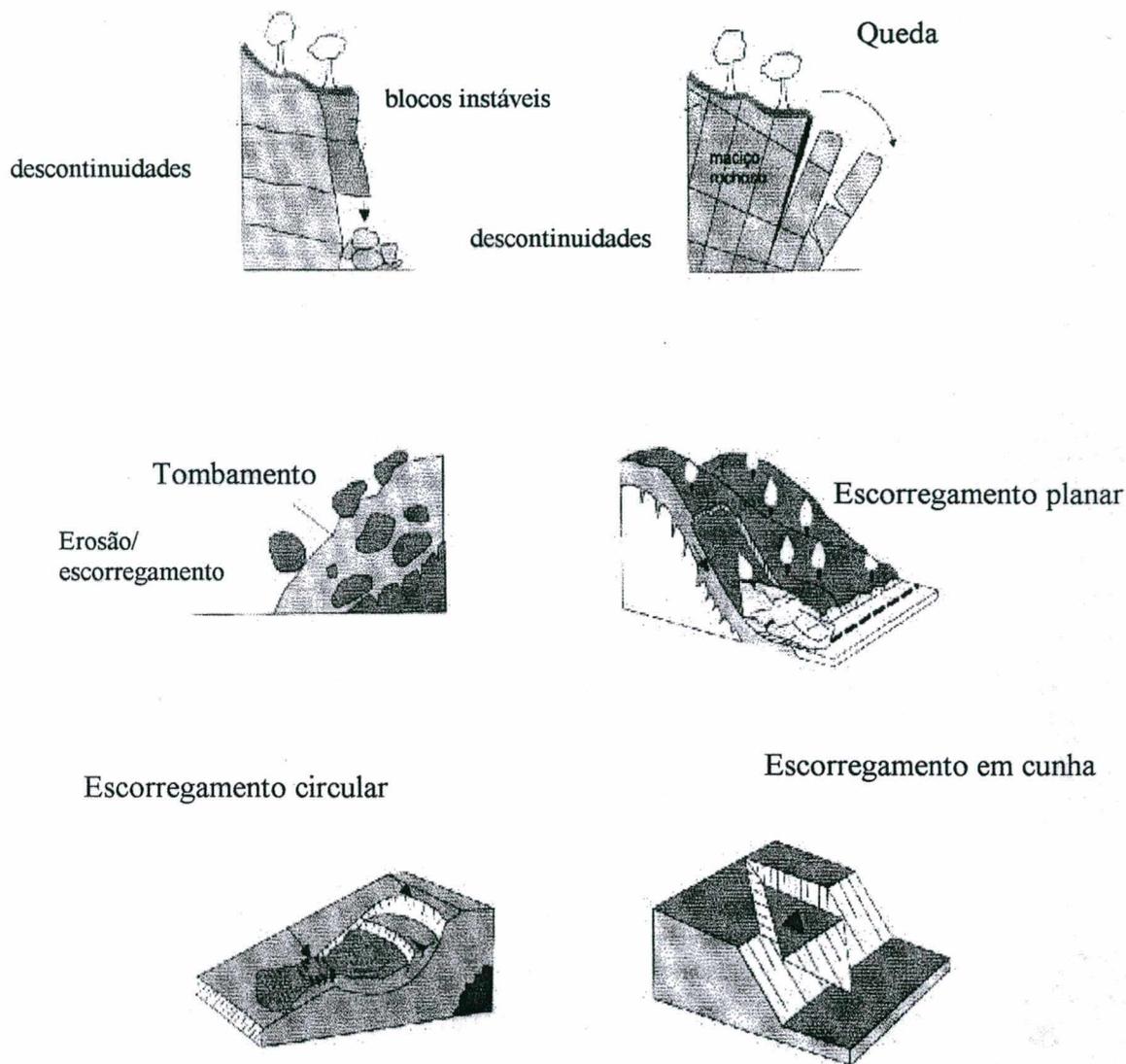
VARNES (1978) divide os movimentos de massa em movimentos gravitacionais de massa, definidos como aqueles que são induzidos pela aceleração gravitacional e os movimentos de transporte de massa, onde o material movimentado é transportado por um meio qualquer, como água, gelo e ar.

A classificação dos movimentos de encostas, ajustada às características dos principais grandes grupos de processos de escorregamento na dinâmica ambiental brasileira, é apresentada por AUGUSTO-FILHO (1992) (Tabela 4.16).

**TABELA 4.16 - CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS GRANDES GRUPOS DE PROCESSOS DE ESCORREGAMENTO (AUGUSTO – FILHO, 1992)**

<b>Processos</b>	<b>Características do movimento, material e geometria</b>
Rastejo ou fluência	Vários planos de deslocamento (internos). Velocidades variáveis (de muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade). Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes. Solo, depósitos, rocha alterada/fraturada. Geometria indefinida.
Escorregamentos	Poucos planos de deslocamento (externos) Velocidades de médias (m/h) a altas (m/s) Pequenos a grandes volumes de material Geometria e materiais variáveis: Planares: solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza; Circulares: solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas Em cunha: solos e rochas com dois planos de fraqueza
Quedas	Sem planos de deslocamento (externos). Movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado. Velocidades muito altas (vários m/s). Material rochoso. Pequenos a médios volumes. Geometria variável: lascas, placas, blocos, etc. Rolamento de matacão. Tombamento.
Corridas	Muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação). Movimento semelhante ao de um líquido viscoso. Desenvolvimento ao longo das drenagens. Velocidades de médias a altas. Mobilização de solo, rocha, detritos e água. Grandes volumes de material. Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas.

Os movimentos de massa são agrupados, na concepção de HUTCHINSON (1968), em rastejos ou fluência; escorregamentos; quedas e corridas ou fluxos (Figura 4.7).



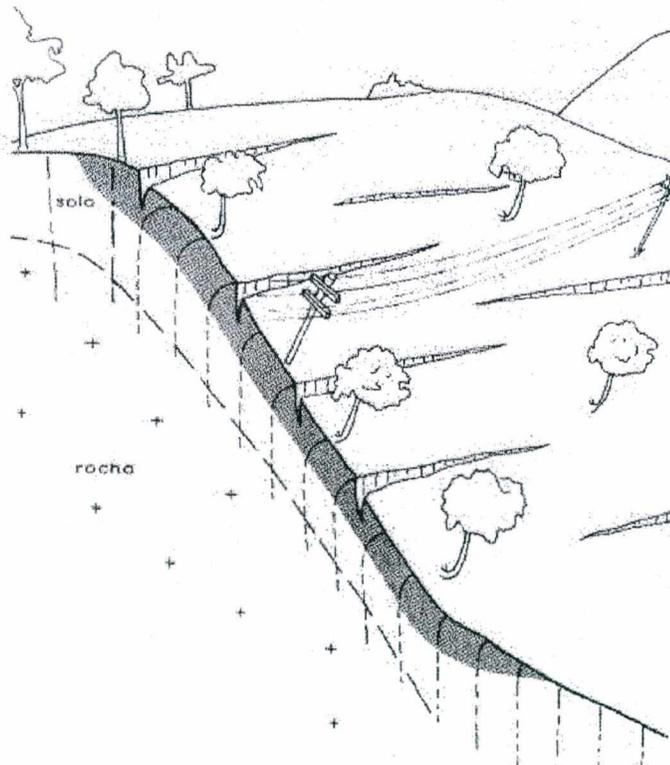
**FIGURA 4.7** – Queda, tombamento, rolamento de matacões e principais tipos de escorregamentos (HUTCHINSON, 1968).

Cada um destes grandes grupos admite subdivisões, principalmente, os escorregamentos e as corridas, existindo extensas classificações e terminologias específicas para cada um deles.

Para a autora a classificação de AUGUSTO-FILHO (1992) é a mais adequada ao caso dos movimentos de massa, devido às características físicas encontradas nas áreas pesquisadas. Apresentam-se as seguintes definições:

#### 4.1.2.1. Rastejos

Rastejos são movimentos lentos e contínuos de horizontes superficiais de solo em encostas, associados à alterações climáticas sazonais (umedecimento/secagem). Ocorrem em dois tipos de materiais diferentes: solos de alteração (originados no próprio local) e tálus. As evidências desse tipo de movimento são as trincas verificadas em toda sua extensão do terreno natural que evoluem vagarosamente, bem como as árvores que apresentam inclinações variadas (CUNHA, 1991).



**FIGURA 4.8** – Rastejo (CUNHA, 1991)

#### 4.1.2.2. Escorregamentos

Os escorregamentos são movimentos rápidos de porções de taludes naturais, de cortes ou aterros. Apresentam superfície de ruptura bem definida, que é função do tipo solo ou rocha, da geometria do talude e das condições de fluxo d'água. São observados com maior frequência em períodos chuvosos (CARVALHO, 1991).

Quanto ao tipo de movimento os escorregamentos podem ser classificados como (GEO-RIO, 2000):

Escorregamentos rotacionais - em geral ocorrem com materiais homogêneos; a massa instável é considerada rígida.

Escorregamentos translacionais - superfícies de ruptura plana, relacionadas a zonas de fraqueza (falhas, contato solo/rocha, estratificação); movimentos contínuos.

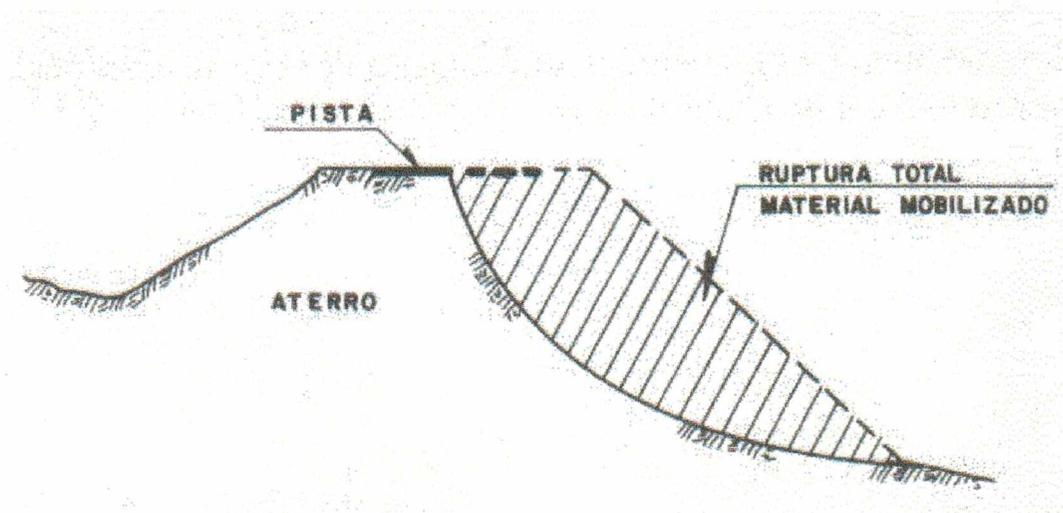
Escorregamentos compostos - ocorrem em taludes naturais de solos não homogêneos, com superfícies de ruptura não lineares.



**FIGURA 4.9** – Escorregamento em corte (SC-454)



**FIGURA 4.10** – Escorregamento em aterro (BR-282/SC)



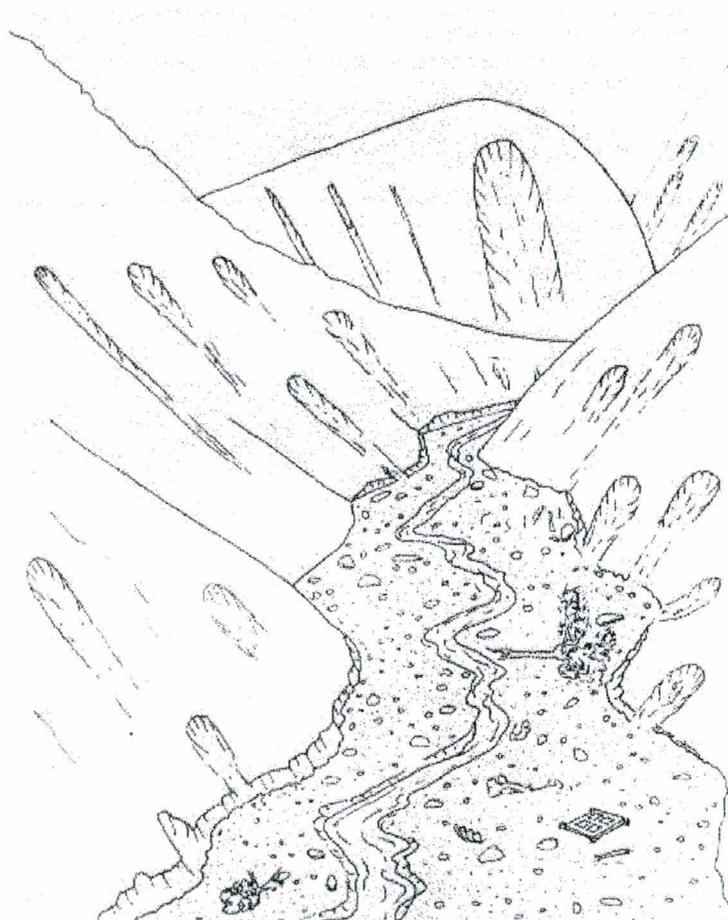
**FIGURA 4.11** – Representação esquemática de escorregamento em aterro  
(CARVALHO, 1991)

#### 4.1.2.3. Quedas

Quedas são movimentos do tipo queda livre ou em plano inclinado. Decorre da ação da gravidade envolvendo uma massa rochosa sã ou pouco alterada, ou ainda uma placa de solo residual. Ocorrem com velocidades elevadas.

#### 4.1.2.4. Corridas de massa

As corridas de massa são geradas a partir de grande aporte de material para as drenagens. Este aporte, combinado com determinado volume d'água, acaba formando uma massa com um comportamento de líquido viscoso, de alto poder destrutivo e de transporte. Ocorrem com mais probabilidade sob regime de índices pluviométricos excepcionais (CUNHA, 1991).



**FIGURA 4.12** – Corrida de massa (CUNHA, 1991)

#### 4.1.3. Recalques, Assoreamento e Alagamento

As características dos recalques, assoreamento e alagamento são:

##### 4.1.3.1. Recalques

Os recalques são fenômenos que ocorrem em aterros, interferindo de maneira substancial na pista. É comum ocorrerem abatimentos desde pouco centímetros até metros, podendo constituir-se em indícios de escorregamentos (CARVALHO, 1991).

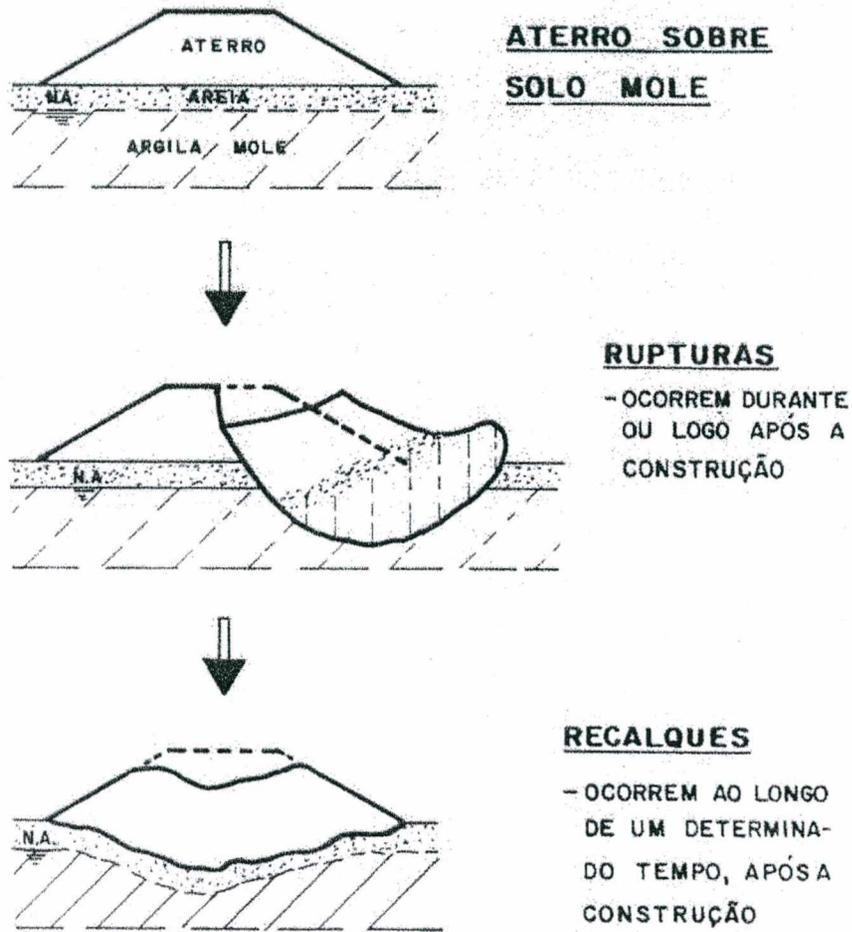


FIGURA 4.13 - Recalque sobre solo mole (CARVALHO, 1991)

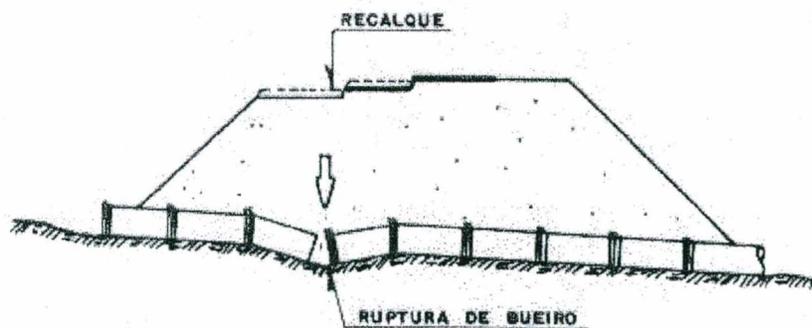


FIGURA 4.14 - Recalque de aterro devido a ruptura de bueiro (CARVALHO, 1991)

#### 4.1.3.2. Assoreamento

No ponto de vista amplo de BITAR et al. (1995), o assoreamento deve ser considerado num quadro de desequilíbrio ambiental de vários caracteres: geomorfológicos, porque faz parte do conjunto de processos de modelação do relevo; pedológico porque o assoreamento responde à erosão que acompanha importantes transformações dos solos, tanto físicas, químicas e, também, hidrológicas, porque todos os processos respondem as alterações significativas do comportamento hídrico dos terrenos, especialmente a relação entre as taxas de escoamento superficial e de infiltração. Por este prisma, portanto, o assoreamento constitui aspecto de um problema maior, que pode ser designado como degradação dos recursos naturais (solos e águas), provocado por formas inadequadas de uso do solo.

O processo consiste na acumulação de partículas sólidas (sedimentos) em meio aquoso ou aéreo, que ocorre quando a força do agente transportador natural (curso d'água, vento) é sobrepujada pela força da gravidade ou quando a supersaturação das águas ou ar permite a deposição de partículas sólidas.



**FIGURA 4.15** – Assoreamento (DNER, 1996b)

#### 4.1.3.3. Alagamento

Este processo ocorre quando a vazão a ser escoada é superior a descarga por um certo período.



**FIGURA 4.16** – Alagamento (SC-454)

#### 4.1.4. Causas da erosão em rodovias

A água da chuva provoca a erosão do solo através do impacto das gotas sobre a superfície do solo, caindo com velocidade e energia variáveis, e através do escoamento da enxurrada. Sua ação erosiva depende da distribuição e da intensidade pluviométrica.

A cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão. Entre os principais efeitos da cobertura vegetal, destacam-se os seguintes (BERTONI e LOMBARDI NETO apud BITAR et al., 1995):

- a) proteção contra o impacto direto das gotas de chuva;
- b) dispersão das águas de escoamento superficial;
- c) aumento da infiltração pela produção de poros no solo por ação das raízes;
- d) aumento da capacidade de retenção de água pela estruturação do solo por efeito da produção e incorporação de matéria orgânica.

A influência da topografia do terreno na intensidade erosiva verifica-se principalmente pela declividade e comprimento de rampa (comprimento da encosta). Estes fatores interferem diretamente na velocidade das enxurradas.

As propriedades físicas do solo (textura, estrutura, permeabilidade, e densidade) e as características químicas, biológicas e mineralógicas, exercem diferentes influências na erosão, ao conferir maior ou menor resistência à ação das águas.

O controle preventivo da erosão realiza-se através da proteção vegetal dos cortes, dos aterros e dos terrenos adjacentes e da implantação de um eficiente sistema de drenagem, concebido a partir do conhecimento da suscetibilidade à erosão dos terrenos e da caracterização hidráulica; tendo em vista a captação, a condução e a dissipação das águas (BITAR et al., 1995).

Entre as medidas comumente recomendadas para o controle de erosão em estradas (BIGARELLA, MAZUCHOWSKI, 1985; SANTOS et al., 1988 apud BITAR et al., 1995 p. 47), destacam-se:

- a) proteção vegetal - deve ser executada em todos os locais da plataforma, e áreas adjacentes à estrada, sujeitas a processos de erosão, principalmente por concentração das águas de chuva, tais como, taludes de cortes e aterros, valetas não revestidas, saídas de bueiros e sangras, caixas de empréstimo, áreas de jazidas, etc. Entre as espécies vegetais deve-se buscar aquelas mais adaptadas à região e que oferecem máxima proteção possível do solo, sendo muito comum a utilização de bambu, grama, capim, etc.;
- b) valetas e canaletas revestidas ou gramadas - devem ser executadas em todos os locais de concentração d'água, principalmente nas bordas da plataforma em cortes e aterros, junto às cristas de cortes e às saias de aterro, e nas saídas dos bueiros;
- c) bueiros - devem ser construídos com tubos de concreto, alvenaria, aço etc., em travessias de pequenas drenagens, naturais permanentes (córregos) ou temporárias (enxurradas);
- d) abaulamento transversal da pista de rolamento - impede o empoçamento ou escoamento das águas de chuva longo da pista;
- e) sangras laterais - devem ser construídas acompanhando as curvas de nível do terreno, com espaçamento compatível com a quantidade de água transportada pelas canaletas laterais da plataforma;

- f) dissipadores de energia - devem ser construídos em locais sujeitos a fluxo d'água excessivo, tais como, ao longo de canaletas laterais, nas saídas de sangra e bueiros, nas descidas de cortes e aterros, etc. Dependendo das condições locais, vários tipos de estruturas de dissipação de energia podem ser utilizados (barragens ao longo de valetas/canaletas, escadas em locais de saídas d'água, caixas de infiltração ou acumulação nas saídas de sangras laterais, etc.).

#### 4.1.5. Fatores naturais que influenciam os movimentos de massa

É indispensável para adoção de medidas corretivas e preventivas mais acertadas do ponto de vista técnico-econômico a identificação dos fatores responsáveis pela movimentação de massas.

Segundo VARNES (1978) os fatores deflagadores dos movimentos de massa são apresentados na Tabela 4.17.

**TABELA 4.17 - FATORES DEFLAGADORES DOS MOVIMENTOS DE MASSA**  
(VARNES, 1978)

Ação	Fatores	Fenômenos geológicos ou antrópicos
Aumento de sollicitação	- Remoção de massa (lateral ou de base).	- Erosão, escorregamentos. - Cortes.
	- Sobrecarga.	- Peso da água de chuva, neve, granizo, etc. - Acúmulo natural de material (depósitos). - Peso da vegetação. - Construção de estruturas, aterros, etc.
	- Sollicitações dinâmicas.	- Terremotos, ondas, vulcões etc. - Explosões, tráfego, sismos induzidos.
	- Pressões laterais.	- Águas em trincas, congelamento, material expansivo.
Redução da resistência	- Características inerentes ao material (geometria, estruturas etc.).	- Características geomecânicas do material, tensões.
	- Mudanças ou fatores variáveis.	- Intemperismo – redução na coesão, ângulo de atrito. - Elevação do nível da água.

Alguns autores discutem estes fatores, utilizando a terminologia de agentes e causas, entendendo como causa o modo de atuação de um determinado agente no equilíbrio entre as forças motoras e resistentes (Tabela 4.18).

**TABELA 4.18 – AGENTES E CAUSAS DOS ESCORREGAMENTOS E PROCESSOS CORRELATOS (GUIDICINI e NIEBLE, 1976)**

<b>AGENTES E CAUSAS DOS ESCORREGAMENTOS</b>			
<b>AGENTES</b>	PREDISPONENTES	- Complexo geológico, complexo morfológico, complexo climático-hidrológico, gravidade, calor solar, tipo de vegetação original.	
	EFETIVOS	PREPARATÓRIOS	- Pluviosidade, erosão pela água e vento, congelamento e degelo, variação da temperatura, dissolução química, ação de fontes e mananciais, oscilação de níveis de lagos e marés e do lençol freático, ação de animais e humana, inclusive desmatamento.
		IMEDIATOS	- Chuvas intensas, fusão do gelo e neve, erosão, terremotos, ondas, vento, ação do homem, etc.
<b>CAUSAS</b>	INTERNAS	- Efeito das oscilações térmicas. - Redução dos parâmetros de resistência por intemperismo.	
	EXTERNAS	- Mudanças na geometria do sistema. - Efeitos de vibrações. - Mudanças naturais na inclinação das camadas.	
	INTERMEDIÁRIAS	- Elevação do nível piezométrico em massas homogêneas. - Elevação da coluna da água em descontinuidades. - Rebaixamento rápido do lençol freático. - Erosão subterrânea retrogressiva ( <i>piping</i> ). - Diminuição do efeito de coesão aparente.	

Fatores naturais e artificiais tem grande influência na estabilização de taludes, como o intemperismo, a precipitação intensa, a infiltração de água no solo, a forma e inclinação das encostas, a cobertura vegetal, hidrologia de vertentes, características das rochas/solos e ações antrópicas (FIORI, 1995).

Muitas feições associadas à geologia e geomorfologia afetam a movimentação de massa, como as fraturas, as falhas, a foliação, as descontinuidades que o solo apresenta, a morfologia da encosta e os depósitos de encosta (FERNANDES e AMARAL, 1996).

As experiências de SAITO (1965); KENNEDY, NIERMEYER e FAHM (1969), citados por GUIDICINI e NIEBLE (1983), sugerem que o movimento coletivo de massas é gradativamente acelerado até sua ruptura e que a declividade é um fator decisivo.

A cobertura vegetal é um fator de estabilização em encostas não somente porque retém água, mas também porque freiam os movimentos lentos de rastejo (GUIDICINI e NIEBLE, 1983).

A vegetação controla o escoamento superficial e a infiltração da água no solo. Já o solo sem vegetação fica exposto à erosão, permitindo uma maior infiltração de água, diminuindo sua resistência e provocando sua movimentação (FIORI, 1995).

Os escorregamentos aparecem com maior frequência nos períodos de chuva, pois o grau de saturação do solo aumenta e sua resistência diminui.

As chuvas contribuem diretamente para instabilização de encostas através dos seguintes mecanismos (BITAR et al., 1995, p.85):

- a) alteamento do nível d'água e geração de força de percolação;
- b) preenchimento temporário de fendas, trincas e/ou estruturas em solos saprolíticos e rochas (fraturas, juntas, etc.), com geração de pressões hidrostáticas;
- c) formação de "frentes de saturação", sem a elevação ou formação de nível d'água (solos não-saturados), reduzindo a resistência dos solos pela perda de coesão aparente.

A influência da distribuição da chuva no tempo correlaciona-se diretamente com o regime de infiltração que ocorre no terreno, que, por sua vez, determina a taxa com que a água das chuvas penetra no maciço terroso ou rochoso, diminuindo sua resistência ou aumentando as tensões nele atuantes (BITAR et al., 1995).

#### **4.1.6. Obras utilizadas na contenção de encostas e taludes**

Na maioria dos casos de estabilização dos processos de movimento de massa é necessário identificar o movimento de massa (tipo, forma e solicitações) conjuntamente com a sua caracterização geológico-geotécnica. O projeto implicará três fases distintas: diagnóstico, solução e monitoramento.

Existem várias maneiras de classificar as obras de contenção (Tabela 4.19).

**TABELA 4.19 - PRINCIPAIS TIPOS DE OBRAS DE CONTENÇÃO (IPT, 1991)**

<b>GRUPOS</b>	<b>TIPOS</b>
OBRAS SEM ESTRUTURA DE CONTENÇÃO	- Retaludamento (corte, aterro) - Drenagem (superficial, subterrânea, de obras) - Proteção superficial (naturais/artificiais)
OBRAS COM ESTRUTURA DE CONTENÇÃO	- Muros de gravidade - Atiramentos - Aterros reforçados - Estabilização de blocos
OBRAS DE PROTEÇÃO	- Barreiras verticais - Muros de espera

As obras com estrutura de contenção se subdividem em (WOLLE, 1980 apud BITAR et al., 1995):

- a) Obras de contenção passivas: apresentam reação contra tendências de movimentação de taludes. Ex: muros de arrimo; cortinas cravadas (estacas, prancha, etc.); e cortinas ou muros ancorados sem protensão;
- b) Obras de contenção ativas: oferecem resistência às tendências de movimentação do talude; introduzem compressão no terreno, aumentando sua resistência por atrito. Ex: muros e cortinas atirantadas, placas atirantadas, etc.; e
- c) Obras de reforço de maciço: aumentam a resistência média ao cisalhamento de certas porções do maciço. Ex: injeções de cimento e resinas químicas, estacas e microestacas de concreto, etc.

Para os processos de corrida de massa existem outras maneiras de classificação, como a seguinte (IPT, 1987):

- a) Obras de proteção contra erosão - incluem obras do primeiro grupo da Tabela 4.19, realizadas com materiais naturais e artificiais, e visam reduzir o carreamento de material para as drenagens, que seriam remobilizados na deflagração de uma corrida de massa;
- b) Obras de retenção - destinam-se a reter, em locais apropriados, a totalidade ou parte do material carregado por uma corrida de massa. Envolvem barragens, barramentos ou diques de vários tipos.

- c) Obras de interceptação - destinam-se a reduzir a energia das corridas de massa, ou desviar o seu rumo; e
- d) Obras auxiliares - apresentam dois subgrupos principais, melhoria do escoamento das drenagens por onde a corrida se desenvolverá, através do seu alargamento, aprofundamento ou retificação; e obras de proteção (muros, diques) para resguardar instalações específicas, passíveis de serem atingidas pela corrida.

#### 4.1.7. Soluções para taludes em solo

As soluções para estabilização de taludes em solo podem variar de caso a caso. A figura 4.17 apresenta algumas soluções da (GEO-RIO, 2000).

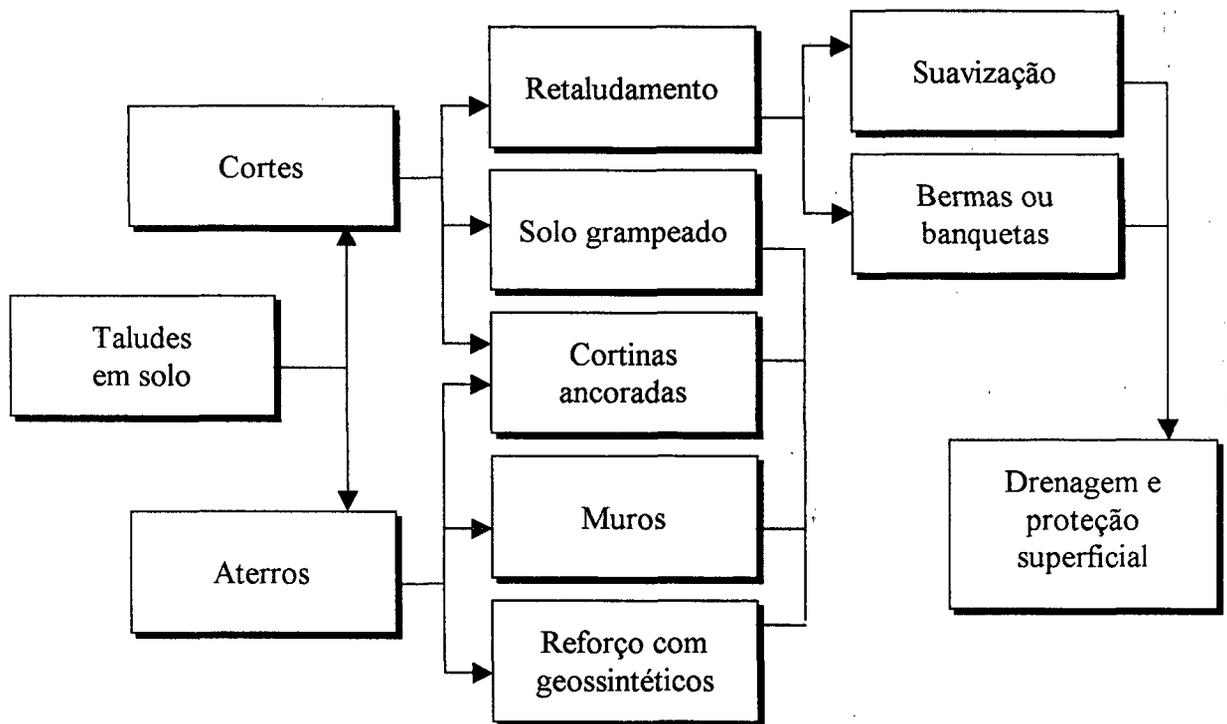


FIGURA 4.17 – Solução para taludes em solo (GEO-RIO, 2000)

Os seguintes aspectos são relevantes para a escolha da solução nos taludes em solo (GEO-RIO, 2000, p.164):

- a) altura do talude: os muros em geral são economicamente eficientes para pequenas alturas, até 3m. Acima desse valor, as soluções de reforço tendem a ser mais econômicas;
- b) drenagem: solução presente em todos os taludes;
- c) retaludamento: depende da disponibilidade de área livre para a implantação de novo corte e banquetas.
- d) cortinas ancoradas: solução tradicional muito empregada pela flexibilidade de poder ser aplicada em cortes e aterros. O sistema de contenção com ancoragens pré-tensionadas é suficientemente rígido para limitar os deslocamentos de terreno. Por isso é aconselhado, também, em casos em que se deseja reduzir efeitos de deslocamentos em construções e fundações muito próximas.
- e) solo grampeado: em cortes ou escavações é em geral a que apresenta menor custo. É facilmente aplicada a taludes inclinados, sem a necessidade de cortes adicionais para verticalização da parede.
- f) muros ou taludes de solo reforçado: em geral a solução mais barata para aterros com alturas maiores que 3 m e com extensões maiores que 20 m. Pode-se adotar a solução de solo compactado e envelopado com geossintético. A face pode ser executada com elementos de concreto armado, pari passu ao aterro compactado, ou alvenaria a posteriori. O primeiro tipo pode ser aplicado mesmo em solos de fundação de baixa capacidade de carga, pois o muro resultante é muito flexível, com maior capacidade de adaptação a recalques diferenciais. Já os muros em que a face de concreto é executada à medida que o muro é construído exigem fundação competente.

#### 4.1.8. Soluções para taludes em rocha

As soluções de projeto para os taludes em rocha ou em tálus com blocos soltos são agrupadas da seguinte maneira: eliminação, estabilização ou conveniência (GEO-RIO, 2000; Figura 4.18).

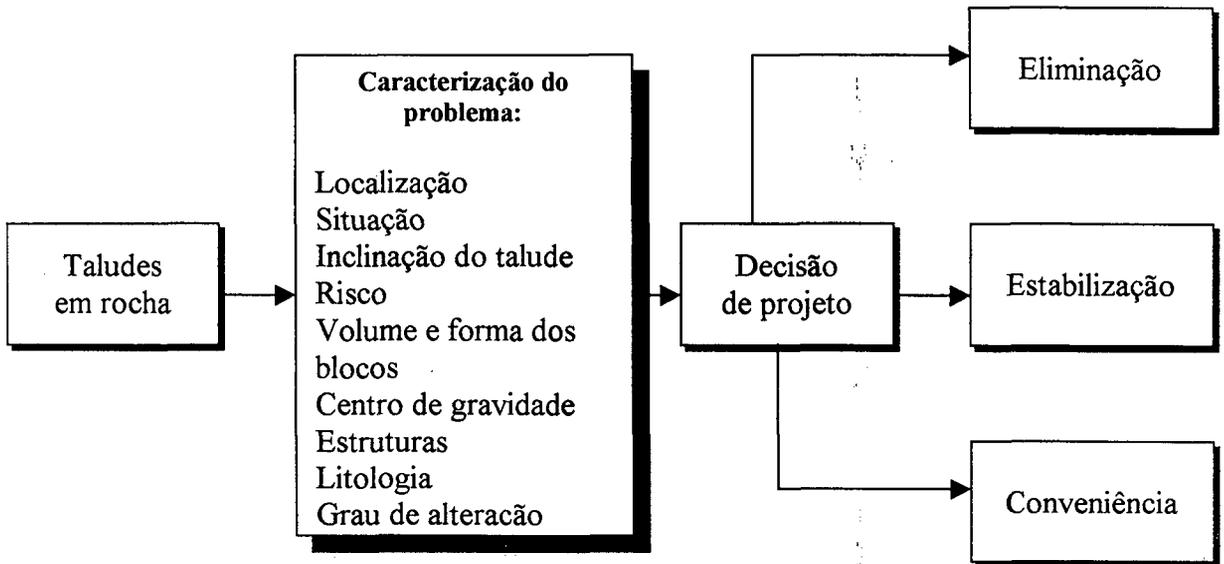


FIGURA 4.18 - Alternativas de solução, taludes em rocha (GEO-RIO, 2000)

Nos casos em que se adota o primeiro tipo procurando mitigar o problema, reloca-se a estrutura em risco ou elimina-se a causa através do desmonte do bloco ou talude causador do risco. (Figura 4.19).

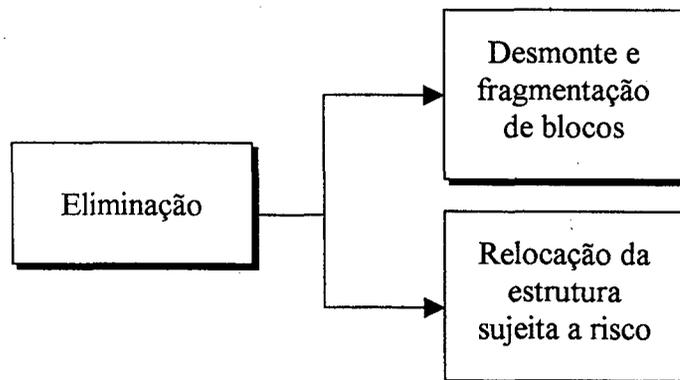
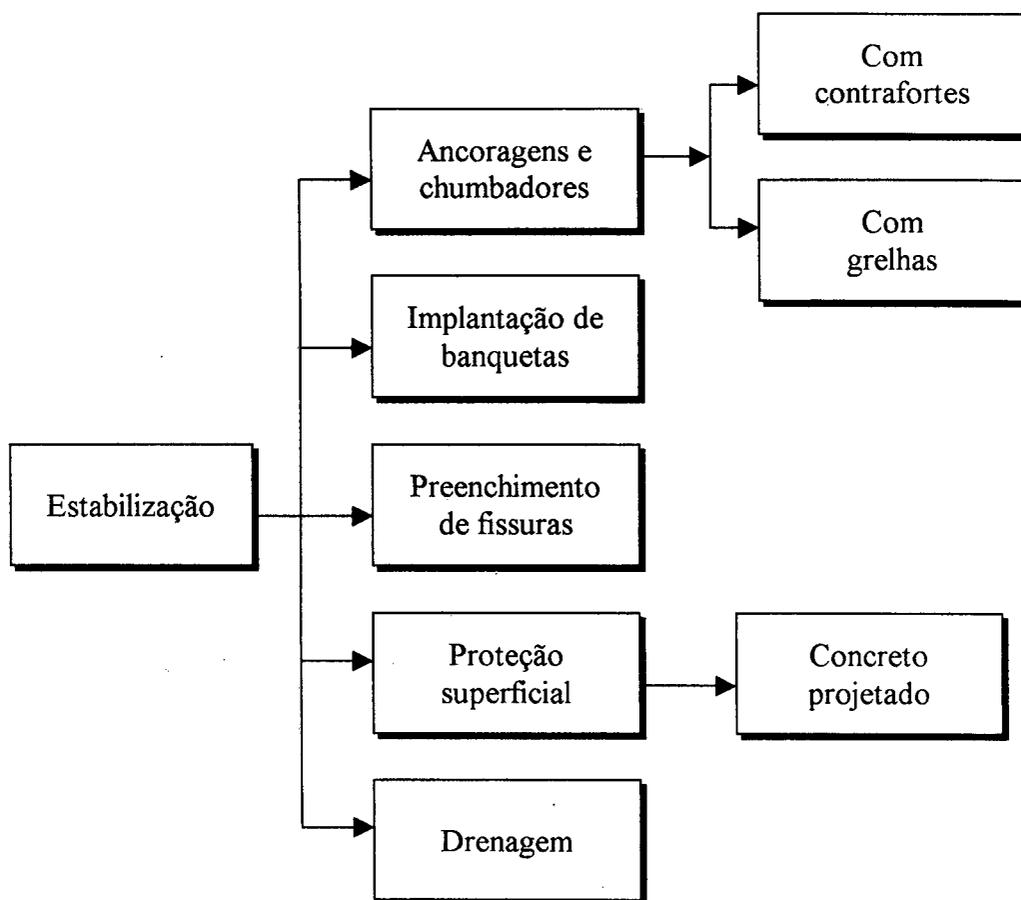


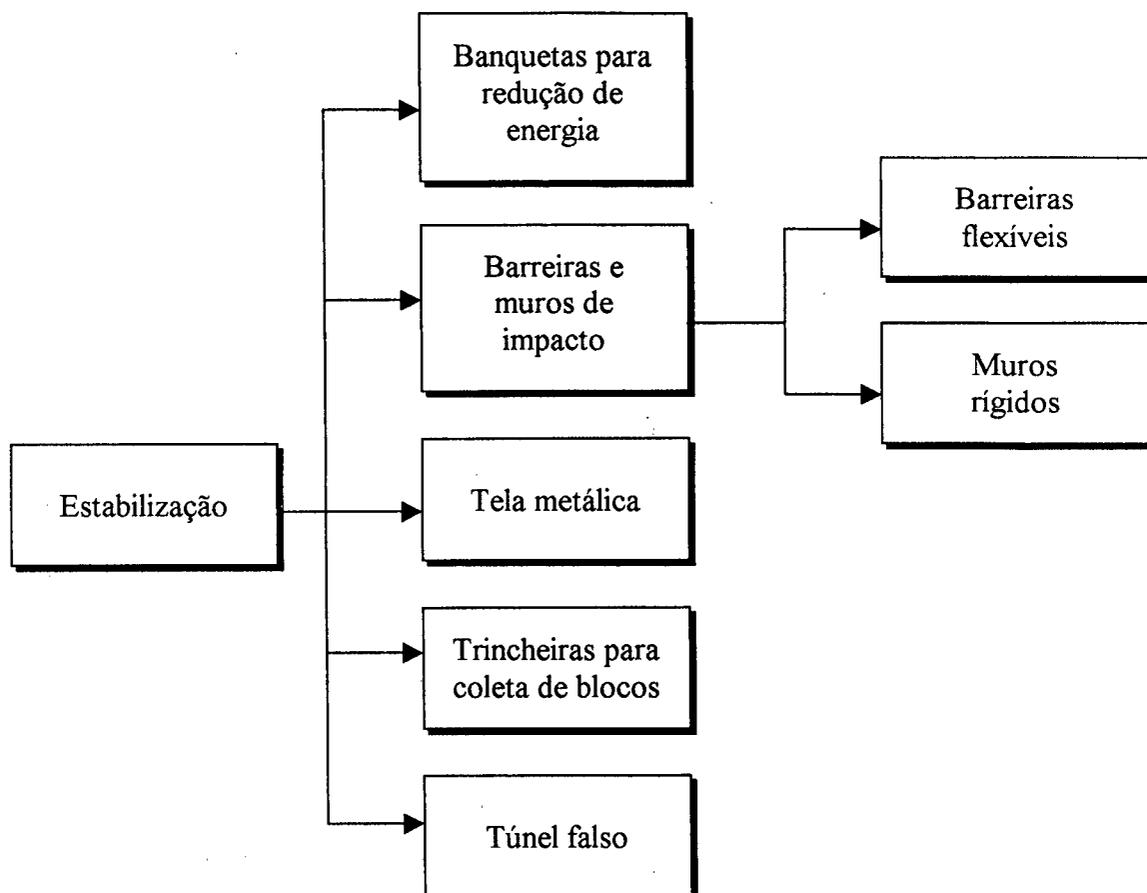
FIGURA 4.19 – Taludes em rocha, solução de eliminação do problema (GEO-RIO, 2000)

Para o segundo tipo – estabilização do maciço, adotam-se as seguintes soluções (GEO – RIO, 2000; Figura 4.20.).



**FIGURA 4.20** – Estabilização de taludes em rocha (GEO-RIO, 2000)

O terceiro tipo de solução para taludes em rochas apresentada pela GEO-RIO, 2000 é a “conveniência com o problema”. Isso se aplica a taludes muito fraturados ou com grande quantidade de blocos soltos em que a fixação ou desmonte são antieconômicos (Figura 4.21).



**FIGURA 4.21:** Taludes em rocha, conveniência com o problema  
(GEO-RIO, 2000)

#### 4.1.9. A ação do homem

O homem é o mais importante agente modificador da dinâmica das encostas. O avanço das diversas formas de uso e de ocupação do solo em áreas suscetíveis aos movimentos de massa, acelera e amplia os processos de instabilização (BITAR et al. 1995).

As principais modificações oriundas das interferências antrópicas indutoras dos movimentos de massa são: remoção da cobertura, lançamento e concentração de águas pluviais ou servidas, vazamentos na rede de abastecimento, de esgoto, presença de fossas, execução de cortes com geometria incorreta (altura, inclinação), execução deficiente de aterros (compactação, geometria, fundação), lançamento de lixo nas encostas e taludes.

A atuação antrópica normalmente intervém no ambiente natural, afetando de imediato a cobertura vegetal. Com isso, a energia da radiação que alcança o solo, altera sua temperatura afetando a flora e a fauna. A interceptação das precipitações e o impacto das gotas, determinam a possibilidade de erosão, ou seja, entre as conseqüências da remoção do manto de vegetação está a erodibilidade e a movimentação de massa (ROSS, 1992).

A vegetação nas estradas, desejável do ponto de vista do controle da erosão, por vezes toma um vulto que chega a impedir a visibilidade dos motoristas, cobrir as placas de sinalização e até reduzir a faixa de circulação dos veículos. A presença de vegetação exuberante e em profusão à beira das estradas, concentra material de fácil combustão (capim seco), originando incêndios de grandes proporções que:

- a) prejudicam o tráfego e causam acidentes, constituindo-se numa verdadeira tortura para os motoristas de veículos que transportam combustíveis;
- b) se expandem pelos terrenos vizinhos, queimando pastos, matas e culturas; atingem benfeitorias e equipamentos dos proprietários limítrofes.

O modo mais seguro de controlar o excesso de vegetação ao longo das rodovias ainda é o corte e a remoção dos restos vegetais para incineração controlada, ou para depósitos previamente escolhidos. Todavia, a falta de mão-de-obra e os altos custos do processo têm levado a que muitos responsáveis pela conservação queimem estes restos vegetais no próprio talude, gerando os problemas citados, ao invés de evitá-los.

As principais ações do homem decorrem da (FENDRICH et al., 1997):

- a) retirada da cobertura vegetal, por meio de derrubadas de matas, seguida pelas queimadas e capinas;
- b) agricultura praticada irracionalmente com manuseio impróprio, tais como, culturas esgotantes, e outras;
- c) formação de pastos com alta densidade de animais, proporcionando o excessivo pisoteio em determinadas direções, formando assim, trilhas pela passagem dos animais na busca de água nos talvegues inferiores;

- d) abertura de valetas, com a finalidade de dividir e separar áreas, proteger culturas e propriedades em geral, porém, perpendicularmente às curvas de nível;
- e) abertura de estradas, sem o devido cuidado na execução das obras de drenagem para coletar, transportar e captar as águas acumuladas;
- f) execução de loteamentos, com inobservância das práticas e normas racionais de conservação do solo e de controle da erosão.

“A ação do homem, ou sua interferência nos taludes é estatisticamente negativa, e o resultado é a aceleração dos mecanismos de desestabilização” (YASSUDA, 1988 p. 38).

#### 4.2. PASSIVO AMBIENTAL DE RODOVIAS EM ÁREAS URBANAS

A presença de uma rodovia em área urbana tende a estabelecer um conflito entre o espaço viário e o espaço urbano, com sérios passivos para ambos, que afetam o desempenho operacional da rodovia, podendo interferir na qualidade de vida dos núcleos urbanos.

O passivo ambiental de rodovias em áreas urbanas compreende abordagens analíticas de características e registros de conseqüências danosas como o uso de espaços inadequados ou com potencial de interferência no corpo estradal ou na faixa de domínio da rodovia.

O conhecimento das formas de ocupação é imprescindível nas análises ambientais que se processam em um sistema rodoviário.

É perfeitamente possível controlar o desenvolvimento sustentável de uma rodovia, desde que se tenha claro e consensuado um objetivo comum de conservação dos recursos naturais. Dentro de uma política voltada para a preservação da qualidade ambiental, uma rodovia pode ser o instrumento principal de sua realização.

A via de transporte quando atravessa uma área urbana, por aumentar a acessibilidade no seu sentido longitudinal, pode ser considerada como um vetor direcional do crescimento urbano.

A proximidade de uma rodovia à uma cidade costuma atrair, para suas margens, atividades econômicas que, funcionam como um pólo de atração de atividades urbanas. No começo

são pequenos postos comerciais, de abastecimento de combustíveis etc. A ocupação destas áreas pode se dar de forma desordenada e, com o tempo, multiplica-se, intensifica-se, criando e agravando conflitos e aumentando o número de acessos não planejados (BELLIA e BIDONE, 1993).

A Instrução de Proteção Ambiental (IPA-04/ DNER, 1996a) que trata das adversidades geradas pelo espaço viário versus espaço urbano, destaca, como impactos negativos (passivos) mais significativos, às distorções no uso e na ocupação do solo, a segregação urbana e a intrusão visual.

Resumidamente, as distorções no uso e na ocupação do solo dizem respeito aos passivos causados por novos usos e ocupações implantados sem planejamento ao longo da rodovia, ocasionados pelo forte poder de atração da rodovia. Isto pode gerar junto à comunidade local, destruição ou ruptura de valores arquitetônicos e paisagísticos, favelização de áreas desocupadas, etc.

#### **4.2.1. Segregação urbana e intrusão visual**

A segregação urbana ocorre quando os usuários de uma parte da cidade, ou núcleo urbano, têm seu acesso dificultado a outra parte da mesma cidade ou núcleo urbano - em virtude da existência de obstáculo, a via de transporte rodoviário.

Há dois casos típicos de segregação urbana: o primeiro parte de um núcleo urbano existente, cujo aumento da demanda de transporte justifica a criação de novas vias ou a ampliação do sistema viário existente, destinado ao tráfego direto; o segundo, parte da implantação de rodovias que, por ter índices de acessibilidade ao centro urbano aumentados, induzem no crescimento da cidade ao longo da via, gerando modificações no uso e ocupação do solo.

A existência de alguma área urbana segregada de uma cidade, com o rompimento da unidade comunitária de vizinhança, é uma situação que compromete a qualidade de vida dos cidadãos.

Outro aspecto importante é a intrusão visual. O problema causado pela publicidade localizada ao longo das vias (*outdoors*) que visa atingir motoristas e passageiros pode provocar obstrução visual e contato visual desagradável.

Pode-se dizer, então, que intrusão visual é o resultado da existência de elementos que são detectados visualmente, de maneira permanente ou provisória, que criam obstáculos ou restringem a paisagem, transformando-a esteticamente, ou ainda induzindo riscos de desvio de atenção dos usuários da via.

Nas proximidades de áreas urbanas, as pressões ocorrem sobre as terras lindeiras à rodovia, e principalmente sobre a sua faixa de domínio e onde se estabelecem novos núcleos populacionais, comumente criando bolsões de pobreza às margens da rodovia.

#### **4.2.2. Ruídos e vibrações**

O tráfego rodoviário é um importante gerador de ruídos, que afetam (DNER, 1996a):

- a) as populações expostas permanentemente aos ruídos, principalmente as que habitam e as que trabalham nas proximidades das vias, expondo as pessoas a riscos de saúde;
- b) as instalações que necessitam de silêncio (escolas, teatros, hospitais, etc) e que necessitam de estabilidade para seu funcionamento (laboratórios, indústrias de precisão, hospitais, etc.);
- c) os monumentos históricos e sítios culturais, que podem ter suas funções distorcidas pelos ruídos e vibrações gerados pelo tráfego pesado;
- d) a fauna silvestre, que pode sofrer impactos devido aos ruídos excessivos (fuga dos sítios naturais, inibição da natalidade, etc).

O ruído produzido pelo tráfego é função de um conjunto amplo de fatores, onde destacam-se o fluxo de tráfego (volume, velocidade, composição), as condições operacionais (livre, congestionamentos) e o ambiente local (cortes, aterros, vias elevadas, características do pavimento). (Tabela 4.20).

**TABELA 4.20 – ORIGEM DOS RUÍDOS ISA-08/01(DNER, 1996a)**

<b>GRUPO DE RUÍDOS</b>	<b>FONTES</b>
(1) Funcionamento dos maquinismos	- funcionamento do motor; - entrada de ar e escapamento; - sistema de arrefecimento e ventilação; etc.
(2) Ruídos de movimento	- pneus em contato com o pavimento; - atritos das rodas com os eixos; - ruídos de transmissão - ruídos aerodinâmicos; etc.
(3) Ruídos ocasionais	- buzinas; - frenagens; - ruídos da troca de marchas; - cargas soltas; - fechamento de portas; etc.

Quando a velocidade de pico das partículas for inferior a 0,15 mm/s, as vibrações não serão perceptíveis ao homem, nem causarão danos às construções. Embora não causem problemas às edificações, velocidades de até 0,30 mm/s já são percebidas pelo homem, raramente causando incômodos. As medidas preconizadas, portanto, devem ser tomadas no sentido de manter as vibrações geradas pelo tráfego com velocidades de pico inferiores a 0,30 mm/s (BELLIA e BIDONE, 1993).

Os aspectos relacionados com a poluição sonora originária de construção e operação de rodovias estão contemplados na Portaria MINTER 092, de 19 de junho de 1980, onde são instituídos critérios e diretrizes quanto à emissão de sons e ruídos.

O deslocamento de um veículo ao longo de uma via gera vibrações, as quais se propagam em todas as direções, à semelhança das ondas sísmicas, que são transmitidas ao ar e ao solo (DNER, 1996a):

- a) pelas irregularidades do pavimento, fazendo com que os veículos se desloquem em pequenos saltos que, embora amortecidos pelos sistemas de suspensão, causam impactos diretos com o solo;
- b) pelo funcionamento dos veículos, os quais possuem vibrações próprias, causadas pelo funcionamento do motor;
- c) pela movimentação normal do veículo e por movimentos bruscos, tal como fechamento de portas”.

A construção de dispositivos de proteção contra ruído somente é justificada quando for provado, através dos estudos ambientais elaborados, que são esperados valores acima dos limites estabelecidos na legislação. As medidas de proteção contra o ruído deverão ser escolhidas e planejadas de tal forma que sejam assegurados os níveis de ruído permitidos pela legislação em vigor.

Existem vários tipos de proteção contra o ruído: a construção de diques de terra, a construção de barreiras acústicas, a instalação de fachadas isoladas em edifícios atingidos bem como o uso de pavimento com capacidade de absorção sonora.

#### **4.2.3. Poluição do ar**

A poluição do ar é causada principalmente pela poeira em travessias urbanas pelas emanções de descarga dos veículos em rodovias de tráfego intenso. Os principais poluentes oriundos de combustão são (BELLIA e BIDONE, 1993):

- monóxido de carbono (CO);
- hidrocarbonetos (HC);
- óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>);
- óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>); e
- material particulado (MP).

Os padrões de qualidade do ar no Brasil tem seus valores-limites determinados pela Resolução do CONAMA nº 03/90 de 28 de junho de 1990 (Tabela 4.21):

TABELA 4.21 – VALORES-LIMITES DE QUALIDADE DO AR (CONAMA, 1990)

Dióxido de enxofre	80 ug/m <sup>3</sup> 365 ug/m <sup>3</sup>	- média aritmética anual - concentração máxima diária que não deve ser excedida mais que uma vez por ano.
Partículas totais em suspensão	80 ug/m <sup>3</sup> 240 ug/m <sup>3</sup>	- média geométrica anual - concentração máxima diária que não deve ser excedida mais que uma vez por ano.
Fumaça	60 ug/m <sup>3</sup> 150 ug/m <sup>3</sup>	- média geométrica anual - concentração máxima diária que não deve ser excedida mais que uma vez por ano.
Monóxido de carbono	10 mg/m <sup>3</sup> (ou 9 p.p.m.)  40 mg/m <sup>3</sup> (ou 25 p.p.m.)	- concentração máxima em amostras de 8 horas, que não deve ser excedida mais do que uma vez por ano. - concentração máxima em amostras de 1 hora, que não deve ser excedida mais do que uma vez por ano.

#### 4.2.4. Poluição da água

A rodovia interfere nos recursos hídricos de uma dada região, e embora não possa ser utilizada como um usuário comum deste recurso natural, as rodovias comportam-se como agentes de transformações e acrescentam riscos a qualidade da água e dos cursos d'água que atravessa, sem poder receber escoamento de resíduos depositados sobre o pavimento, ou oriundos de sua própria decomposição, como pelo risco potencial de descarga de poluentes. A contaminação potencial dos corpos d'água se verifica no risco representado por prováveis acidentes envolvendo o transporte de produtos perigosos.

A avaliação das condições de qualidade da água é feita de acordo com a classificação e os indicadores previstos na Resolução do Conselho Nacional do Meio ambiente – CONAMA – Nº 20/86, que baseia-se nos usos dos recursos d'água: abastecimento público, recreação, preservação de flora e fauna naturais, atividades agropastoris, uso estético etc.

O transporte das cargas perigosas, no Brasil, é regido pelo Decreto nº 96.044 de 18 de maio de 1988, que regula o transporte rodoviário de produtos perigosos.

#### 4.2.5. Soluções para passivos de rodovias em áreas urbanas

As soluções, geralmente, adotadas para mitigar o passivo de rodovias em áreas urbanas, seriam:

- implantar dispositivos para a segurança no tráfego, tais como controladores de velocidade, passarelas e barreiras de separação entre os pedestres e usuários da rodovia;
- redimensionar os trevos e as interseções existentes segundo as novas previsões de tráfego;
- implantar acessos regulares para postos de serviço e propriedades lindeiras;
- criar vias coletoras laterais, reduzindo o número de interferências à rodovia;
- recuperar áreas de exploração predatória e antigas áreas exploradas, como jazidas abandonadas, etc.
- em conjunto com o órgão de gerenciamento ambiental, fiscalizar e coibir a emissão de ruído acima dos limites permitidos pela legislação vigente;
- exigir que os caminhões de transporte de materiais sejam equipados com lonas que evite a queda de material durante o transporte na rodovia;
- em conjunto com o órgão ambiental local, fiscalizar e coibir a ocorrência de emissões oriundas de veículos com motores desregulados;
- adotar medidas que envolvam a engenharia de tráfego para o controle nos cruzamentos, e nos pontos negros;
- oferecer rotas alternativas para os veículos em trânsito (de passagem, com origem e destino fora da área especificada);
- sinalizar trechos onde há grande movimento de pedestres, imediações de escolas, hospitais, equipamentos urbanos de lazer, e nas imediações de unidades comerciais e industriais etc.;

- fiscalizar e impedir a ocupação desordenada da área de influência direta da rodovia, em conjunto com organismos competentes;
- inspecionar e recuperar os dispositivos de drenagem e as seções dos rios junto às obras de arte especiais;
- limpar permanentemente a faixa de domínio;
- recompor a sinalização viva;
- proibir a colocação de placas e *outdoors* dentro da faixa de domínio e discipliná-la fora da faixa;
- proceder campanhas de educação ambiental e de conscientização da população lindeira e dos usuários sobre a proibição de jogar lixo na rodovia e em sua faixa de domínio;
- recompor a cobertura vegetal;
- fiscalização contra construções irregulares e invasões;
- evitar a exploração predatória.

#### 4.3. PASSIVO AMBIENTAL DE RODOVIAS EM ÁREAS RURAIS

Os passivos ambientais de rodovias verificados em áreas rurais fazem-se sentir sob os seguintes aspectos: a valorização das terras e a indução à urbanização local.

Muitas vezes a presença da rodovia no meio das propriedades torna-se uma barreira intransponível, devido ao aumento de tráfego, o surgimento de tráfego pesado para escoação de produtos agrícolas, ao atropelamentos de animais, a poluição advinda das rodovias, etc.

A poluição por sua vez age sobre os vegetais e os produtos de origem animal podendo trazer prejuízos à saúde dos consumidores e a própria produção agropecuária, ao decréscimo na quantidade produzida, ou queda na qualidade dos produtos.

Assim, mudanças na ocupação do solo na faixa de domínio da rodovia com o comércio informal e o aparecimento de acessos irregulares induzem a processos de urbanização cada vez maiores.

A aplicação de agrotóxicos nas áreas adjacentes, com manipulação e transporte inadequados, podem causar poluição do solo e das águas superficial e subterrânea.

Além destes passivos verifica-se a intrusão visual e as queimadas decorrentes de atividades agrícolas.

Uma estrada que foi concebida para uma área rural acaba por tornar-se uma via urbana, sem especificações adequadas a essa nova condição, onde os maiores problemas passam a ser a convivência da comunidade lindeira com o tráfego, a disputa do tráfego local com o de passagem, os veículos pesados, o transporte de cargas perigosas etc.. Sem as obras adequadas, surgem os acidentes que envolvem pessoas da comunidade. Essa situação acaba sendo cumulativa (BITTENCOURT, 1998).

#### **4.3.1. Soluções para passivos de rodovias em áreas rurais**

A soluções geralmente adotadas para mitigar o passivo de rodovias em áreas rurais, seriam:

- desenvolver programas de educação ambiental e de manejo agrícola;
- fiscalizar as construções irregulares;
- implantar acessos regulares para postos de serviço e propriedades lindeiras;
- recuperar áreas de exploração predatória;
- inspecionar e recuperar os dispositivos de drenagem e as seções dos rios junto às obras de arte especiais;
- limpar permanentemente a faixa de domínio;
- recompor a sinalização;

- proibir a colocação de placas e *outdoors* dentro da faixa de domínio e disciplinar as placas colocadas fora da faixa;
- proceder campanhas de conscientização da população lindeira e dos usuários sobre a proibição de jogar lixo na rodovia e em sua faixa de domínio;
- recompor a cobertura vegetal;
- gerenciamento da exploração turística;
- adotar medidas que inibam a introdução de novas culturas inadequadas, a utilização das margens dos rios, lagos e lagoas para o plantio.

A degradação das terras é o mais grave problema ambiental, que reduz a produtividade agrícola de vastas regiões e inviabiliza o atendimento de necessidades básicas. O planejamento do uso das terras associado a um melhor manejo, oferece soluções a longo prazo para inibir a degradação das terras.

As pesquisas voltadas para sistemas de produção agrícola devem ser privilegiadas, promovendo a instrução formal e não-formal de agricultores e de comunidades rurais, organizando programas de conscientização sobre serviços rurais e técnicas de processamento agrícola.

Existem vários métodos de avaliação da superfície de pavimentos de rodovias para se estabelecer um índice de qualidade baseado em medições e/ou verificações da presença de defeitos. Alguns destes métodos de avaliações de superfície adiante apresentados servem de orientação à elaboração de um método de qualidade ambiental, de modo análogo.

### 5.1. OBJETIVOS DE UM LEVANTAMENTO

Os objetivos de um levantamento de superfície de pavimento são voltados ao estágio e ao tipo do defeito. Autores como GORDON et al. (1985), AASHTO (1986), GRIVAS et al. (1991), BARROS (1991), PRAKASH et al. (1994), CENEK et al. (1994) e HASS et al. (1994) apud MARCON et al., (1995) definem as avaliações com as seguintes finalidades:

- a) determinação da condição atual de um trecho ou de uma rede de pavimentos;
- b) elaboração de curvas de previsão de deteriorização a partir do momento que se disponha de um conjunto apropriado de dados de levantamentos de defeitos;
- c) identificação das necessidades atuais e futuras da rede, quanto a manutenção, com base na velocidade de deteriorização por curvas de previsão;
- d) estabelecimento de prioridades na programação de investimentos sob restrição orçamentária;
- e) determinação da eficácia das alternativas de intervenção de manutenção, permitindo a seleção adequada da solução a ser empregada;
- f) verificação das prováveis causas de acidentes;

- g) definição de segmentos homogêneos para fins de projeto e para seleção de alternativas;
- h) detecção de mudanças de condições entre duas avaliações periódicas;
- i) caracterização das causas dos defeitos, dos fatores ambientais, das cargas, dos problemas construtivos, dos materiais, etc., com vistas à política de manutenção (CARDOSO et al., 1993).

## 5.2. METODOS DE LEVANTAMENTO DE PAVIMENTOS

Há um número razoável de métodos de levantamento de defeitos de superfície, que diferem entre si com relação a fatores como (SHAHIN e KOHN, 1979; EPS e MONISMITH, 1986; AASHTO, 1986; AUTRET e BROUSSE, 1991; GRIVAS et al., 1991 apud MARCON et al., (1995):

- a) tipo: identificação do defeito, classificando-o pela sua causa;
- b) severidade: determinação do grau de deterioração do defeito, e análise de sua progressão;
- c) densidade: avaliação de extensão relativa de área do pavimento atingida por cada defeito e da respectiva severidade.

As características mais importantes de alguns dos métodos mais conhecidos de levantamento de defeito de superfície são:

### **a) DNER-PRO 08/78 (DNER, 1978)**

O DNER-PRO 08/78 avalia a rodovia quanto à condição de sua superfície, considerando trechos homogêneos.

Neste método a avaliação da superfície é feita por amostragem, o levantamento é feito a pé. Os tipos e severidades dos defeitos são inventariados e transcritos manualmente em uma planilha sem a avaliação da extensão, e agrupados em oito grupos para fins de ponderação.

O IGG (índice global de gravidade) é calculado por trechos homogêneos, com extensão máxima de 1km. Segmento homogêneo deve ser entendido o segmento que apresenta um conjunto de observações praticamente constante e bem diferenciado de um conjunto de informações sobre defeitos imediatamente precedente e imediatamente sucessivo ao mesmo; ou seja, um segmento homogêneo apresenta ao longo de seu inventário defeitos semelhantes.

Um índice de qualidade de pavimentos denominado índice de gravidade global é calculado através da equação:

$$IGG = \sum IGI \quad (5.1)$$

onde:

$\sum IGI$  = somatório dos índices de gravidade individual, calculados de acordo com a equação:

$$IGI = fr * fp \quad (5.2)$$

onde:

fr= frequência relativa, fp= frequência absoluta.

Calcula-se a frequência relativa (fr) de cada tipo de defeito observado, tomando-se o número de observações do mesmo nas estações de ensaio de frequência absoluta (fa), através da equação:

$$fr = (fa/N) \cdot 100 \quad (5.3)$$

Para cada tipo de defeito é atribuído um fator de ponderação (fp), aparentemente arbitrário, que denota a severidade relativa de um tipo de defeito em relação aos demais (Tabela 5.1).

**TABELA 5.1 – VALOR DO FATOR DE PONDERAÇÃO DO IGG (DNER/PRO 08/78)**

TIPO	Codificação das ocorrências (de acordo com a terminologia “Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos)	Fator de ponderação
1	FC-1 (FI, TTC, TTL, TLC, TLL E TRR)	0,2
2	FC-2 (J E TB)	0,5
3	FC-3 (JE E TBE)	0,8
4	ALP E ATP	0,9
5	O E P	1,0
6	Ex	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Para a média aritmética das médias e para as variâncias das flechas o fator de ponderação a utilizar depende do valor da média aritmética, conforme a seguir estabelecido:

- a) quando a média aritmética for igual ou inferior a 30, o fator de ponderação é igual a  $4/3$ , quando superior a 30, o IGI é igual a 40;
- b) quando a variância for igual ou inferior a 50, o fator de ponderação é igual a um; quando superior a 50, o IGI é igual a 50.

**b) MÉTODO PARAGON (GONTIJO et al., 1994)**

O desenvolvimento desta metodologia tomou por base os princípios de avaliação desenvolvidos pelo Prof. Armando Martins Pereira em seu trabalho “Um Método Expedito de Avaliação de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos”. O método PARAGON permite estabelecer o “estado de sanidade” dos pavimentos, caracterizando as causas das degradações e de suas respectivas localizações (camadas aonde residem os problemas).

As características mais importantes do método Paragon são:

- o método é aplicável a pavimentos de concreto asfáltico e tratamento superficial;
- a avaliação é feita de modo contínuo com o veículo trafegando a uma velocidade operacional de 10 a 20 km/h;
- são registrados os tipos e as severidades dos defeitos.

O cálculo dos índices para um trecho constitui basicamente em dividir o intervalo entre duas estacas (20,0 m) em semi-intervalos de 1,0 m e em identificar a existência de cada defeito neste semi-intervalo. Em função do número de vezes em que se verifica a incidência de cada defeito, calcula-se a ocorrência de cada defeito pela equação:

$$fr = \frac{\text{número de semi-intervalos de 1,0m afetados}}{\text{total de semi-intervalos}} \times 100 \quad (5.4)$$

20

A metodologia do índice de serventia Paragon caracteriza de forma individual e constante as condições de degradação superficial, de deformação permanente e de deformabilidade elástica do pavimento existente. São levantados os principais defeitos – de todas naturezas – e quantificados numericamente as suas frequências absoluta e relativa de ocorrência. Os valores são afetados por fatores de ponderação (tradutores do grau de responsabilidade de cada evento), procedimento que permite calcular os índices de serventia individual (ISI) de cada defeito e de severidade global, representando o estado geral do pavimento em relação a cada uma das características levantadas (GONTIJO, 1994).

Os parâmetros calculados – ISG<sub>DS</sub> (índice de severidade global de degradação superficial), ISG<sub>DP</sub> (índice de severidade global de deformação permanente) e ISG<sub>DE</sub> (índice de severidade global de deformabilidade elástica) – são reduzidos a uma mesma escala numérica, análoga a proposta pela AASHTO, variável no intervalo de 0 a 5. São concebidos novos índices, caracterizadores individuais, que são os índices de condição de degradação superficial (ICDS), o índice de condição de deformação permanente (ICDP) e o índice de condição de deformabilidade elástica (ICDE). (Tabela 5.2)

**TABELA 5.2 – FATORES DE PONDERAÇÃO DOS ÍNDICES DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO (GONTIJO, 1994)**

FATORES DE PONDERAÇÃO DOS ÍNDICES DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO		
ÍNDICE DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO	NOTAÇÃO	FATOR DE PONDERAÇÃO
ÍNDICE DA CONDIÇÃO DE DEGRADAÇÃO SUPERFICIAL	ICDS	(5-ICDS)
ÍNDICE DA CONDIÇÃO DE DEFORMAÇÃO PERMANENTE	ICDP	(5-ICDP)
ÍNDICE DA CONDIÇÃO DE DEFORMABILIDADE ELÁSTICA	ICDE	(5-ICDE)

O índice de serventia Paragon é calculado em função dos três índices de caracterização e dos fatores de ponderação através da equação:

$$ISP = \frac{P1 \times ICDS + P2 \times ICDP + P3 \times ICDE}{P1+P2+P3} \quad (5.5)$$

$$P1 = (5,0 - \text{valor médio do ICDS})$$

$$P2 = (5,0 - \text{valor médio do ICDP})$$

$$P3 = (5,0 - \text{valor médio do ICDE})$$

O ISP assume valores entre 0 e 5, com enquadramento análogo aos conceitos de serventia definidos no método da AASHTO.

### c) VIZIR (AUTRET e BROUSSEAUD, 1991)

As principais características do método Vizir são:

- é aplicável a pavimentos flexíveis betuminosos;
- a avaliação é feita de forma contínua através do aparelho DESY 2000 ou manualmente;
- o avaliador pode se deslocar a pé ou com um veículo trafegando a uma velocidade de 20km/h;

- os tipos, as severidades e as extensões dos defeitos são registrados;
- no cálculo dos índices, o pavimento é seccionado em segmentos de 500 m para gerência de rede e em 200 m para projeto. Os índices de fissuração (If) e o índice de deformação (Id) são calculados por último com estes dois o índice global de degradação (Is).

#### **d) ICP (Índice de Condição do Pavimento)**

O índice de condição do pavimento (ICP) ou em inglês, *Pavement Condition Index* (PCI), foi desenvolvido pelo *United States Army Corps of Engineers* (USACE) na década de 1970, com o objetivo de classificar a condição de pavimento de estradas militares, ruas e áreas de estacionamento. As principais características deste método são:

- a avaliação da superfície é feita por amostragem;
- o método é aplicado a pavimentos flexíveis e rígidos;
- o levantamento é feito a pé e manualmente com o preenchimento de planilhas;
- os tipos, as severidades e as extensões dos defeitos são registrados;
- em função do tipo de defeito observado, de sua severidade e de sua densidade é calculado o índice de condição de pavimento (ICP).

#### **5.2.1. Análise dos Métodos**

A análise conjunta dos métodos acima citados permite uma abordagem comparativa quanto aos tipos de levantamento de defeitos:

- maiores diferenças quanto ao modo de levantar a amostragem e a severidade;
- semelhança muito grande no enquadramento dos principais defeitos, os trincamentos, a profundidade de trilha de roda, as panelas e os remendos.

O agrupamento com relação às causas (carga, clima, materiais e outros) do método PCI, mostrou um procedimento com validação nos modelos de desempenho e na indicação das soluções adequadas de serviços de manutenção (MARCON, CARDOSO e APS, 1995).

Os levantamentos em que avaliador caminha sobre ou ao lado da superfície do pavimento, fornece dados mais precisos (HASS et al. 1994). A utilização de veículos para deslocamento do avaliador como o DESY 2000 e PARAGON/HICS – *Highway Inventory Computer System* aumentam a produção. Por outro lado o uso de equipamentos tipo câmera fotográfica ou filmadoras, com o veículo se deslocando a velocidades maiores, aumentam a produção e a segurança.

A utilização de catálogos de defeitos é importante na identificação dos mesmos e facilita o trabalho dos avaliadores.

A avaliação dos defeitos de superfície é executada por pessoas com conhecimentos técnicos sobre os métodos, as aplicações e os processo de medição. Pode ser feita de forma contínua ou por amostragem.

Na seleção das amostras é importante que a área amostrada seja suficiente para não provocar erros de interpretação e que o posicionamento das amostras tenha caráter aleatório.

Os erros de avaliação estão relacionados com (EPPS & MONISMITH (1986); GRIVAS et al. (1991); GORDON et al. (1985); LIVNEH (1994); GUILFORD (1954) apud MARCON et al. (1995)):

a) A qualidade dos dados depende de fatores como:

- precisão que se relaciona com os erros cometidos nas medidas;
- repetição que diz respeito a capacidade de um mesmo avaliador obter resultados idênticos, repetindo a medida várias vezes;
- reprodutibilidade que diz respeito à capacidade de diferentes avaliadores obterem o mesmo resultado.

b) Os erros cometidos pelos avaliadores:

- leniência que é a tendência de um avaliador constantemente avaliar muito alto ou muito baixo, por qualquer razão;
- tendência central que é a hesitação do avaliador em fazer julgamentos nos extremos e, portanto conferir sempre valores muito próximos a média;
- efeito halo em que o julgamento do avaliador é contaminado por critérios irrelevantes, que constituem o que se pode chamar de impressão geral das condições da rodovia;
- lógica de avaliação que é atribuído a pressuposições lógicas na mente do avaliador. É a coerência lógica aparente de vários parâmetros independente da seção da rodovia, por exemplo, a coerência atribuída a remendo e irregularidade;
- proximidade que é atribuída à avaliação de dois parâmetros que estão fisicamente próximos a tempos semelhantes, por exemplo, a avaliação de quebra de borda e condição do acostamento devem ser separados no tempo durante uma avaliação.

Para melhorar a confiabilidade dos resultados, é recomendável um treinamento prático para os avaliadores.

O cálculo do índice de degradação ICP (índice de condição do pavimento), índice de gravidade global (DNER) e índice global de degradação (VIZIR) são calculados em função dos defeitos de superfície e outros fazem uso de outros parâmetros como irregularidade e deflexão (PARAGON). A elaboração é complexa e envolve componentes como a seleção de variáveis envolvidas, a definição de fatores de ponderação, as escalas e as finalidades do índice.

Os índices de degradação tem a função de aglutinar vários parâmetros determinados em levantamentos de estado da superfície de pavimentos, obtendo um conceito das condições gerais do pavimento. São úteis à priorização e à definição de serviços de manutenção (HASS et al., 1994).

Uma orientação sobre a elaboração de índices de Degradação pode ser obtida em DOMINGUES (1993) onde o mesmo relata que para avaliar corretamente pavimentos, é preciso uma maneira de lhes atribuir “notas” em função dos defeitos que apresentam. As

notas são atribuídas em função da deterioração causada por algum tipo de defeito ou por um conjunto de tipos de defeito.

Três famílias de índices de defeito são apresentadas por DOMINGUES (1993):

- índices de defeitos individuais;
- índices de defeitos combinados;
- índices globais de defeitos.

Os índices analisados apresentam características principais:

- para cada tipo de defeito, devem ser registrados fatores de peso, de severidade e de extensão;
- uma escala de avaliação única, define um valor para o pavimento perfeito e uma nota para o limite de aceitabilidade do pavimento;
- podem examinar os métodos de projeto de pavimento e o impacto das variáveis de projeto e construção no desempenho do pavimento;
- checar a precisão e modificar modelos de desempenho de pavimentos existentes;
- produzir lista de prioridades de seções uniformes de rede de pavimentos.

As limitações (DOMINGUES, 1993) são as seguintes:

- o valor de qualquer índice de defeito reflete a condição observada durante o levantamento;
- o valor do índice isoladamente não representa a avaliação da deterioração do pavimento;
- independente da vida de projeto dos pavimentos, os valores dos índices de defeitos de seções reabilitadas ou reconstruídas recentemente são geralmente iguais;
- pode ser enganosa a priorização baseada em valores de índices que não considere os dados históricos;

- poderá haver duas ou mais seções com os mesmos valores de índices de defeito que tenham avaliações radicalmente diferentes, prejudicando a classificação;
- para avaliar os benefícios das atividades de reabilitação, os índices de defeitos não podem ser usados isoladamente;
- se os benefícios da reabilitação forem medidos pela melhoria no valor do índice de defeito, as decisões sobre reabilitação tendem a favorecer reparos baratos;
- decisões de reabilitação, baseadas exclusivamente em índices de defeitos, poderiam não ajudar o usuário a controlar futura distribuição das condições da rede;
- o valor de qualquer índice combinado do pavimento ou índice global do pavimento é obtido tirando-se a média dos vários atributos de defeito, com fatores de peso apropriados. Seus valores isoladamente não permitem o exame de vários tipos de defeitos, nem refletem a verdadeira condição do pavimento;
- o valor de um índice combinado ou global pode ser usado para estimar as necessidades a nível de rede;
- o índice combinado do pavimento ou índice global do pavimento não são indicados para identificar a porcentagem de dano originário de cada atributo de defeito. Estes indicam a quantidade média de danos distribuídos por uma seção de pavimento pelos vários atributos do defeito.

O pavimento de uma rodovia deve propiciar segurança, conforto e economia atendendo às necessidades de seus usuários e da população.

O passivo ambiental de malhas rodoviárias contempla a indissociável relação entre os componentes naturais e a ação do homem, estabelecendo uma dinâmica própria sustentável entre os diversos componentes do meio físico, suas causas e impactos em malhas rodoviárias. Os passivos ambientais de malhas rodoviárias decorrem de falhas de construção, de restauração, de manutenção ou a causada por terceiros, encontram-se cada vez mais necessitando de mecanismos para verificação, acompanhamento e avaliação.

Esta dissertação busca a verificação da qualidade ambiental das rodovias observando sua funcionalidade e a conservação de seus recursos naturais, integradas à segurança do usuário e das populações lindeiras. Através deste quadro de relações surgiu a idéia de padronização do levantamento cadastral do passivo ambiental para implementação de um índice de qualidade ambiental rodoviária.

### 6.1. TIPO DE PESQUISA

Para esta dissertação foi adotada a chamada pesquisa exploratória, com a realização de pesquisas e estudos realizados em campo.

Uma pesquisa exploratória é caracterizada pelo levantamento explicativo, avaliativo e interpretativo, e tem como objetivo a aplicação ou a mudança de alguma situação ou fenômeno (HYMANN, 1967). Pode, também, ser considerada experimental quando centrada em determinado fator, privilegiando a relação causa/efeito (BEST, 1972).

O levantamento explicativo segue o modelo da experiência de laboratório com a diferença fundamental de que ele tenta representar este plano em um ambiente natural. Em lugar de

criar e manipular as variáveis independentes cujos efeitos estão para ser seguidos, o analista de levantamento deve encontrar no ambiente natural exemplos desses fatores.

A clareza na definição e conceituação do fenômeno é, portanto, um requisito para análises explicativas eficazes (HYMANN, 1967).

## 6.2. ÁREA DE INFLUÊNCIA

Na determinação da área de influência direta do trecho estudado, adotou-se o levantamento junto às sedes municipais de cada região para a divisão da rodovia em áreas urbanas e rurais.

A área de influência direta de uma rodovia é o espaço físico que a contém onde se processam as atividades econômicas por ela condicionadas ou dela dependentes.

O levantamento cadastral do passivo ambiental é realizado de maneira direta na rodovia em estudo, preenchendo-se as planilhas resultantes de uma base de estudo bibliográfica.

Os “grupos de cadastro” para a análise dos passivos ambientais são:

**Grupo 1: Passivos geotécnicos** (na faixa de domínio, áreas adjacentes e antigas áreas exploradas da rodovia);

**Grupo 2: Passivos de rodovias em áreas urbanas** (na faixa de domínio e áreas adjacentes da rodovia);

**Grupo 3: Passivos de rodovias em áreas rurais** (na faixa de domínio e áreas adjacentes da rodovia).

No entanto, deve-se ter em conta que a natureza apresenta grande diversidade envolvendo aspectos ambientais. E também, devem existir ocorrências, que não foram caracterizadas e inventariadas.

### 6.3. SELEÇÃO DE PESSOAL

Buscando desenvolver um procedimento capaz de definir o índice de qualidade ambiental em que se encontra a rodovia, para maior facilidade e de modo a homogeneizar a linguagem técnica, os passivos ambientais foram previamente identificados e agrupados em planilhas-modelo e codificados através de notações simplificadas.

Um avaliador treinado percorrerá a rodovia observando e registrando todos os passivos ambientais. O avaliador é responsável por:

- proceder a análise ambiental;
- preencher corretamente o cadastro;
- processar os dados e emitir o índice de qualidade ambiental da rodovia.

Trata-se de uma triagem preliminar, apoiada na observação “in loco”, e que visa o acompanhamento do desempenho ambiental para melhor entendimento da correlação entre os transportes rodoviários e a utilização do meio ambiente de maneira sustentável.

### 6.4. ETAPAS DO MÉTODO PROPOSTO

A elaboração das tabelas do levantamento cadastral do passivo ambiental baseia-se nos princípios de avaliação do modelo apresentado pelo Manual rodoviário de conservação, monitoramento e controles ambientais (DNER, 1996b). As adaptações no cadastramento do DNER foram no sentido de agrupar outras informações e dividi-los em grupos distintos: cadastro de passivos geotécnicos, de passivos urbanos e cadastro dos passivos rurais.

De início procurou-se identificar, agrupar e padronizar os passivos ambientais segundo a gênese e a natureza das manifestações de passivos ambientais encontradas com certa frequência nas rodovias catarinenses.

O resultados desta fase do trabalho, após conveniente sintetização, divide-se em três grupos (passivos geotécnicos, passivos em áreas urbanas, passivos em áreas rurais) formando as planilhas-modelo utilizadas como levantamento cadastral. O preenchimento

do cadastro é acompanhado de uma documentação fotográfica dos passivos ambientais identificados na análise.

O levantamento cadastral na rodovia é feito após a divisão da rodovia em trechos delimitados por suas áreas urbanas e rurais. Selecionam-se as planilhas de levantamento cadastral, anotando-se o km onde o passivo aparece. Uma vez cadastrados os passivos ambientais, de acordo com a padronização sugerida, é necessário adotar, a cada passivo, um nível de gravidade concomitante com a atribuição de um determinado peso de referência, o qual visa demonstrar a necessidade de priorizar recursos na sua recuperação. Este procedimento é necessário na medida em que muitos passivos podem ser reconhecidos, em maior ou menor nível de gravidade, tanto ao tráfego quanto para as áreas adjacentes, a fim de contribuir para implementação do índice de qualidade ambiental rodoviária.

De fato, é especialmente importante evitar que os problemas de hoje, por não terem sido tratados adequadamente, venham a evoluir, tornando-se os grandes problemas do futuro, os quais demandam obras onerosas para nosso país.

A implantação do índice é feita a partir do término do levantamento cadastral do passivo ambiental da rodovia em estudo. Inclui a coleta de informações básicas, mediante a contagem e classificação de ocorrências observadas em campo.

Ao longo do texto aborda-se toda a formulação matemática aplicada durante o desenvolvimento da atribuição do peso de referência e a obtenção final do índice de qualidade ambiental rodoviária.

Em resumo, o método proposto segue as seguintes etapas:

1. Cadastramento dos dados de interesse.
2. Padronização dos dados.
3. Análise e classificação dos passivos ambientais.
4. Atribuição do nível de gravidade de cada passivo.
5. Atribuição do peso de referência.

## 6. Obtenção do índice de qualidade ambiental rodoviária.

### 6.5. CADASTRO DO PASSIVO AMBIENTAL

O levantamento cadastral do passivo ambiental no método proposto é realizado com o preenchimento de conjuntos de quadros e tabelas, que reúnem dados para o cadastro, cuja finalidade é estabelecer a padronização, a análise, a classificação e a atribuição de um nível de gravidade e a adoção de um peso de referência para cada passivo encontrado na rodovia.

O estudo do passivo ambiental decorre das características de desenvolvimento de cada um de seus grupos, tornando-se necessário distingui-los:

#### 6.5.1. Passivos ambientais geotécnicos

Os levantamentos de campo dos passivos ambientais geotécnicos ocupam-se com o mapeamento, a identificação de feições de instabilidade, a investigação de áreas exploradas pela construção da rodovia e decorrente da ação de terceiros, e de outros aspectos de interesse para sustentabilidade rodoviária.

O cadastro dos passivos geotécnicos diferencia-se dos grupos I e II (Tabela 4.1 e Tabela 4.2) do cadastro do DNER (1996b) pelas seguintes características:

- classificação diferenciada da ocorrência do passivo;
- análise mais completa, agregando também formas de drenagem e estado em que se encontram;
- inserção da geometria do passivo geotécnico com os seguintes dados: altura, largura, inclinação e distância do passivo ao eixo da rodovia;
- inserção de causas relacionadas a cada passivo;
- inserção de recomendações e descrição do avaliador;

- consideração de cinco níveis de gravidade para o tráfego e áreas adjacentes, em função de suas características mais comuns;
- atribuição de um peso de referência para cada passivo geotécnico.

A elaboração de fichas de cadastro foi orientada para facilitar o levantamento e a sistematização desses dados, principalmente quando existem vários locais a serem vistoriados.

Todos os casos que afetam a estrutura geotécnica na faixa de domínio e nas áreas adjacentes a rodovia, independente de sua origem ou causa, oferecendo risco de dano ou impedimento do fluxo de tráfego, devem ser avaliados segundo suas características, de forma a orientar a adoção de medidas corretivas ou mitigadoras. Em geral, devem conduzir a reavaliação da eficiência dos projetos ambientais, tais como, estabilização de encostas, drenagens pluviais, travessias sobre drenagens naturais, indicando as intervenções necessárias para garantir a integridade da rodovia e a conservação dos recursos naturais sob sua influência.

O passivo ambiental geotécnico, quando identificado em seu estágio inicial, pode ser resolvido, na maioria dos casos, mediante soluções simples, econômicas e que contribuem para a maior segurança do tráfego, a preservação do meio ambiente e melhor qualidade de vida.

A Tabela 6.1 apresenta a planilha-modelo de cadastro dos passivos geotécnicos e a Tabela 6.2 representa sua classificação padronizada.



TABELA 6.2 - CLASSIFICAÇÃO DOS PASSIVOS GEOTÉCNICOS (DNER, 1996b, MODELO ALTERADO)

OCORRÊNCIA	TIPO DE PASSIVO	MAT. PREDOM.	CAUSAS		NÍVEL DE GRAVIDADE PARA TRÁFEGO			
			ROCHA SO SOLO MH MISTURA HOMOG.	ROCHA SO SOLO MH MISTURA HOMOG.  COBERT. VEGET. SEM COBERTURA GRAMA LAVOURA/PASTAG. TUBULAÇÕES ROMP.	1	2	NÃO OFERECE PERIGO AO TRÁFEGO	EVOLUÇÃO DO PASSIVO
TC	01 EROSÃO EM SULCO	RO	G01 Deficiência do sistema de drenagem	1	NÃO OFERECE PERIGO AO TRÁFEGO			
	02 EROSÃO LONGIT. EM PLATAFORMA	SO	G02 Ausência do sistema de drenagem					
	03 EROSÃO DIFERENCIADA	MH	G03 Deficiência do sistema de drenagem interna					
TA	04 EROSÃO INTERNA	SC	G04 Ausência do sistema de drenagem interna	2	BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA AO TRÁFEGO			
	05 RAVINAMENTO		G05 Deficiência de proteção superficial					
	06 VOÇOROCA		G06 Ausência de proteção superficial					
	07 DESAGREGAÇÃO SUPERFICIAL		G07 Concentração de água superficial e/ou intercepção do lençol freático					
			08 RASTEJOS			G08 Secagem ou umedecimento do material		
						G09 Estruturas residuais		
CE	09 ESCORREGAMENTO	DC	G10 Inclinação acentuada	3	NÍVEL INTERMEDIÁRIO DE INTERFERÊNCIA AO TRÁFEGO			
	10 QUEDA DE BLOCOS		G11 Presença de solos hidromórficos					
			11 CORRIDA DE MASSA			G12 Inclinações incompatíveis com o material		
	12 RECALQUE					G13 Descontinuidades de solo/rocha		
			13 ASSOREAMENTO:			G14 Heterogeneidade de materiais		
	14 DE EROSÃO EM CORTE					G15 Saturação do solo		
						15 DE ESCORREG. EM CORTE	G16 Descalcamento da base	
	16 DE EROSÃO EM ATERRO		G17 Corpo de talus					
			17 DE ESCORREG. EM ATERRO			G18 Má qualidade do material		
	18 DE ÁREAS EXPLORADAS DE BOTA-FORAS					G19 Compactação inadequada		
			J			19 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO	G20 Obstrução de bueiros e galerias	4
	20 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA						G21 Rompimento de bueiros e galerias	
21 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA		G22 Baixa capacidade de suporte da fundação						
	22 DE EROSÃO EM ATERRO	G23 Conformação topográfica inadequada						
23 DE ESCORREG. EM ATERRO		G24 Alteração no estado de tensão						
	24 DE ÁREAS EXPLORADAS	G25 Deslocamento						
25 DE BOTA-FORAS		G26 Por evolução						
	26 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO	G27 Por problemas de fundação						
27 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA		G28 Decorrente da ação de terceiros						
	28 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA	G29 Infiltrações durante períodos de precipitação						
29 DE EROSÃO EM ATERRO		G30 Ação da água e de raízes						
	30 DE ESCORREG. EM ATERRO	G31 Descontinuidade do maciço rochoso						
31 DE ÁREAS EXPLORADAS		G32 Condução predatória						
	32 DE BOTA-FORAS	G33 Falta de recuperação						
33 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		G34 Manejo agrícola inadequado						
	34 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA							
BF		19 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO	CS	PRESENÇA DE ÁGUA	2	BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA EM ÁREAS ADJACENTES		
	20 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA						COM SURGÊNCIA UMIDADE	
								21 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA
	22 DE EROSÃO EM ATERRO						TUBULAÇÕES ROMP.	
								23 DE ESCORREG. EM ATERRO
	24 DE ÁREAS EXPLORADAS						ALTURA	
								25 DE BOTA-FORAS
	26 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO						INCLINAÇÃO	
								27 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA
	28 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA							
								29 DE EROSÃO EM ATERRO
	30 DE ESCORREG. EM ATERRO							
31 DE ÁREAS EXPLORADAS								
	32 DE BOTA-FORAS							
33 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO								
	34 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA							
UI		19 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		CS	PRESENÇA DE ÁGUA	2	BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA EM ÁREAS ADJACENTES	
	20 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA		COM SURGÊNCIA UMIDADE					
								21 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA
	22 DE EROSÃO EM ATERRO		TUBULAÇÕES ROMP.					
								23 DE ESCORREG. EM ATERRO
	24 DE ÁREAS EXPLORADAS		ALTURA					
								25 DE BOTA-FORAS
	26 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		INCLINAÇÃO					
								27 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA
	28 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA							
								29 DE EROSÃO EM ATERRO
	30 DE ESCORREG. EM ATERRO							
31 DE ÁREAS EXPLORADAS								
	32 DE BOTA-FORAS							
33 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO								
	34 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA							
P		19 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		CS	PRESENÇA DE ÁGUA	2	NÃO OFERECE PERIGO A ÁREAS ADJACENTES	
	20 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA		COM SURGÊNCIA UMIDADE					
								21 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA
	22 DE EROSÃO EM ATERRO		TUBULAÇÕES ROMP.					
								23 DE ESCORREG. EM ATERRO
	24 DE ÁREAS EXPLORADAS		ALTURA					
								25 DE BOTA-FORAS
	26 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		INCLINAÇÃO					
								27 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA
	28 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA							
								29 DE EROSÃO EM ATERRO
	30 DE ESCORREG. EM ATERRO							
31 DE ÁREAS EXPLORADAS								
	32 DE BOTA-FORAS							
33 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO								
	34 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA							
UI		19 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		CS	PRESENÇA DE ÁGUA	2	BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA EM ÁREAS ADJACENTES	
	20 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA		COM SURGÊNCIA UMIDADE					
								21 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA
	22 DE EROSÃO EM ATERRO		TUBULAÇÕES ROMP.					
								23 DE ESCORREG. EM ATERRO
	24 DE ÁREAS EXPLORADAS		ALTURA					
								25 DE BOTA-FORAS
	26 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		INCLINAÇÃO					
								27 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA
	28 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA							
								29 DE EROSÃO EM ATERRO
	30 DE ESCORREG. EM ATERRO							
31 DE ÁREAS EXPLORADAS								
	32 DE BOTA-FORAS							
33 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO								
	34 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA							
P		19 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		CS	PRESENÇA DE ÁGUA	2	NÃO OFERECE PERIGO A ÁREAS ADJACENTES	
	20 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA		COM SURGÊNCIA UMIDADE					
								21 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA
	22 DE EROSÃO EM ATERRO		TUBULAÇÕES ROMP.					
								23 DE ESCORREG. EM ATERRO
	24 DE ÁREAS EXPLORADAS		ALTURA					
								25 DE BOTA-FORAS
	26 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		INCLINAÇÃO					
								27 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA
	28 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA							
								29 DE EROSÃO EM ATERRO
	30 DE ESCORREG. EM ATERRO							
31 DE ÁREAS EXPLORADAS								
	32 DE BOTA-FORAS							
33 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO								
	34 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA							
UI		19 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		CS	PRESENÇA DE ÁGUA	2	BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA EM ÁREAS ADJACENTES	
	20 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA		COM SURGÊNCIA UMIDADE					
								21 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA
	22 DE EROSÃO EM ATERRO		TUBULAÇÕES ROMP.					
								23 DE ESCORREG. EM ATERRO
	24 DE ÁREAS EXPLORADAS		ALTURA					
								25 DE BOTA-FORAS
	26 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		INCLINAÇÃO					
								27 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA
	28 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA							
								29 DE EROSÃO EM ATERRO
	30 DE ESCORREG. EM ATERRO							
31 DE ÁREAS EXPLORADAS								
	32 DE BOTA-FORAS							
33 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO								
	34 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA							
P		19 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		CS	PRESENÇA DE ÁGUA	2	NÃO OFERECE PERIGO A ÁREAS ADJACENTES	
	20 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA		COM SURGÊNCIA UMIDADE					
								21 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA
	22 DE EROSÃO EM ATERRO		TUBULAÇÕES ROMP.					
								23 DE ESCORREG. EM ATERRO
	24 DE ÁREAS EXPLORADAS		ALTURA					
								25 DE BOTA-FORAS
	26 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		INCLINAÇÃO					
								27 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA
	28 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA							
								29 DE EROSÃO EM ATERRO
	30 DE ESCORREG. EM ATERRO							
31 DE ÁREAS EXPLORADAS								
	32 DE BOTA-FORAS							
33 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO								
	34 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA							
UI		19 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		CS	PRESENÇA DE ÁGUA	2	BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA EM ÁREAS ADJACENTES	
	20 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA		COM SURGÊNCIA UMIDADE					
								21 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA
	22 DE EROSÃO EM ATERRO		TUBULAÇÕES ROMP.					
								23 DE ESCORREG. EM ATERRO
	24 DE ÁREAS EXPLORADAS		ALTURA					
								25 DE BOTA-FORAS
	26 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		INCLINAÇÃO					
								27 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA
	28 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA							
								29 DE EROSÃO EM ATERRO
	30 DE ESCORREG. EM ATERRO							
31 DE ÁREAS EXPLORADAS								
	32 DE BOTA-FORAS							
33 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO								
	34 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA							
P		19 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		CS	PRESENÇA DE ÁGUA	2	NÃO OFERECE PERIGO A ÁREAS ADJACENTES	
	20 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA		COM SURGÊNCIA UMIDADE					
								21 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA
	22 DE EROSÃO EM ATERRO		TUBULAÇÕES ROMP.					
								23 DE ESCORREG. EM ATERRO
	24 DE ÁREAS EXPLORADAS		ALTURA					
								25 DE BOTA-FORAS
	26 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		INCLINAÇÃO					
								27 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA
	28 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA							
								29 DE EROSÃO EM ATERRO
	30 DE ESCORREG. EM ATERRO							
31 DE ÁREAS EXPLORADAS								
	32 DE BOTA-FORAS							
33 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO								
	34 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA							
UI		19 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		CS	PRESENÇA DE ÁGUA	2	BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA EM ÁREAS ADJACENTES	
	20 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA		COM SURGÊNCIA UMIDADE					
								21 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA
	22 DE EROSÃO EM ATERRO		TUBULAÇÕES ROMP.					
								23 DE ESCORREG. EM ATERRO
	24 DE ÁREAS EXPLORADAS		ALTURA					
								25 DE BOTA-FORAS
	26 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		INCLINAÇÃO					
								27 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA
	28 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA							
								29 DE EROSÃO EM ATERRO
	30 DE ESCORREG. EM ATERRO							
31 DE ÁREAS EXPLORADAS								
	32 DE BOTA-FORAS							
33 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO								
	34 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA							
P		19 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		CS	PRESENÇA DE ÁGUA	2	NÃO OFERECE PERIGO A ÁREAS ADJACENTES	
	20 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA		COM SURGÊNCIA UMIDADE					
								21 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA
	22 DE EROSÃO EM ATERRO		TUBULAÇÕES ROMP.					
								23 DE ESCORREG. EM ATERRO
	24 DE ÁREAS EXPLORADAS		ALTURA					
								25 DE BOTA-FORAS
	26 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		INCLINAÇÃO					
								27 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA
	28 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA							
								29 DE EROSÃO EM ATERRO
	30 DE ESCORREG. EM ATERRO							
31 DE ÁREAS EXPLORADAS								
	32 DE BOTA-FORAS							
33 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO								
	34 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA							
UI		19 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		CS	PRESENÇA DE ÁGUA	2	BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA EM ÁREAS ADJACENTES	
	20 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA		COM SURGÊNCIA UMIDADE					
								21 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA
	22 DE EROSÃO EM ATERRO		TUBULAÇÕES ROMP.					
								23 DE ESCORREG. EM ATERRO
	24 DE ÁREAS EXPLORADAS		ALTURA					
								25 DE BOTA-FORAS
	26 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		INCLINAÇÃO					
								27 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA
	28 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA							
								29 DE EROSÃO EM ATERRO
	30 DE ESCORREG. EM ATERRO							
31 DE ÁREAS EXPLORADAS								
	32 DE BOTA-FORAS							
33 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO								
	34 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA							
P		19 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		CS	PRESENÇA DE ÁGUA	2	NÃO OFERECE PERIGO A ÁREAS ADJACENTES	
	20 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA		COM SURGÊNCIA UMIDADE					
								21 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA
	22 DE EROSÃO EM ATERRO		TUBULAÇÕES ROMP.					
								23 DE ESCORREG. EM ATERRO
	24 DE ÁREAS EXPLORADAS		ALTURA					
								25 DE BOTA-FORAS
	26 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		INCLINAÇÃO					
								27 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA
	28 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA							
								29 DE EROSÃO EM ATERRO
	30 DE ESCORREG. EM ATERRO							
31 DE ÁREAS EXPLORADAS								
	32 DE BOTA-FORAS							
33 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO								
	34 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA							
UI		19 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		CS	PRESENÇA DE ÁGUA	2	BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA EM ÁREAS ADJACENTES	
	20 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA		COM SURGÊNCIA UMIDADE					
								21 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA
	22 DE EROSÃO EM ATERRO		TUBULAÇÕES ROMP.					
								23 DE ESCORREG. EM ATERRO
	24 DE ÁREAS EXPLORADAS		ALTURA					
								25 DE BOTA-FORAS
	26 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		INCLINAÇÃO					
								27 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA
	28 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA							
								29 DE EROSÃO EM ATERRO
	30 DE ESCORREG. EM ATERRO							
31 DE ÁREAS EXPLORADAS								
	32 DE BOTA-FORAS							
33 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO								
	34 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA							
P		19 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		CS	PRESENÇA DE ÁGUA	2	NÃO OFERECE PERIGO A ÁREAS ADJACENTES	
	20 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA		COM SURGÊNCIA UMIDADE					
								21 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA
	22 DE EROSÃO EM ATERRO		TUBULAÇÕES ROMP.					
								23 DE ESCORREG. EM ATERRO
	24 DE ÁREAS EXPLORADAS		ALTURA					
								25 DE BOTA-FORAS
	26 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		INCLINAÇÃO					
								27 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA
	28 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA							
								29 DE EROSÃO EM ATERRO
	30 DE ESCORREG. EM ATERRO							
31 DE ÁREAS EXPLORADAS								
	32 DE BOTA-FORAS							
33 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO								
	34 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA							
UI		19 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		CS	PRESENÇA DE ÁGUA	2	BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA EM ÁREAS ADJACENTES	
	20 ALAGAMENTO FORA DA FAIXA		COM SURGÊNCIA UMIDADE					
								21 EXPLORAÇÃO PREDATÓRIA
	22 DE EROSÃO EM ATERRO		TUBULAÇÕES ROMP.					
								23 DE ESCORREG. EM ATERRO
	24 DE ÁREAS EXPLORADAS		ALTURA					
								25 DE BOTA-FORAS
	26 ALAGAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO		INCLINAÇÃO					

### 6.5.2. Passivos ambientais de rodovias em áreas urbanas

O passivo ambiental de rodovias em áreas urbanas abrange abordagens analíticas de características e de registros de conseqüências danosas em decorrência de núcleos urbanos, de uso inadequado de espaços ou com potencial de interferência no corpo estradal que afetam a segurança do usuário e a população lindeira.

Este passivo enfatiza a importância do planejamento ambiental ligado à escala urbana e desenvolve uma seqüência de tipos e de causas, na tentativa de criar um corpo teórico de classificação.

O cadastro dos passivos de rodovias em áreas urbanas diferencia-se dos Grupos III e IV (Tabela 4.3 e Tabela 4.4) do cadastro do DNER (1996b) pelas seguintes características:

- classificação padronizada dos tipos de passivos urbanos;
- inserção de causas relacionadas a cada passivo;
- inserção de recomendações/descrição do avaliador;
- consideração de cinco níveis de gravidade para o tráfego e para as áreas adjacentes, em função de características mais freqüentes;
- atribuição de um peso de referência para cada passivo urbano.

O cadastro do passivo ambiental de rodovias em áreas urbanas compreende a planilha-modelo (Tabela 6.3) e a classificação padronizada (Tabela 6.4).



**TABELA 6.4 - CLASSIFICAÇÃO DOS PASSIVOS EM ÁREAS URBANAS (DNER, 1996b, MODELO ALTERADO)**

TIPO DE PASSIVO		CAUSAS		NÍVEL DE GRAVIDADE PARA TRÁFEGO	
01	Interfaces veículos x pedestres	U01	Ausência de travessias de desnível e passarelas	1	NÃO OFERECE PERIGO AO TRÁFEGO
02	Acidentes devido a sinalização e iluminação	U02	Ausência/ Ineficiência de sinalização	EVOLUÇÃO DO PASSIVO	
03	Localização de empreendimentos de acesso direto à rodovia	U03	Ausência de vias marginais		
04	Localização inadequada de pontos de ônibus e pontos de carga e descarga de mercadorias	U04	Falta de dispositivos e ações para aumentar a segurança do tráfego em pontos críticos de acidentes		
05	Movimentação de veículos não autorizados ao longo da rodovia	U05	Falta de controle em postos de pesagem ou até inexistência		
06	Ineficiência da interseção	U06	Condições inadequadas das interseções existentes		
07	Surgimento de aglomerações urbanas	U07	Crescimento populacional desordenado	3	NÍVEL INTERMEDIÁRIO DE INTERFERÊNCIA AO
08	Conflitos com fontes geradoras de tráfego. Ex: áreas industriais, centros de comércio, lazer etc.	U08	Falta de controle do comércio informal e fontes geradoras de tráfego, através de normas urbanísticas	EVOLUÇÃO DO PASSIVO	
09	Segregação urbana	U09	Localização da rodovia em áreas de natural expansão urbana		
10	Intrusão visual	U10	Deficiência no controle da poluição visual na faixa de domínio		
11	Interface tráfego rodoviário x urbano	U11	Falta de rotas alternativas para os veículos em trânsito (de passagem, com origem e destino fora da área especificada).		
12	Acessos irregulares	U12	Falta de fiscalização na concessão de acessos à rodovia		
13	Realização de movimentos ou manobras inseguros	U13	Falta de controle nos cruzamentos, como o uso de semáforos sincronizados para reduzir o número de paradas e a frequência das acelerações e desacelerações	4	EM EVOLUÇÃO, PODE INTERFERIR
14	Conflitos com usos e ocupação dos solos adjacentes a faixa	U14	Ausência de fiscalização e de cercas na faixa de domínio	NÍVEL DE GRAV. PI ÁREAS ADJACENTES	
15	Implantação de obras sem controle do uso do solo	U15	Ausência no controle e uso do solo na faixa de domínio		
16	Poluição sonora oriunda dos ruídos e vibrações provocados pelo tráfego na rodovia	U16	Crescimento do tráfego		
17	Polição do ar pela poeira gerada pelo tráfego e pela descarga de poluentes oriundos da queima de combustíveis dos veículos	U17	Falta de fiscalização por parte do órgão ambiental das emissões oriundas de veículos com motores desregulados		
18	Polição hídrica pelo escoamento e dispersão dos poluentes lançados pelos veículos oriundos de acidentes com cargas	U18	Falta de controle no transporte de produtos perigosos e controle da emissão de efluentes		
19	poluentes e pelos dejetos das indústrias e postos de combustíveis que se instalaram às margens da rodovia	U19	Falta de fiscalização no transporte de materiais (que sejam equipados com lonas para evitar o pó e a queda); e pessoas	EVOLUÇÃO DO PASSIVO	
20	Transporte inadequado	U20	Falta de limpeza e fiscalização para proibição		
	Depósito de lixo e entulho na faixa de domínio				
				2	BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA EM ÁREAS ADJACENTES
				3	NÍVEL INTERMEDIÁRIO DE INTERFERÊNCIA EM ÁREAS ADJACENTES
				4	EM EVOLUÇÃO, PODE INTERFERIR
				5	OFERECE PERIGO

### 6.5.3. Passivos ambientais de rodovias em áreas rurais

O passivo ambiental de rodovias em áreas rurais registra os conflitos em áreas rurais com o uso e ocupação do solo, tráfego pesado para escoamento de produtos, queimados e outros tipos de passivos que interfiram na segurança e qualidade ambiental dos usuários da rodovia e da população lindeira.

Já o cadastro dos passivos ambientais de rodovias em áreas rurais tem suas próprias características:

- classificação padronizada dos tipos de passivos rurais;
- inserção de causas relacionadas a cada passivo;
- inserção de recomendações/descrição do avaliador;
- consideração em cinco níveis de gravidade para o tráfego e áreas adjacentes, em função de suas características mais comuns;
- atribuição de um peso de referência para cada passivo rural.

O cadastro do passivo ambiental de rodovias em áreas rurais (Tabela 6.5) representa a planilha-modelo e a classificação (Tabela 6.6).



**TABELA 6.6 - CLASSIFICAÇÃO DOS PASSIVOS EM ÁREAS RURAIS**

TIPO DE PASSIVO		CAUSAS		NÍVEL DE GRAVIDADE PARA TRÁFEGO		
01	Terraplenagens para instalações adjacentes a faixa de domínio	R01	Falta de controle no uso do solo na faixa de domínio	1	NÃO OFERECE PERIGO AO TRÁFEGO	
02	Inadequação de acessos a vilas, aglomerações rurais e propriedades	R02	Falta de fiscalização na concessão de acessos à rodovia			
03	Movimentação de veículos não autorizados ao longo da rodovia	R03	Ausência de fiscalização da PRF	2		BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA AO TRÁFEGO
04	Tráfego intenso de veículos pesados para escoamento de produtos agrícolas	R04	Rotas inadequadas de transporte			
05	Depósito de lixo e entulho na faixa de domínio	R05	Deficiência no controle da poluição na faixa de domínio	3		NÍVEL INTERMEDIÁRIO DE INTERFERÊNCIA AO TRÁFEGO
06	Manipulação, transporte e aplicação de agrotóxicos	R06	Ausência de normas urbanísticas para o controle do uso e ocupação do solo, utilização do acostamento para manobras			
07	Transporte inadequado	R07	Falta de fiscalização no transporte de materiais (que sejam equipados com lonas para evitar o pó e a queda); e pessoas			
08	Circulação de animais na pista	R08	Ausência de cercas na faixa de domínio	4	EM EVOLUÇÃO, PODE INTERFERIR	
09	Utilização inadequada da faixa de domínio para comércio informal ou sazonal	R09	Falta de controle no crescimento do comércio informal			
10	Métodos agro-silvo-pastoris danosos e/ou perigosos	R10	Queimadas e outras atividades que podem causar acidentes	5	OFERECE PERIGO	
11	Poluição hídrica pelo escoamento e dispersão dos poluentes lançados pelos veículos oriundos de acidentes com cargas poluentes e pelos dejetos das indústrias e postos de combustíveis que se instalaram às margens da rodovia	R11	Falta de controle no transporte de produtos perigosos e controle da emissão de efluentes			
12	Localização de empreendimentos de acesso direto à rodovia	R12	Deficiência de sinalização		NÍVEL DE GRAV. P/ ÁREAS ADJACENTES	
13	Açudes	R13	Implantação de açudes em locais de risco			
				EVOLUÇÃO DO PASSIVO		
				1		NÃO OFERECE PERIGO A ÁREAS ADJACENTES
				2		BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA EM ÁREAS ADJACENTES
				3	NÍVEL INTERMEDIÁRIO DE INTERFERÊNCIA EM ÁREAS ADJACENTES	
				4	EM EVOLUÇÃO, PODE INTERFERIR	
				5	OFERECE PERIGO	

## 6.6. ÍNDICE DE QUALIDADE AMBIENTAL RODOVIÁRIA

A caracterização da qualidade ambiental atende a diversos objetivos. Um deles é, a exemplo do que preconizam as metodologias de planejamento, servir de base para o conhecimento e o exame da situação ambiental, visando traçar linhas de ação ou tomar decisões para prevenção, controle e correção dos passivos ambientais.

Outro uso que se tem disseminado no Brasil é o que atende às tarefas ou às etapas iniciais dos estudos de avaliação de impacto ambiental (AIA), que consiste na descrição ambiental da área de influência do programa ou projeto rodoviário cujos passivos se pretende avaliar.

Portanto, elaborar um índice de qualidade ambiental rodoviária é interpretar a situação ambiental da rodovia, a partir da interação e da dinâmica de seus componentes, quer relacionando os elementos físicos, e os fatores de segurança e bem-estar.

O índice de qualidade ambiental rodoviária, com destaque aos grupos de passivos referenciados, toma como base de caracterização, o nível de gravidade e o peso de referência. O conceito que retrate a qualidade ambiental da rodovia é calculado pela equação:

$$I_{QARO} = \Sigma (NG*PR) \text{ geotécnico} + \Sigma (NG*PR) \text{ áreas urbanas} + \Sigma (NG*PR) \text{ áreas rurais} \quad (6.1)$$

Os limites do índice de qualidade ambiental rodoviária exprimem uma padronização de qualidade ambiental (Tabela 6.7).

**TABELA 6.7 – LIMITES DO ÍNDICE DA QUALIDADE AMBIENTAL RODOVIÁRIA**

<b>LIMITES DO ÍNDICE DE QUALIDADE AMBIENTAL RODOVIÁRIA</b>	
<b>CONCEITO</b>	<b>LIMITES</b>
<b>BOM</b>	<b>0 – 1000</b>
<b>REGULAR</b>	<b>1000 – 1500</b>
<b>MAU</b>	<b>1500 – 3000</b>
<b>PÉSSIMO</b>	<b>&gt; 3000</b>

A escala de avaliação estabelecida para a padronização dos limites do índice de qualidade ambiental rodoviária foi com valores arbitrários, concebidos através de simulações com a aplicação do método em um segmento hipotético com informações similares aos da rodovia BR-470/SC.

Buscou-se “simular” diversas situações, desde a melhor situação, onde não existiria passivo ambiental, até a pior situação, onde haveria um número muito elevado de passivos, ou seja, uma rodovia sem a menor condição de tráfego seguro. Em seguida, estas informações foram aplicadas no método proposto e a definição dos limites do índice de qualidade ambiental rodoviária foi estabelecida.

Desta forma, a definição destes limites deverá ser mais aprofundada, antes de ser generalizada, pois existe o risco de que os valores levem a diferentes conclusões do que a realidade apresenta. Estes limites foram fixados em primeira aplicação.

### 6.7. ATRIBUIÇÃO DO NÍVEL DE GRAVIDADE AOS PASSIVOS AMBIENTAIS

O nível de gravidade pondera os riscos que o passivo causa ao tráfego da rodovia, com relação à segurança dos usuários e a interferência em áreas adjacentes.

Quando ocorrerem, no mesmo passivo, níveis de gravidade diferentes, adota-se a gravidade maior. O conceito de nível de gravidade pode ser flexível e corresponde ao nível observado na época do cadastramento.

Cinco níveis de gravidade para cada um dos passivos foram considerados em função de critérios de engenharia (Tabelas 6.8, 6.9 e 6.10).

**TABELA 6.8 - PASSIVOS GEOTÉCNICOS DE RODOVIAS - NÍVEL DE GRAVIDADE**

NG	AO TRÁFEGO	ÁREAS ADJACENTES
1	<b>NÃO OFERECE PERIGO AO TRÁFEGO</b>	<b>NÃO INTERFERE EM ÁREAS ADJACENTES</b> Constituída por taludes com declividade baixa e características geotécnicas favoráveis, possuindo uma suscetibilidade a erosão nula ou ligeira. As áreas exploradas apresentam-se recuperadas.
2	<b>BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA AO TRÁFEGO</b> Problemas pequenos e localizados na faixa de domínio, como ausência de cobertura vegetal, falta de serviços de conserva, etc.	<b>BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA</b>  Caso de estabilidade alta, com suscetibilidade moderada a baixa.
3	<b>NÍVEL INTERMEDIÁRIO DE INTERFERÊNCIA AO TRÁFEGO</b> Podem ocorrer problemas no funcionamento dos dispositivos de drenagem. Não se observa um perigo iminente.	<b>NÍVEL MÉDIO DE INTERFERÊNCIA EM ÁREAS ADJACENTES</b> Requer atenção, com estabilidade média e suscetibilidade a erosão moderada. Há necessidade de obras de recuperação
4	<b>EM EVOLUÇÃO, PODE INTERFERIR</b> Ondulações e deformações no pavimento. Degradação na faixa de domínio e fluxos concentrados de drenagem. Existe potencial para ocorrer um acidente.	<b>EM EVOLUÇÃO, PODE INTERFERIR</b> Interferências com a rede de infraestrutura urbana e exploração predatória decorrente da ação de terceiros. Invasão de áreas de preservação permanente.
5	<b>OFERECE PERIGO</b> Poderá ocorrer obstrução do acostamento ou da pista de rolamento.	<b>INTERFERE</b> Prejuízo a lindeiros com grande potencial de acidentes em áreas adjacentes, devido a características geotécnicas e/ou ações de terceiros. Assoreamentos em cursos dá água.

**TABELA 6.9 - PASSIVOS DE RODOVIAS EM ÁREAS URBANAS - NÍVEL DE GRAVIDADE**

NG	AO TRÁFEGO E ÁREAS ADJACENTES	
1	NÃO OFERECE PERIGO	São áreas mais planejadas, compreendem aquelas regiões onde os problemas gerados por núcleos urbanos são pequenos e não oferecem riscos ao tráfego e áreas adjacentes.
2	EVOLUÇÃO DO PERIGO	<b>A LONGO PRAZO</b> Áreas em que o problema está estabilizado no momento, com tendência a uma evolução com o crescimento do tráfego.
3		<b>A MÉDIO PRAZO</b> Áreas razoavelmente ordenadas ao nível de tráfego e com boas características gerais a ocupação. Situação em que o problema gerado é falta de um programa de ordenamento do uso do solo
4		<b>A CURTO PRAZO</b> Observa-se a existência de pontos críticos, requerem adequação para não evoluírem a ponto de se tornar uma área potencial de acidentes.
5	PERIGO IMEDIATO	Situação potencial para acidentes. Regiões onde a ação antrópica se faz sentir de modo profundo, com vulnerabilidade crítica pela ocupação urbana.

**TABELA 6.10 - PASSIVOS DE RODOVIAS EM ÁREAS RURAIS - NÍVEL DE GRAVIDADE**

NG	AO TRÁFEGO E ÁREAS ADJACENTES	
1	NÃO OFERECE PERIGO	São áreas tipicamente preservadas, que tem só 10% de vegetação nativa alterada. Caracterizada pela presença de comunidades tradicionais, baseadas na agricultura de subsistência.
2	EVOLUÇÃO DO PERIGO	<b>A LONGO PRAZO</b> São áreas que apresentam um pequeno nível de interferência na vegetação primitiva, com presença humana dispersa e atividades econômicas de baixo impacto, mas mantém o ecossistema em equilíbrio.
3		<b>A MÉDIO PRAZO</b> Apresentam ecossistemas primitivos alterados com dificuldade de regeneração natural em razão de sua cobertura original alterada, há predominância de agricultura permanente e utilização de agrotóxicos.
4		<b>A CURTO PRAZO</b> Áreas onde a cobertura vegetal foi modificada em 70% para atividades agro-silvo-pastoris. Possui ecossistemas alterados, presença de queimadas. Ocupações de comércio informal e surgimento de acessos irregulares.
5	PERIGO IMEDIATO	Áreas modificadas pela ação humana e presença de instalações industriais, comerciais e de serviço. Ecossistemas significativamente alterados e assentamentos humanos rurais e urbanos intercalados.

## 6.8. ATRIBUIÇÃO DO PESO DE REFERÊNCIA AOS PASSIVOS AMBIENTAIS

Com o objetivo de buscar um índice que pudesse demonstrar de forma direta e objetiva as condições ambientais das rodovias, optou-se em agregar ao nível de gravidade dos passivos ambientais, um peso de referência, o qual seguindo critérios técnicos demonstra a importância da rodovia, mostrando os fatores preponderantes para cada tipo de passivo, sendo que o peso de referência (PR) pode chegar ao máximo de 10 (dez):

- **Quanto aos passivos geotécnicos:**

Fatores preponderantes são:

- existência de cobertura vegetal;
- existência de drenagem;
- presença de água;
- existência de serviços de conservação rodoviária;
- volume médio de veículos diário.

Neste primeiro estudo, pesos foram atribuídos aos fatores (Tabela 6.11):

**TABELA 6.11 – PESO DE REFERÊNCIA DOS PASSIVOS GEOTÉCNICOS**

FATOR	PESO DE REFERÊNCIA	
	EXISTE	NÃO EXISTE
Cobertura Vegetal	0,5	1,0
Drenagem	0,5	1,0
Presença d'água	1,0	0,5
Serviços de Conservação	0,5	1,0
VMD < 500	1,0	
500 < VMD < 1.500	2,0	
1.500 < VMD < 3.000	3,0	
3.000 < VMD < 5.000	4,0	
5.000 < VMD < 10.000	5,0	
VMD > 10.000	6,0	

- Quanto aos passivos em áreas urbanas:

Fatores preponderantes são:

- número de acidentes;
- número de acessos irregulares;
- existência de sinalização;
- volume médio diário de veículos.

Neste estudo, a atribuição do peso de referência se relaciona ao nível de importância da rodovia (Tabela 6.12).

**TABELA 6.12 – PESO DE REFERÊNCIA DOS PASSIVOS EM ÁREAS URBANAS**

FATOR	PESO DE REFERÊNCIA		
Número de acidentes	Alto = 1,5	Médio = 1,0	Baixo = 0,5
Número de acessos Irregulares	Alto = 1,0	Baixo = 0,5	
Existência de Sinalização	Péssima =1,5	Ruim=1,0	Boa=0,5
VMD < 500	1,0		
500 < VMD < 1.500	2,0		
1.500 < VMD < 3.000	3,0		
3.000 < VMD < 5.000	4,0		
5.000 < VMD < 10.000	5,0		
VMD > 10.000	6,0		

A frequência é estabelecida pelas equações:

$$\text{Frequência do número de acidentes} = \frac{\text{n}^\circ \text{ Acidentes (áreas urbanas)}}{\text{Extensão (km)}} = \frac{\text{NAU}}{\text{E}} \quad (6.1)$$

**TABELA 6.13 – PESO DE REFERÊNCIA DO N° DE ACIDENTES EM ÁREAS URBANAS**

NAU/E	PR
> 1,0	1,5
1,0 ≥ NAU/E ≥ 0,5	1,0
< 0,5	0,5

**Obs:** Considerar o número de acidentes total (acumulativo) do ano de vistoria.

$$\text{Frequência do número de acessos irreg.} = \frac{\text{n}^\circ \text{ Acessos (áreas urbanas)}}{\text{Extensão (km)}} = \frac{\text{NAIU}}{\text{E}} \quad (6.2)$$

**TABELA 6.14 – PESO DE REFERÊNCIA DO N° ACESSOS IRREGULARES EM ÁREAS URBANAS**

NAIU/E	PR
> 1,0	1,0
≤ 1,0	0,5

- Quanto aos passivos em áreas rurais:

Fatores preponderantes são:

- número de acidentes;
- número de acessos irregulares;
- volume médio de veículos diário.

Os pesos foram atribuídos aos fatores (Tabela 6.15):

**TABELA 6.15 – PESO DE REFERÊNCIA DOS PASSIVOS DE ÁREAS RURAIS**

FATOR	PESO DE REFERÊNCIA		
	Alto = 1,5	Médio = 1,0	Baixo = 0,5
Número de acidentes	Alto = 1,0	Baixo = 0,5	
Numero de acessos Irregulares	Péssima =1,5	Ruim=1,0	Boa=0,5
Existência de Sinalização	1,0		
VMD < 500	2,0		
500 < VMD < 1.500	3,0		
1.500 < VMD < 3.000	4,0		
3.000 < VMD < 5.000	5,0		
5.000 < VMD < 10.000	6,0		
VMD > 10.000			

A frequência é estabelecida pelas equações:

$$\text{Frequência do número de acidentes} = \frac{\text{n}^\circ \text{ Acidentes (áreas rurais)}}{\text{Extensão (km)}} = \frac{\text{NAR}}{\text{E}} \quad (6.3)$$

**TABELA 6.16 – PESO DE REFERÊNCIA DO Nº DE ACIDENTES EM  
ÁREAS RURAIS**

NAR/E	PR
> 1,0	1,5
$1,0 \geq \text{NAR/E} \geq 0,5$	1,0
< 0,5	0,5

**Obs:** Considerar o numero de acidentes total (acumulativo) do ano de vistoria.

$$\text{Frequência do número de acessos irreg.} = \frac{\text{n}^\circ \text{ Acessos (áreas rurais)}}{\text{Extensão (km)}} = \frac{\text{NAIR}}{\text{E}} \quad (6.4)$$

**TABELA 6.17 – PESO DE REFERÊNCIA DO Nº ACESSOS IRREG. EM  
ÁREAS RURAIS**

NAIR/E	PR
> 1,0	1,0
$\leq 1,0$	0,5

O P.R. será determinado para cada segmento representativo, isto é, deverá permanecer com as mesmas características, principalmente as de VMD. Para um mesmo segmento, onde ocorra mais que um passivo, o P.R. será o mesmo para qualquer passivo.

A aplicação do levantamento cadastral e a obtenção do índice de qualidade ambiental foi realizada na rodovia BR-470/SC, principal rodovia de escoamento da riqueza produzida no Vale do Itajaí, ligação com a BR-101/SC. A BR-470SC é a segunda principal rodovia do Estado, responsável pelo escoamento de 40% da produção catarinense e serve de corredor para o transporte de parte da produção dos demais Estados do sul (ESPÍNDOLA, 2000).

A escolha de um trecho da rodovia (km 10 ao km 57), para apresentação de um “estudo de caso” foi feita porque apresenta características de áreas urbanas e áreas rurais.

### 7.1. ANÁLISE DO SISTEMA VIÁRIO

A rodovia enquadrada-se na classe 1-B, pista simples, de acordo com as "Normas para Projeto Geométrico de Estradas de Rodagem" da Diretoria de Planejamento do DNER, apresentando as seguintes características:

- Velocidade diretriz:.....80,00 km/h;
- Faixa de rolamento:.....3,60 m;
- Acostamentos:..... 2,50 m; e
- Faixa de domínio:.....70,00 m.

As seções transversais de terraplenagem foram construídas com largura de 14,0 m para os aterros e 14,4 m para os cortes. Os taludes em sua maioria apresentam inclinação de 1V:3H para o caso dos aterros, 1V:1H no caso dos cortes em solo e 2V:1H para os cortes em

rocha. Os cortes em solo, com altura superior a 10 m, foram escalonados com banquetas de 3 m de largura.

A transposição de grandes extensões de solos moles impuseram soluções especiais, tais como: drenos verticais de areia, bermas de equilíbrio para neutralizar o esforço de cisalhamento do subleito, função da baixa resistência dos solos subjacentes; e sangradouros com a finalidade de permitir o escoamento da água drenada pelo colchão de areia e confinada com as bermas.

As camadas constituintes do pavimento foram dimensionadas pelo "Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis" do Engenheiro Murillo Lopes de Souza.

A rodovia possui no segmento de estudo as seguintes obras de arte especiais:

- Ponte sobre o Canal do DNOS: .....102 m;
- Ponte sobre o Rio Luis Alves: .....79 m;
- Ponte sobre o Ribeirão Arraial: .....79 m;
- Ponte sobre o Ribeirão Belchior: .....36 m;
- Viaduto Dudalina: .....20 m;
- Ponte sobre o Rio Itoupava: .....60 m; e
- Ponte sobre o Ribeirão Salto do Norte: .....45 m.

O Médio e Baixo Vale do Itajaí pertencem à unidade de relevo “Serras do Leste Catarinense”, com seqüências de serras dispostas de formas subparalela, predominantemente no sentido Nordeste–Sudoeste, e com altitudes diminuindo gradativamente na direção do litoral, terminando em pontais, penínsulas e ilhas.

No Médio Vale do Itajaí predominam os solos tipo cambissolo, com incidência nos fundos de vale do solo do tipo podzólico vermelho-amarelo, que são solos profundos (1 a 2 metros), e bem drenados, de baixa fertilidade natural, cuja característica principal é a marcante diferenciação entre a camada superficial mais arenosa e a camada subsuperficial

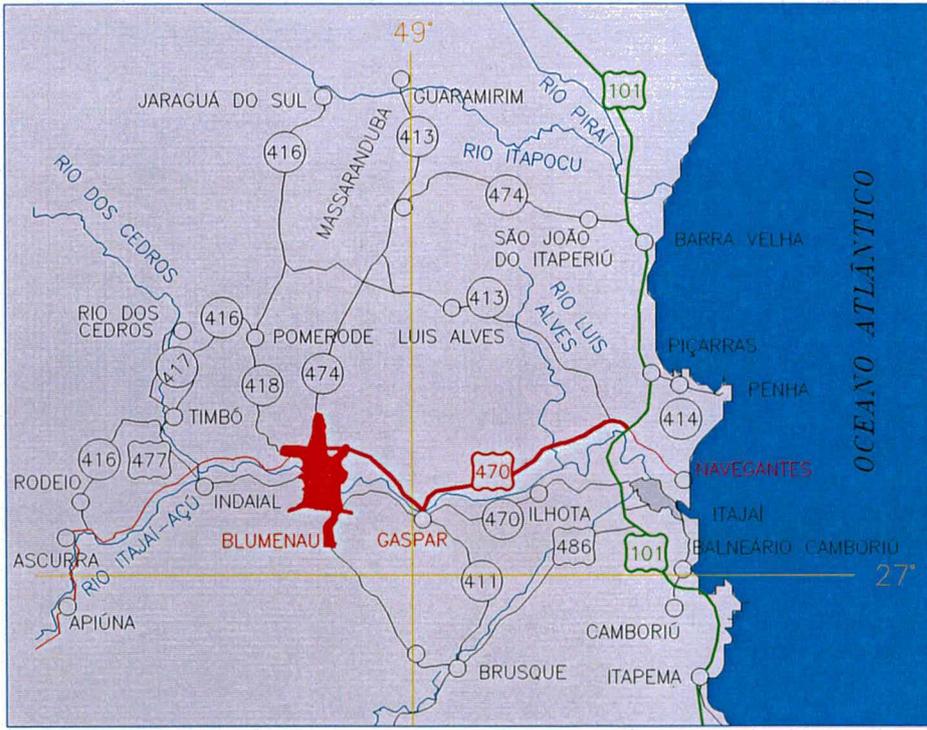
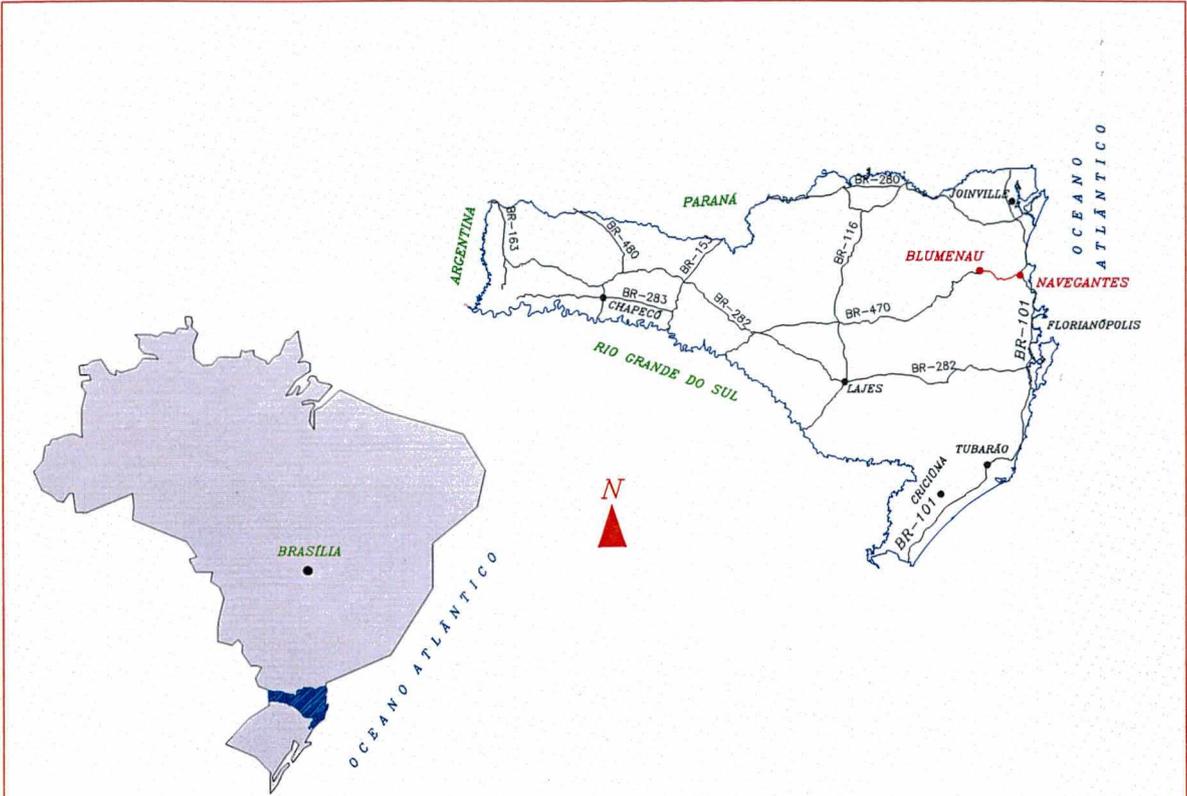
mais argilosa. No Baixo Vale do Itajaí, além dos solos já mencionados, ocorrem os solos do tipo glei húmico e pouco húmicos, com elevado teor de matéria orgânica, desenvolvidos em um ambiente com excesso de umidade temporária ou permanente, de média e alta fertilidade natural. Estes solos ocorrem em relevo praticamente plano, ao longo dos rios Itajaí-Açu e Itajaí Mirim, sujeitos a inundações. A principal limitação para seu uso é a deficiente drenagem, sendo utilizados predominantemente para o cultivo de arroz irrigado e cana de açúcar.

A bacia hidrográfica do Rio Itajaí-Açu é a maior bacia de vertente do Atlântico no Estado e seus cursos d'água totalizam 24.171 quilômetros de extensão. O rio Itajaí-Açu é formado pelos Rios Itajaí do Sul, que nasce da Serra dos Faxinais, da Serra da Boa Vista e na Serra Geral; e Itajaí do Oeste, que nasce nos contrafortes da Serra Geral. Estes dois rios se encontram na cidade de Rio do Sul, cujos principais tributários são os Rios Itajaí do Norte, que cruza a cidade de Ibirama, e Itajaí-Mirim, que percorre Brusque. Contribuem também para o Rio Itajaí-Açu os rios e ribeirões Lontras, Subida, São Paulo Warnow, Benedito, Testo, Itoupava, Velha, Garcia, Gaspar Grande, Gaspar Pequeno e Luis Alves.

Com respeito à vegetação primária, o Vale do Itajaí está situado dentro da Floresta Ombrófila Densa, conhecida como Mata Atlântica. Apesar de apresentar a maior área remanescente de Mata Atlântica do Estado, o Vale do Itajaí está com seu patrimônio em adiantado estágio de destruição, cedendo espaço para agricultura e para a urbanização. Uma parte apreciável do Vale do Itajaí encontra-se atualmente recoberta por vegetação nativa secundária (SIEBERT, 1995).

### **7.1.1. Mapa de situação**

O mapa de situação ilustra o segmento em estudo da rodovia BR-470/SC.



RODOVIA	: BR-470/SC
TRECHO	: NAVEGANTES - CAMPOS NOVOS
SUBTRECHO	: NAVEGANTES - ENTR. BR-477 (A)
SEGMENTO	: km 10,0 - km 57,0

MAPA DE SITUAÇÃO

## 7.2. COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada no período compreendido entre o 2º semestre de 2000 e o 1º semestre de 2001.

Foi utilizado programa de planilha-modelo eletrônica para auxiliar nas diversas seleções e classificações necessárias para tratar os dados conforme proposto.

A coleta de dados constituiu-se dos seguintes instrumentos:

- levantamento cadastral do passivo ambiental na rodovia BR-470/SC;
- classificação dos passivos ambientais;
- levantamento fotográfico – registro de fotos “in loco” da rodovia pesquisada (que serviram para ilustrar as considerações presentes no cadastro);
- atribuição do nível de gravidade e peso de referência aos passivos encontrados;
- obtenção do índice de qualidade ambiental da rodovia em estudo.

### 7.2.1. Delimitações do estudo

Para efeito de análise efetuou-se a divisão do trecho em segmentos homogêneos delimitados por suas áreas urbanas e rurais, de acordo com informações das prefeituras da região:

- *Segmento 1* - (km 10) ao (km34) - área rural
- *Segmento 2* - (km 34) ao (km 40) - área urbana
- *Segmento 3* - (km 40) ao (km 48) - área rural
- *Segmento 4* - (km 48) ao (km 57) - área urbana

### 7.2.2. Estudos de tráfego

O Departamento de Estradas de Rodagem de Santa Catarina preparou um relatório sobre o tráfego nas rodovias pertencentes ao sistema BR-470 baseado em um estudo em nível de planejamento em dezembro de 1997. No segmento 1, o estudo indicou apenas um posto de análise - km 20,8 (representativo do tráfego do km 10 ao km 34 (Tabela 7.1)).

**TABELA 7.1- CONTAGENS VOLUMÉTRICAS/CLASSIFICATÓRIAS –  
SEGMENTO 1 (DER – SISTEMA BR-470, 1997)**

SEGMENTO	LOCALIZAÇÃO km	VEÍCULOS					TOTAL
		VL	o	CS	CD	R+SR	
<b>1</b>	<b>20,8</b>	3.910	110	721	609	872	<b>6222</b>

Os parâmetros de tráfego para avaliação nos segmentos 2, 3 e 4 foram obtidos junto ao Departamento Nacional de Estradas de Rodagem no Projeto e Relatório de Revisão para Restauração da Rodovia BR-470/SC (junho/1997), com contagens volumétricas e classificatórias efetuadas, por um período de 24 horas, em três postos de contagem, nos seguintes locais: Km 38,0 (representativo do tráfego do km 34,0 ao km 40,0); Km 41,6 (representativo para o segmento do km 40,0 ao km 48,0); Km 53,7 (representativo para o segmento do km 48,0 ao km 57,0).

Os resultados das contagens estão estampados na Tabela 7.2.

**TABELA 7.2 - CONTAGENS VOLUMÉTRICAS/CLASSIFICATÓRIAS -  
SEGMENTOS 2/3/4 (DNER, 1997)**

SEGMENTO	LOCALIZAÇÃO km	VEÍCULOS						TOTAL
		VP	O	CL	CM	CP	R+SR	
<b>2</b>	<b>38,0</b>	4.745	71	669	916	927	485	<b>7.813</b>
<b>3</b>	<b>41,6</b>	4.560	77	478	997	946	472	<b>7.530</b>
<b>4</b>	<b>53,7</b>	5.366	91	408	952	1.186	630	<b>8.633</b>

Os volumes resultantes das contagens foram corrigidos quanto a sazonalidade diária e mensal, através dos fatores constantes no estudo do projeto. Os valores assim corrigidos

correspondem aos volumes médios diários anuais - VMDA ao longo do trecho (Tabela 7.3).

**TABELA 7.3 - VOLUMES MÉDIOS DIÁRIOS ANUAIS – VMDA (DNER, 1997)**

SEGMENTO	VOLUME CONTADO	COEFICIENTE SAZONAL		VMDA
		SEMANAL	MENSAL	
2	7.813	0,98	1,01	<b>7.894</b>
3	7.530	0,98	1,01	<b>7.608</b>
4	8.633	0,98	1,01	<b>8.722</b>

O volume médio diário anual de cada segmento foi projetado para o horizonte de 10 anos, considerando 1997 o ano de abertura ao tráfego, através das taxas anuais de crescimento de tráfego constante no Relatório de Gerência de Pavimentos do Departamento de Estradas de Rodagem de Santa Catarina - DER/SC, ano 1991, para a rodovia SC-470, trecho Gaspar/Blumenau. As taxas de crescimento anual adotadas foram: 3,06% para veículos de passeio; 5,55% para coletivos e 4,06% para veículos de carga (Tabela 7.4).

**TABELA 7.4 - PROJEÇÃO DO TRÁFEGO NOS SEGMENTOS 2/3/4 (DNER, 1997)**

ANO	SEGMENTO 2	SEGMENTO 3	SEGMENTO 4
1997	8.084	7.790	8.931
1998	8.364	8.062	9.239
1999	8.654	8.342	9.560
<b>2000</b>	<b>8.955</b>	<b>8.631</b>	<b>9.891</b>
<b>2001</b>	<b>9.267</b>	<b>8.933</b>	<b>10.233</b>
2002	9.589	9.243	10.588
2003	9.925	9.565	10.954
2004	10.269	9.898	11.336
2005	10.627	10.245	11.729
2006	10.997	10.603	12.137

O grande crescimento populacional ocorrido nos núcleos atendidos pelas estradas municipais e ruas que cruzam a rodovia tornaram-se pontos críticos de conflito de tráfego local e o de longa distância, que tendem a se agravar com o decorrer do tempo.

### 7.2.3. Número de acidentes

O número de acidentes na BR-470 nos segmentos estudados foram obtidos no 16º Distrito Rodoviário Federal (Tabela 7.5).

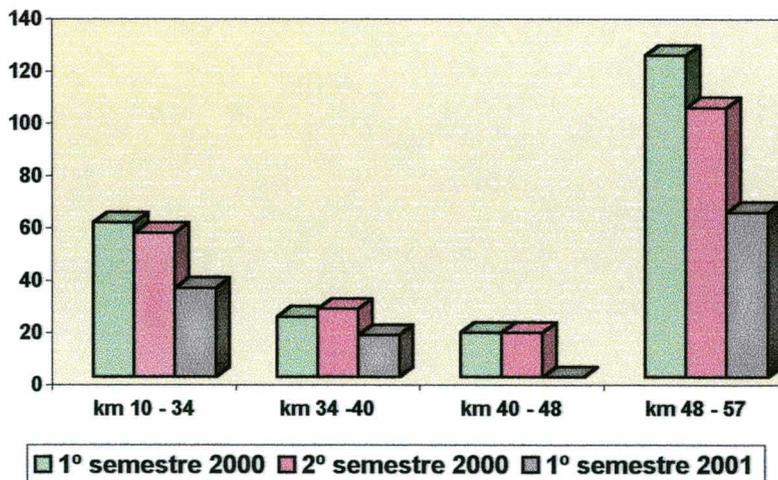
**TABELA 7.5 – NÚMERO DE ACIDENTES POR SEGMENTO (DNER/ 16º DRF)**

Conceito	Extensão Avaliada			
	Km 10 – 34	Km 34 – 40	Km 40 - 47	Km 47 - 57
1º semestre 2000	59	23	17	123
2º semestre 2000	55	26	17	103
1º semestre 2001	34	16	09	63
	<b>148</b>	<b>65</b>	<b>43</b>	<b>289</b>

### 7.2.4. Acessos irregulares

O controle dos acessos na rodovia BR-470/SC, competência do órgão que a rodovia está sob tutela, visa o desenvolvimento marginal da rodovia sem causar inconveniente ao tráfego.

**Números de acidentes por segmento**



**FIGURA 7.1 – Número de acidentes por segmento**

Tipos de acessos que são autorizados:

- a) Postos de abastecimentos e de serviços;
- b) Restaurantes;
- c) Hotéis e Motéis;
- d) Hospitais;
- e) Oficinas mecânicas;
- f) Estabelecimentos comerciais;
- g) Estabelecimento industrial;
- h) Paradouros;
- i) Rodoviárias;
- j) Outros estabelecimentos voltados para uso público;

Outros tipos de acessos não autorizados e sem aprovação devida do órgão são considerados acessos irregulares.

### 7.3. FORMAÇÃO DO BANCO DE DADOS

A formação do banco de dados foi realizada durante e após a compilação de todas as informações levantadas em campo, onde foram sobrepostos e conjugados os dados obtidos no diagnóstico.

#### 7.3.1. Cálculo do peso de referência do levantamento cadastral da rodovia BR-470/SC

A rodovia foi dividida em quatro segmentos que apresentam características urbanas e rurais.

##### 7.3.1.1. Cálculo do peso de referência dos passivos geotécnicos

Os pesos de referência dos passivos geotécnicos do levantamento cadastral da rodovia BR-470/SC foram calculados nos moldes da Tabela 6.11 (Tabela 7.6).

- **Segmento 1 (Km 10 – Km 34):** VMDA= 6222 - PR  $\approx$  5,0
- **Segmento 2 (Km 34 – Km 40):** VMDA= 9111 - PR  $\approx$  5,0
- **Segmento 3 (Km 40 – Km 48):** VMDA= 8782 - PR  $\approx$  5,0
- **Segmento 4 (Km 48 – Km 57):** VMDA= 10062 - PR  $\approx$  6,0

**TABELA 7.6 – PESOS DE REFERÊNCIA DOS PASSIVOS GEOTÉCNICOS DA  
RODOVIA BR-470/SC.**

FIGURA	COBERTURA VEGETAL	DRENAGEM	PRESEÇA ÁGUA	SERVIÇOS DE CONSERV.	VMD	PESO DE REFERÊNCIA
7.2	1,0	1,0	0,5	1,0	5,0	<b>8,5</b>
7.3	1,0	1,0	0,5	1,0	5,0	<b>8,5</b>
7.4	1,0	1,0	0,5	1,0	5,0	<b>8,5</b>
7.5	1,0	1,0	0,5	1,0	5,0	<b>8,5</b>
7.6	1,0	1,0	0,5	1,0	5,0	<b>8,5</b>
7.7	0,5	1,0	0,5	1,0	5,0	<b>8,0</b>
7.8	1,0	1,0	0,5	0,5	5,0	<b>8,0</b>
7.9	1,0	1,0	0,5	1,0	6,0	<b>9,5</b>
7.10	0,5	1,0	1,0	1,0	6,0	<b>9,5</b>
7.11	1,0	1,0	1,0	0,5	6,0	<b>9,5</b>
7.12	0,5	1,0	1,0	1,0	6,0	<b>9,5</b>

### 7.3.1.2. Cálculo do peso de referência dos passivos urbanos

Foram calculados de acordo com a Tabela 6.12 e atribuídos os seguintes pesos de referência para os segmentos:

- **Segmento 2**

O segmento 2 (Km 34 ao Km 40), totaliza 6 Km de extensão. É considerada uma área urbana.

A ocorrência de acidentes no 2º semestre de 2000 e o 1º semestre de 2001 de acordo com a PRF – 16º DISTRITO foi em uma média de 42 acidentes. Aplicando a equação 6.1 do nº de acidentes  $NAU/E = 42/6 = 7,0$ ; obteve-se um peso igual a 1,5.

O levantamento cadastral do segmento indicou um acesso irregular. Aplicando a equação 6.2 dos acessos irreg:  $NAIU/E = 1/6 = 0,16$ ; obteve-se um peso igual a 0,5.

A sinalização do segmento foi conceituada como péssima, com o peso igual a 1,5.

A média do volume médio diário de tráfego anual (VMDA 2000/2001) do segmento 1 (Tabela 7.4) foi igual a 9111, obtendo um peso igual a 5,0.

O somatório dos pesos do segmento 2 ( $1,5+0,5+1,5+5,0$ ) foi igual a 8,5; que corresponde ao peso de referência final de 8,5.

- **Segmento 4**

O segmento 4 (Km 48 e o Km 57), totaliza 9 Km de extensão. É considerada uma área urbana.

A ocorrência de acidentes no 2º semestre de 2000 e o 1º semestre de 2001 de acordo com a PRF – 16º DISTRITO foi em uma média de 166 acidentes. Aplicando a equação 6.1 do nº de acidentes:  $NAU/E = 166/9 = 18,44$ ; obteve-se um peso igual a 1,5.

O levantamento cadastral do segmento indicou doze acessos irregulares. Aplicando a equação 6.2 dos acessos irreg:  $NAIU/E = 12/9 = 1,33$ ; obteve-se um peso igual a 1,0.

A sinalização do segmento foi conceituada como ruim, com peso igual a 1,0.

A média do volume médio diário de tráfego anual (VMDA 2000/2001) do segmento 4 (Tabela 7.4) foi igual a 10062, obtendo um peso igual a 6,0.

O somatório dos pesos do segmento 4 ( $1,5+1,0+1,0+6,0$ ) foi igual a 9,5; que corresponde ao peso de referência final de 9,5.

### 7.3.1.3. Cálculo do peso de referência dos passivos rurais

Foram calculados de acordo com a Tabela 6.13 e atribuídos os seguintes pesos de referência para os segmentos:

- **Segmento 1**

O segmento 1 (Km 10 e o Km 34), totaliza 24 Km de extensão. É considerada uma área rural.

A ocorrência de acidentes no 2º semestre de 2000 e o 1º semestre de 2001 de acordo com a PRF – 16º DISTRITO foi em uma média de oitenta e nove acidentes. Aplicando a equação 6.3 do nº acidentes:  $NAR/E = 89/24 = 3,7$ ; obteve-se um peso igual a 1,5.

O levantamento cadastral do segmento indicou três acessos irregulares. Aplicando a equação 6.4 dos acessos irreg:  $NAIR/E = 3/24 = 0,125$ ; obteve-se um peso igual a 0,5.

A sinalização do segmento foi conceituada como péssima, com um peso igual a 1,5.

A média do volume médio diário de tráfego anual (VMDA 2000/2001) do segmento 1 (Tabela 7.1) foi igual a 6222, obtendo um peso igual a 5,0.

O somatório dos pesos do segmento 1 ( $1,5+0,5+1,5+5,0$ ) foi igual a 8,5; que corresponde ao peso de referência final de 8,5.

- **Segmento 3**

O segmento 3 (Km 40 ao Km 48), totaliza 8 Km de extensão. É considerada uma área rural.

A ocorrência de acidentes no 2º semestre de 2000 e o 1º semestre de 2001 de acordo com a PRF – 16º DISTRITO foi em uma média de vinte e seis acidentes. Aplicando a equação 6.3 do nº acidentes:  $NAR/E = 26/8 = 3,25$ ; obteve-se um peso igual a 1,5.

O levantamento cadastral do segmento indicou três acessos irregulares. Aplicando a equação 6.4 dos acessos irreg:  $NAIR/E = 3/8 = 0,375$ ; obteve-se um peso igual a 0,5.

A sinalização do segmento foi conceituada como ruim, com um peso igual a 1,0.

A média do volume médio diário de tráfego anual (VMDA 2000/2001) do segmento 3 (Tabela 7.4) foi igual a 8782; obtendo um peso igual a 5,0.

O somatório dos pesos do segmento 1 ( $1,5+0,5+1,0+5,0$ ) foi igual a 8,0; que corresponde ao um peso de referência final de 8,0.

### **7.3.2. Aplicação do levantamento cadastral**

A aplicação do levantamento cadastral está resumida nas tabelas de Levantamento Cadastral do Passivo Geotécnico (Tabela 7.7), Levantamento Cadastral do Passivo em Áreas Urbanas (Tabela 7.8) e do Levantamento Cadastral do Passivo Ambiental em Áreas Rurais (Tabela 7.9) no estudo da rodovia BR-470/SC.

TABELA 7.7 - CADASTRO DOS PASSIVOS GEOTÉCNICOS (BR-470/SC)

Rodovia: <b>BR-470/SC</b>		Subtrecho: <b>Navegantes - Entroncamento BR 477 (A)</b>										FOLHA n.º: ___					
Trecho: <b>Navegantes - Divisa SC/RS</b>		DATA: NOV/2000/JUN/2001															
Segmento: <b>km 10 ao km 57</b>																	
KM	Estaca	LD/LE	OCOR.	TIPO	ANÁLISE				GEOMETRIA			CAUSAS	DESCRIÇÃO/RECOMENDAÇÕES	FOTO	NÍVEL DE GRAVID.		PR
					MATERIAL	COBERT.	DREN	COND.DR.	P.ÁGUA	h (m)	L (m)				a (°)	d (m)	
18+800	940	LD	TC	21	SO	SC	IN	S	15	42	45 a 90	20	G28, G32 G33	7.2	1	2	8,5
34	1700	LD	TC	21	MH	SC	IN	S	22	57	75 a 90	20	G28, G32 G33	7.3	1	1	8,5
35+500	1775	LD	TC	21	SO	SC	IN	S	15	30	45 a 90	20	G28, G32 G33	7.4	1	1	8,5
36+800	1840	LD	TC	21	SO	SC	IN	S	30	120	45 a 90	70	G28, G32 G33	7.5	1	3	8,5
38+300	1915	LE	CE	21	SO	SC	IN	S	12	55	80	70	G28, G32 G33	7.6	2	1	8,5
43+850	2192	LD	TC	06	SO	MA	IN	S	6	15	80 a 90	7	G02, G26	7.7	3	1	8,0
43+900	2195	LE	J	21	SO	SC	IN	S	45	60	70	300	G28 G32 G33	7.8	1	2	8,0

TABELA 7.7 - CADASTRO DOS PASSIVOS GEOTÉCNICOS (BR-470/SC)

Rodovia: BR-470/SC		Subtrecho: Navegantes - Entroncamento BR 477 (A)										FOLHA n°: ___								
Trecho: Navegantes - Divisa SC/RS		DATA: NOV2000/JUN2001																		
Segmento: km 10 ao km 57																				
KM	Estaca	LD/LE	COR	TIPO	ANÁLISE				GEOMETRIA				CAUSAS	DESCRIÇÃO/RECOMENDAÇÕES	FOTO	NÍVEL DE GRAVID.		PR		
					MATERIAL	COBERT.	DREN	COND.DR.	P.ÁGUA	h (m)	L (m)	a(°)				d (m)	T		A.A.	
48+720	2436	LD	CE	21	SO	SC	IN			S	10	20	90	10	G33	Caixa de empréstimo não beneficiada com serviços de recuperação.	7.9	1	1	9,5
49+200	2455	LD	TC	09	SO	MA	IN			U	30	50	45	5	G16	A situação do talude é crítica, particularmente pela existência de construções próximas a crista do talude rompido. O muro de gabiões não foi suficiente para compensar a remoção do material do pé do talude. O material de encosta parece ser um colúvio sobrejacente a um solo residual. A ruptura parece ter se situado inteiramente em colúvio. A solução deverá se concentrar em proteger as construções existentes, possivelmente por meio de uma estrutura de contenção tipo muro. O talude abaixo da estrutura de contenção poderá apenas sofrer um retaludamento de modo a que se obtenha uma geometria estável para o tipo do material. Recomenda-se a execução de furos de sondagem, instalação de medidores de água e levantamento topográficos.	7.10	4	5	9,5
53+200	2660	LE	TC	01	SO	SC	IN			U	4	300	30	26	G02, G05, G26, G28, G32, G33	Observa-se a falta de proteção superficial e a inexistência de sistemas de drenagem. A erosão em sulco manifestou o carregamento das partículas de solo do corpo do talude pela ação da água, formando canais bem definidos. A concentração de água acelera o processo, podendo evoluir para um ravinamento.	7.11	3	1	9,5

TABELA 7.7 - CADASTRO DOS PASSIVOS GEOTÉCNICOS (BR-470/SC)

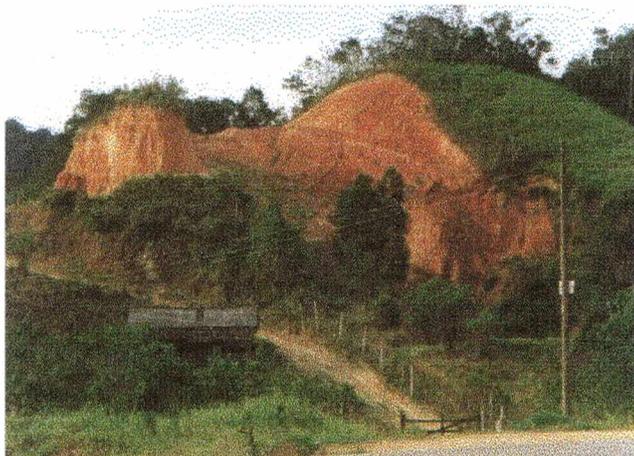
Rodovia: BR-470/SC		Subtrecho: Navegantes - Entroncamento BR 477 (A)		DATA: NOV2000/JUN2001		FOLHA n°: ___												
Trecho: Navegantes - Divisa SC/RS		Segmento: km 10 ao km 57																
KM	Estaca	LD/LE	OCOR	TIPO	ANÁLISE			CAUSAS	DESCRIÇÃO/RECOMENDAÇÕES	FOTO	NÍVEL DE GRAVID.		PR					
					MATERIAL	COBERT.	DREN				COND.DR.	P.ÁGUA		h (m)	L (m)	a(°)	d (m)	T
54+700	2735	LE	TC	09	SO	MA	IN	CS	12	40	60	15	G16	O material do talude conforme observações visuais, parece ser composto de solo residual, com pequena cobertura de colúvio. Ao longo do talude não se observou presença de água, exceto no pé do corte, onde foi reportada a presença de surgências constantes. Em presença do exposto a causa não é evidente. A mais provável parece ser algum tipo de descontinuidade geológica com formação de superfície de menor resistência ao cisalhamento, as quais podem ter sido acionadas pela escavação no pé do talude. Seria necessário um levantamento geológico de campo, por geólogo, de forma a procurar indícios de fraturas pré existentes que poderiam concentrar materiais de baixa resistência, além de outras anomalias na formação do solo residual. A solução mais provável poderá ser um muro de terra com remoção do material deformado, implantação de um sistema de drenagem interna e proteção superficial do talude remanescente.	7.12	4	4	9,5



**FIGURA 7.2 – Exploração predatória**



**FIGURA 7.3 – Exploração predatória**



**FIGURA 7.4 - Exploração predatória**



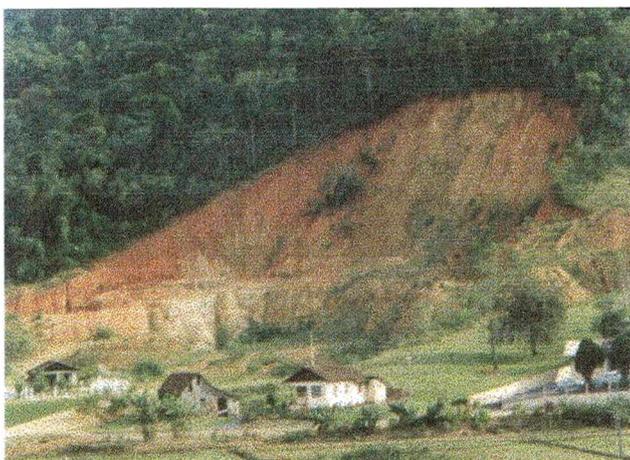
**FIGURA 7.5 - Exploração predatória**



**FIGURA 7.6 – Exploração predatória**



**FIGURA 7.7 – Voçoroca**



**FIGURA 7.8** – Exploração predatória  
Falta de recuperação



**FIGURA 7.9** – Exploração predatória  
Falta de recuperação



**FIGURA 7.10** - Escorregamento



**FIGURA 7.11** – Erosão em sulco



**FIGURA 7.12** - Escorregamento

**TABELA 7.8 - CADASTRO DOS PASSIVOS EM ÁREAS URBANAS (BR-470/SC)**

Rodovia: BR-470/SC		Subtrecho: Navegantes - Divisa SC/RS		DATA: NOV/2000/JUN2001		FOLHA nº: _____			
Trecho: Navegantes - Divisa SC/RS		Segmento: km 10 ao km 57		Subtrecho: Navegantes - Entroncamento BR 477 (A)					
KM	Estaca	E m L	TIPO DE PASSIVO	CAUSAS	DESCRIÇÃO/RECOMENDAÇÕES	FOTO	NÍVEL DE GRAVID.		PR
							T	A.A.	
37	1850		02/06/11/13	U02/U06/U11/U13	Interseção	7.13	3	1	8,5
39	1950	LD	12	U12	O acesso além de irregular encontra-se na saída de uma curva da rodovia	7.14	2	1	8,5
49+700 a 49+760	2485 a 2488	LE	10	U10	Placas de propaganda afixadas junto a sinalização da rodovia	7.15	3	1	9,5
50+960	2548	LE	12/15	U12/U15		7.16	3	1	9,5
51+440	2572	LD	12	U12		7.17	3	1	9,5
52+100	2605	LE	12	U12		7.18	2	1	9,5
53+100	2655	LE	06/08/11/13	U06/U08/U11/U13		7.19	3	1	9,5
53+400	2670	LE	12/15	U12/U15		7.20	1	2	9,5
54+560	2728	LE	12	U12		7.21	2	1	9,5

**TABELA 7.8 - CADASTRO DOS PASSIVOS EM ÁREAS URBANAS (BR-470/SC)**

Rodovia: <b>BR-470/SC</b>		Subtrecho: <b>Navegantes - Divisa SC/RS</b>		DATA: <b>NOV/2000/JUN/2001</b>		FOLHA n°: _____			
Trecho: <b>Navegantes - Entroncamento BR 477 (A)</b>		Subtrecho: <b>Navegantes - Entroncamento BR 477 (A)</b>							
Segmento: <b>km 10 ao km 57</b>									
KM	Estaca	[ ]	TIPO DE PASSIVO	CAUSAS	DESCRIÇÃO/RECOMENDAÇÕES	FOTO	NÍVEL DE GRAVID.		PR
							T	A.A.	
54+700 54+700	Inters. 2735		02/06/10 11/13	U02/U06/U10 U11/U13		7.22 7.23	5	2	9,5
55+200	2760	LE	12	U12		7.24	2	1	9,5
55+240	2762	LE	12	U12		7.25	2	1	9,5
55+300	2765	LE	03/12	U03/U12		7.26	4	1	9,5
55+660	2789	LE	12	U12		7.27	4	1	9,5
55+880	2794	LE	12	U12		7.28	3	1	9,5
55+920	2796	LE	12	U12		7.28	2	1	9,5
56+640	Inters. 2832		03/06/08/11	U03/U06/U08/U11		7.29	4	4	9,5



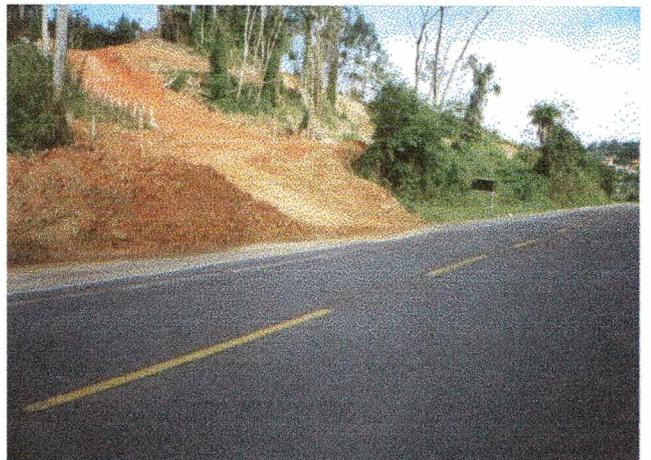
**FIGURA 7.13** – Interseção deficiente



**FIGURA 7.14** – Acesso irregular



**FIGURA 7.15** – Poluição visual



**FIGURA 7.16** – Ausência no controle do uso do solo



**FIGURA 7.17** – Acesso irregular



**FIGURA 7.18** – Acesso irregular



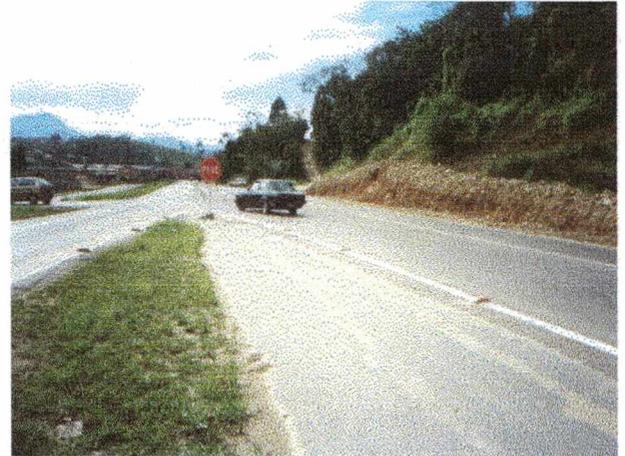
**FIGURA 7.19 –** Interseção deficiente



**FIGURA 7.20 –** Ausência no controle do uso do solo / Acesso irregular



**FIGURA 7.21 –** Acesso irregular



**FIGURA 7.22 –** Interseção deficiente



**FIGURA 7.23 –** Poluição visual



**FIGURA 7.24 –** Acesso irregular



**FIGURA 7.25 - Acesso irregular**



**FIGURA 7.26 - Acesso irregular**  
Ausência de vias marginais



**FIGURA 7.27 - Acesso irregular**



**FIGURA 7.28 - Acesso irregular**



**FIGURA 7.29 - Interseção deficiente**

**TABELA 7.9 - CADASTRO DOS PASSIVOS EM ÁREAS RURAIS (BR-470/SC)**

Rodovia: BR-470/SC		DATA: NOV2000/JUN2001		FOLHA nº: _____					
Trecho: Navegantes - Divisa SC/RS		subtrecho: Navegantes - Entroncamento BR 477 (A)							
Segmento: km 10 ao km 57									
KM	Estaca	E	TIPO DE PASSIVO	CAUSAS	DESCRIÇÃO/RECOMENDAÇÕES	FOTO	NÍVEL DE GRAVID.		PR
							T	A.A.	
23	1150	LD	02	R02		7.30	1	1	8,5
30	1500	LD	02	R02		7.31	1	1	8,5
32	1600	LD	02	R02		7.32	2	1	8,5
42+500	2125	LD	02	R02		7.33	2	1	8,0
44+940	2247	LE	02	R02		7.34	4	1	8,0
47+100	2355	LE	02	R02		7.35	2	1	8,0



**FIGURA 7.30 – Acesso irregular**



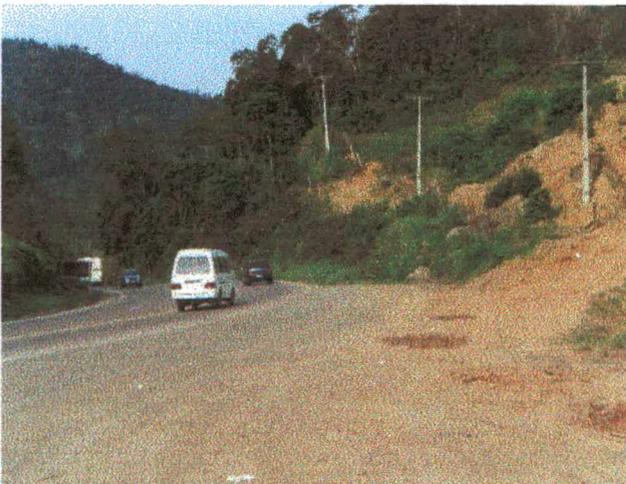
**FIGURA 7.31 - Acesso irregular**



**FIGURA 7.32 - Acesso irregular**



**FIGURA 7.33 - Acesso irregular**



**FIGURA 7.34 - Acesso irregular**



**FIGURA 7.35 - Acesso irregular**

Uma vez que o banco de dados estava consolidado, foi possível a determinação dos indicativos das condições dos passivos ambientais da malha rodoviária avaliada.

A base para melhoria da qualidade de manutenção e de restauração destes passivos, em especial quanto a sua gravidade, apóia-se em diversos conceitos e princípios indissociáveis do processo de manutenção como:

- necessidade de elaboração de estudos e levantamentos detalhados para a perfeita definição das necessidades individuais de um sistema viário;
- monitoração e diagnóstico do passivo ambiental para que seja possível a definição e a aplicação de políticas e estratégias técnicas de manutenção e restauração coerentes com as necessidades presentes e futuras;
- inclusão do conceito de manutenção preventiva como necessidade indissociável de um processo ordenado e racional de manutenção.

A análise de relevância dos passivos ambientais, utilizando-se dos critérios propostos, permitiu a obtenção do Índice de Qualidade Ambiental da rodovia BR-470/SC, segmento do km 10 ao km 57 de modo a auxiliar na organização do espaço rural e urbano da rodovia.

O estudo realizado apresenta algumas vantagens:

- a) possibilita estudar uma ampla variedade de passivos;
- b) permite a coleta de dados sobre um conjunto de características típicas;
- c) acumula informações sobre o passivo ambiental;
- d) facilidade na obtenção de uma amostragem.

Algumas desvantagens do método foram percebidas:

- a) pequeno grau de controle sobre a situação de coleta de dados e a possibilidade de que fatores, desconhecidos para o investigador, possam interferir nos resultados;
- b) interpretações diversas do nível de gravidade.

Um conceito que retrate a Qualidade Ambiental da Rodovia é calculado (equação 6.1):

$$I_{QARO} = \Sigma (NG*PR) \text{ geotécnico} + \Sigma (NG*PR) \text{ áreas urbanas} + \Sigma (NG*PR) \text{ áreas rurais}$$

$$I_{QARO} = (197,0+196,5) + (451,0+207,0) + (98,0+49,5)$$

$$I_{QARO} = 1.199,0$$

O valor do  $I_{QARO}$  obtido classifica o segmento estudado com conceito regular (Tabela 8.1).

Os estudos indicaram que os trechos alcançaram resultados elevados devido, basicamente, ao seu volume de tráfego, à sinalização deficiente, aos acessos irregulares e ao número de acidentes, que contribui para um **Índice Regular de Qualidade Ambiental da Rodovia**.

TABELA 8.1 - ÍNDICE DE QUALIDADE AMBIENTAL RODOVIÁRIA (BR-470/SC)

Rodovia: <b>BR-470/SC</b>		Subtrecho: <b>Navegantes - Entroncamento BR 477 (A)</b>		DATA: <b>NOV2000/JUN2001</b>		FOLHA n°: _____							
Trecho: <b>Navegantes - Divisa SC/RS</b>		Segmento: <b>km 10 ao km 57</b>											
NÍVEL DE GRAVID.	PR	PESO DE REFERÊNCIA		NÍVEL DE GRAVID.	PR	PESO DE REFERÊNCIA							
		T	A.A.			T	A.A.						
<b>PASSIVOS GEOTÉCNICOS</b>				<b>PASSIVOS DE ÁREAS URBANAS</b>				<b>PASSIVOS DE ÁREAS RURAIS</b>					
1	2	8,5	17,0	3	1	8,5	25,5	8,5	8,5	1	1	8,5	8,5
1	1	8,5	8,5	2	1	8,5	17,0	8,5	8,5	1	1	8,5	8,5
1	1	8,5	8,5	3	1	9,5	28,5	9,5	9,5	2	1	8,5	17,0
1	3	8,5	25,5	3	1	9,5	28,5	9,5	9,5	2	1	8,0	16,0
2	1	8,5	17,0	3	1	9,5	28,5	9,5	9,5	4	1	8,0	32,0
3	1	8,0	8,0	2	1	9,5	19,0	9,5	9,5	2	1	8,0	16,0
1	2	8,0	16,0	3	1	9,5	28,5	9,5	9,5				
1	1	9,5	9,5	1	2	9,5	9,5	19,0	19,0				
4	5	9,5	38,0	2	1	9,5	19,0	9,5	9,5				



Em conta à análise dos resultados, a aplicação da metodologia proposta possibilitou a qualificação ambiental do segmento estudado com conceito regular.

A metodologia teve a finalidade de traçar um roteiro de trabalho e de associar um índice numérico ao cadastro dos passivos ambientais, onde a somatória final de pontos tem a função de determinar um conceito da qualidade ambiental da rodovia.

A determinação de um padrão de qualidade revela a possibilidade de melhorar a operacionalidade da via, visando atenuar os conflitos provocados entre a rodovia e as áreas urbanas e rurais, pela eliminação ou redução dos passivos ambientais resultantes do empreendimento. Através de medidas apropriadas, a segregação urbana e a intrusão visual poderão ser reduzidas e amenizadas. Um melhor ordenamento do uso de ocupação do solo, e um aumento da segurança e do conforto dos moradores e usuários da rodovia, poderão ser alcançados.

O levantamento do passivo ambiental e a obtenção do índice de qualidade ambiental rodoviária atende à concepção de uma malha rodoviária voltada à sustentabilidade.

A metodologia do índice de qualidade ambiental aplicada no trecho estudado revelou algumas limitações ao uso:

- o valor do índice reflete a condição observada durante o levantamento;
- existe a possibilidade que dois ou mais tipos de passivo, com os mesmos pesos de referência, tenham níveis de gravidade diversos.

O índice de qualidade ambiental rodoviária revela-se aplicável às situações:

- quando se desejar, além de um parâmetro identificador da qualidade ambiental da rodovia, um inventário de ocorrências e de suas prováveis causas, possibilitando uma avaliação mais rica em pormenores;
- como uma etapa preliminar, para julgamento da necessidade de uma análise da rodovia para casos de priorização de recursos;
- realização de um monitoramento ambiental para a definição e a aplicação de políticas estratégicas e de técnicas de manutenção e de conservação rodoviária coerentes com as necessidades presentes e futuras;

A análise do passivo ambiental passa a ser vista como instrumento útil para o desenvolvimento sustentável e como importante papel na formulação de políticas ambientais e de planos de ocupação nas rodovias.

O mesmo acontece com muitos outros passivos ambientais, as soluções devem vir de uma clara percepção de nossa realidade. A base para o bom uso da terra inclui o conhecimento de suas condições ambientais. Sem esta informação é difícil direcionar um uso do solo numa base lógica.

O método apresentado pode ser um instrumento auxiliar para os projetistas e órgãos à avaliação das rodovias e à verificações dos passivos ou, até mesmo, ao seu controle de forma sustentável, para o desenvolvimento de projetos futuros, e manutenção das rodovias existentes. A qualidade ambiental de malhas rodoviárias também contribui para a qualidade de vida dos cidadãos.

A análise de índices de qualidade de pavimentos, com a complementação de índices de qualidade ambiental é de fundamental importância para a obtenção uma malha rodoviária sustentável em todos aspectos.

A aplicação da metodologia adotada, a outras regiões do País poderá exigir adaptações, contudo será uma oportunidade de aprimoramento do trabalho.

A produção de um modelo computacional para que os dados obtidos possam ser melhor aproveitados, com acoplamento ao geoprocessamento poderá transformar a metodologia proposta em instrumento auxiliar valioso à gerência viária.

A introdução de novos conceitos, em termos de passivo ambiental, e do aprimoramento do índice de qualidade ambiental rodoviária viabiliza a sustentabilidade ambiental dos empreendimentos rodoviários desde o planejamento, durante a execução das obras e durante a operação e a manutenção da malha rodoviária.

## **Referências Bibliográficas**

---

- ANDRADE, R. O. B. de; TACHIZAWA, T.; CARVALHO, A. B. de. **Gestão ambiental: enfoque estratégico aplicado ao desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Makron Books, 2000. 206 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10703: **Degradação do solo** – terminologia, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências – elaboração. Rio de Janeiro, 2000.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE OBRAS RODOVIÁRIAS (ANEOR). **Guia de diretrizes ambientais para obras rodoviárias**. São Paulo, 1992.
- AUGUSTO FILHO, O. **Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica**. In: Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, 1, 1992, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro, p. 721-733.
- AUGUSTO FILHO, O. **Escorregamentos em encostas naturais ocupadas: análise e controle**. In: Curso de Geologia Aplicada ao Meio ambiente. ABGE/IPT: série Meio Ambiente, 1995.
- AUGUSTO FILHO, O.; VIRGILI, J. C. **Estabilidade de taludes**. In: Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE, 1998.
- AUTRET, P.; BROUSSEAUD, J. L. **Vizir** - Laboratoire Central des Ponts et Chaussées. Paris: France, 1991.

- BALBO, J. T. **Pavimentos asfálticos: patologias e manutenção**. São Paulo: Plêiade, 1997. 103 p.
- BARONI, M. **Ambigüidades e deficiências do conceito de desenvolvimento sustentável**. Revista de Administração de Empresas. São Paulo: [s.n.] abril/julho, 1992.
- BECKER, D. F., et al. **Desenvolvimento sustentável: necessidade e/ou possibilidade?** Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 1997. 238 p.
- BELLIA, V.; BIDONE, E. D. **Rodovias, recursos naturais e meio ambiente**. Niterói: EDUFF; [Rio de Janeiro]: DNER, 1993. 360 p.
- BARROS, N.; SERRANO, I.; MATEUS, J. **Estudo sobre a eficácia de algumas medidas de minimização implementadas nos projetos de estradas**. In: Congresso Rodoviário Português. Portugal: CRP, 2000. v. 1. p. 13-26.
- BEST, Juan. **Como investigar em educación**. 2ª edição. Madrid: Morata, 1972.
- BIGARELLA, J. J., MAZUCHOWSKI, J. Z. **Visão integrada da problemática da erosão**. In: Simpósio Nacional de controle da erosão, 3., 1985, Maringá. Livro Guia...Maringá: ABGE/ADEA, 1985, 332 p.
- BISHOP, A. **Progressive failure with special reference to the mechanism causing it**. In: Geotechnical Conference. (5:1967: Oslo). Anais, vol. 2. Oslo: GEC, 1967.
- BITAR, O Y. **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: IPT, 1995. 247 p.
- BITTENCOURT, E. **Pesquisa consenso: uma proposta de definição participativa dos valores ambientais para o setor do transporte**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1998. 153p.
- BUARQUE, Cristovam. **A revolução das prioridades**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1994.
- CANTER, L. W. et al. **Impact of growth: a guide for socio-economic assessment and planning**. Chelsea, Michigan: Lewis Publishers, 1977.

CARDOSO, S. H., et al. **A importância da quantificação dos efeitos dos fatores ambientais e de cargas em sistemas de gerência de pavimentos.** In: Anais da 27ª Reunião Anual de Pavimentação. Teresina/PI, 1993.

CARVALHO, P. A. S de. **Manual de geotecnia: taludes de rodovia: orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991. 381p.

CAVALCANTI, Clóvis. **Sustentabilidade da economia: paradigmas alternativos de realização econômica.** In: \_\_\_\_\_. Desenvolvimento e natureza: estudos para uma cidade sustentável. São Paulo: Cortez, 1995. p. 153-174.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **O desafio do desenvolvimento sustentável.** Relatório do Brasil. Secretaria de Imprensa da Presidência da República. Brasília, 1992.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO - CNUMAD: de acordo com a Resolução nº 44/228 da Assembléia Geral da ONU, de 22/12/89, estabelece uma abordagem equilibrada e integrada das questões relativas ao meio ambiente e desenvolvimento: **a Agenda 21.** Brasília: Câmara dos deputados, Série parlamentar; nº 56, 1996. 585p.

COMISSÃO DE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE DA AMÉRICA LATINA E DO CARIBE. **Nossa própria agenda.** Rio de Janeiro: PNUD: BID, 1990. 241 p.

COMISSÃO BRUNDTLAND - COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum.** 2ª ed. Rio de Janeiro: FGV, 1991.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Dispõe sobre as diretrizes gerais para uso e implementação de avaliação de impacto ambiental.** Resolução nº 001, de 23 de julho de 1986. Coletânea de Legislação Ambiental, Secretaria do Estado de Desenvolvimento Urbano. Curitiba, 1990. p 299-303.

CONSTITUIÇÃO FEDERAL (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil:** Promulgada em 5 de outubro de 1988. Juarez de Oliveira. 4 ed. São Paulo: Saraiva, 1990. 168p (Série Legislação Brasileira).

CUNHA, M. A. **Ocupação de encostas**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991. 217 p.

D'AGOSTINI, L. R. **Erosão: o problema mais que o processo**. Florianópolis: Ed. UFSC, 1999. 131 p.

DAER/RS. Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do Rio Grande do Sul. **Manual de procedimentos ambientais**. Disponível em: <<http://www.daer.rs.gov.br>> Acesso em: 25 jun. 2001(a).

DAER/RS. Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do Rio Grande do Sul. **Manual de meio ambiente para empreendimentos rodoviários de restauração**. Disponível em: <<http://www.daer.rs.gov.br>> Acesso em: 25 jun. 2001(b).

DAER/RS. Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do Rio Grande do Sul. **Manual de meio ambiente para empreendimentos rodoviários de melhoria**. Disponível em: <<http://www.daer.rs.gov.br>> Acesso em: 25 jun. 2001(c).

DER/SC. Departamento de Estradas de Rodagem de Santa Catarina. **Diretrizes ambientais para o setor dos transportes**. Florianópolis: DER/SC, 1993.

DER/SC. Departamento de Estradas de Rodagem de Santa Catarina. **Audiência pública da concessão do sistema BR-470/SC**. Florianópolis, 1997.

DER/SC. Departamento de Estradas de Rodagem de Santa Catarina. **Manual de procedimentos ambientais**. Disponível em: <<http://200.180.3.8/iiiencontro/principal.htm>> Acesso em 19 dez. 1999.

DER/SP. Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo. **Levantamento do passivo ambiental**. Disponível em: <<http://www.der.sp.gov.br/mambiente/anexoc.pdf>> Acesso em 16 fev. 2001.

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos** – Procedimento DNER-PRO 08/78. Rio de Janeiro, 1978.

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Engenharia Rodoviária. Divisão de Estudos e Projetos. Serviço de Estudos Rodoviários e Ambientais. **Corpo normativo ambiental para empreendimentos rodoviários**. Rio de Janeiro, 1996(a).

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Engenharia Rodoviária. Divisão de Estudos e Projetos. Serviço de Estudos Rodoviários e Ambientais. **Manual rodoviário de conservação, monitoramento e controle ambientais**. Rio de Janeiro, 1996(b).

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Engenharia Rodoviária. Divisão de Estudos e Projetos. Serviço de Estudos Rodoviários e Ambientais. **Instruções de proteção ambiental das faixas de domínio e lindeiras das rodovias federais**. Rio de Janeiro, 1996(c).

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Engenharia Rodoviária. Divisão de Estudos e Projetos. Serviço de Estudos Rodoviários e Ambientais. **Manual para ordenamento do uso do solo nas faixas de domínio e lindeiras das rodovias federais**. Rio de Janeiro, 1996(d).

DNER - Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Relatório de revisão do projeto de restauração da rodovia BR-470/SC: km 37, ao km 57,0**. Florianópolis, 1997.

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Engenharia Rodoviária. **Relatório "AS BUILT" da rodovia BR-470/SC (km 37 – km 57)**. Florianópolis, 1999.

DIEFFY, P. J. B. **The development and practice of EIA concepts in Canadá**. Occasional Paper 4: Ottawa – Environmental Canadá, 1975.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. Tradução de: João Alves dos Santos; Revisão de: Suely Bastos. São Paulo: DIFEL, 1986.

DOMINGUES, F. A. A. **Avaliação de pavimentos: índices de defeitos individuais dos pavimentos – IDIP**. Simpósio Internacional de Manutenção e Restauração de Pavimentos e Controle Tecnológico. São Paulo: EDUSP, 2000.

DUNN, I. S.; ANDERSON, L. R.; KIEFER, F.W. **Fundamentals of geotechnical analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1980.

ELY, A. **Economia do meio ambiente: uma apreciação introdutória interdisciplinar da poluição, ecologia e qualidade ambiental**. 3 ed. Porto Alegre: Fundação de Economia e Estatística, 1988.

ESPÍNDOLA, M. **BR-470 Riqueza e abandono**. In: Jornal de Santa Catarina, Blumenau, 25 e 26 de novembro de 2000. Suplemento especial, p 1-6.

FENDRICH, Roberto, et al. **Drenagem e controle da erosão urbana**. 4ª edição. Curitiba: Champagnat, 1997. 486 p.

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. do. **Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

FIORI, A. P. **Fatores que influem na análise de vertentes e no movimento de massa em encostas**. In: Boletim Paranaense de Geociências, vol. 3 (7:24). Paraná: APG, 1995.

FORNASARI FILHO, N. et al. 1984. **Alterações no meio físico decorrentes de obras de engenharia**. São Paulo: IPT. 162 p.il. (IPT. Publicação 1972; Boletim 61).

FRANCO, A. de. **Porque precisamos de desenvolvimento local e integrado e sustentável?** Separata nº 3, Revista Século XXI. Brasília: Millennium – Instituto de Política, março/2000.

FREIRE, E. **Movimentos coletivos de solos e rochas e sua moderna sistemática**. Rio de Janeiro: Construção, 1965.

GEO-RIO. Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro. **Coleção: Manual técnico de encostas**. Rio de Janeiro, 2ª edição, 2000. v. 1.

GLADWIN, T. N. et al. **Shifting paradigms for sustainable development: implications for management theory and research**, n. 4. Academy of Management Review, 1995. v.20.

GLIGO, N. **Medio ambiente em la planificacion Latinoamericana: vias para una mayor incorporation**. In: La dimension ambiental en la planificaci3n del desarrollo. Buenos aires: Grupo Editor Latinoamericano, 1986. p. 27-45.

GONTIJO, P. R. A.; GUIMARÃES, F. H. R.; NOGUEIRA, C. L. **Método PARAGON – Uma nova metodologia para auscultaç3o de pavimentos rodoviários**. In: Anais da 28ª Reuni3o Anual de Pavimentaç3o. Belo Horizonte, 1994.

GOODLAND, R. **The environmental implications of major projects in third world development**. In: CLESTER, P. Major Project and the environmental. Oxford: Major Projects Assoc., 1989. 101p. p. 9-34.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualizaç3o de bases e conceitos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R.G.M. (Orgs.). **Eros3o e conservaç3o de solos: conceitos, temas e aplicaç3es**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340 p.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavaç3o**. 2. ed. ver. E aum. S3o Paulo: Edgard Blücher, 1983. 194 p.

HASS, R.; HUDSON, W. R.; ZANIEWISKI, J. **Modern pavement management**. Krieger Publishing Company. Florida/USA, 1994.

HOGAN, D. J.; VIEIRA, P. F. **Dilemas socioambientais e desenvolvimento sustent3vel**. 2ª ed. Campinas: Editora da UNICAMP, 1995. 234 p.

HORBERRY, J. **Status and application of EIA for development**. Gand – IUCN, 1984. 86 p.

HYMANN, H. **Planejamento e an3lise da pesquisa: princ3pios, casos e processos**. Traduç3o Edith Beatriz Bittencourt Sampaio. Rio de Janeiro: Lidor, 1967. 546 p.

HUTCHINSON, J. N. **Mass movement**. In: Encyclopedia of Geomorphology. New York: Ed. R. W. Fairbridge Reinhold Book Co, 1968.

INSTITUTO de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 1991. **Manual de ocupação de encostas**. São Paulo. (IPT. Publicação, 1821). 216 p.

JUCHEM, P. A. **Manual de avaliação de impactos ambientais - MAIA**. 2ª ed. Curitiba: IAP/GTZ, 1992. 1 v (paginação irregular).

KRYNINE, D. P.; JUDD, W. R. **Landslides and other crustal displacements**. In: Principles of engineering geology and geotechnics (636: 671). Tóquio: Mc Graw-Hill, 1957.

LEFF, E. **Ecología e Capital: racionalidad ambiental, democracia participativa y desarrollo sustentable**. México: Siglo Veintiuno, 1994.

LOPES, J. A. U. **Os movimentos coletivos dos solos e a evolução das encostas naturais nas regiões tropicais e subtropicais úmidas**. Curitiba, 1995. Dissertação – Universidade Federal do Paraná.

MARCON, A. F.; CARDOSO, S. H.; APS, M. **Considerações sobre métodos de avaliação de superfície de pavimentos**. In: Anais da 29ª Reunião Anual de Pavimentação. Cuiabá/MT, 1995. p. 42 – 62.

MAIMON, D. **Passaporte verde: gerência ambiental e competitividade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996. 111 p.

MARCONI, M. de A. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. São Paulo: Atlas, 1982. 205 p.

MAZUCHOWSKI, J. Z.; BIGARELLA, J. J. **Visão integrada da problemática da erosão**. Curitiba: Associação de Defesa e Educação Ambiental e Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1985. 329 p.

MORENO, J. A. T. **O Tratamento atual da gestão ambiental rodoviária no Brasil.** In: SEMINÁRIO DE MODERNAS TÉCNICAS RODOVIÁRIAS, 2., 2000, Florianópolis. **Relação de trabalhos.** 1 CD-ROM.

MUNN, R. E. **Environmental impact assessment: principles and procedures.** Toronto: UNEP-UNESCO, 1975.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO – FAO/ONU. **Guidelines for Land Use Planning.** Rome, 1989.

OEA - ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS. **Manual de procedimentos ambientais.** Disponível em <<http://200.180.3.8/iiiencontro/principal.htm>> Acesso em 19 dez. 1999.

OLIVEIRA, A. M. S; BRITO, S. N. A de. **Geologia de engenharia.** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. 575p.

PEREIRA, G. R. **A percepção ambiental como contribuição à implantação do sistema de gestão ambiental.** Monografia. Blumenau: FURB, 1999. 76 p.

PRUSKA, L.; THÚ, L. **The genesis of slip lines in slopes.** In: 2<sup>nd</sup> Internacional congress of the International Association of Engineering Geology. São Paulo, Proceedings, ABGE. vol. 2, pp. 12.1 – 12.7.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia – ambiente e planejamento.** São Paulo: Contexto, 1992.

ROUSSEL, P. A.; SAAD, K. N.; BOHLIN, N. **Pesquisa e desenvolvimento: como integrar PED ao plano estratégico e operacional das empresas como fator de produtividade e competitividade.** Tradução de José Carlos Barbosa dos Santos. Makron Books do Brasil, 1992. 198 p.

SÁ, M. M. de. **Contribuição à Implementação de um sistema de gestão ambiental na construção de rodovias: uma lista de verificação para um programa de auditoria ambiental.** Dissertação. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1995.

SACHS, I. **Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir.** Tradução de Eneida Araújo. São Paulo: Vértice, 1986. 207 p.

SIEBERT, C. F. **Estrutura e desenvolvimento da rede urbana do Vale do Itajaí.** Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Urbana e Ambiental – FURB. Blumenau. 1995. 118 p.

SKEMPTON, A. W.; HUTCHINSON, J. **Stability of natural slopes and embankment foundations.** In: International Congress on Soil Mechanics and Foundation Engineering (7: 1969: México). Anais. México: ICSMFE, 1968.

TEIXEIRA, S. G. **Considerações ambientais no setor dos transportes.** In: Seminário sobre Transporte e Meio Ambiente. Brasília. 1989. Anais. Ministério dos Transportes. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes. Brasília: 1990. p. 21-51.

TERZAGHI, K. **Mecanismo dos escorregamentos de terra.** São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1967. 38 p.

YASSUDA, C. et al. **Encontro técnico sobre estabilidade de encostas.** São Paulo; ABAMA, 1988.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Sistema de Bibliotecas. **Referências** (Normas para apresentação de documentos científicos) – Curitiba: Ed. da UFPR, 2000. v.6.

U. S. SOIL CONSERVATION SERVICE. 1966. **Procedures for determing rates of landscape damage, land depreciation and volume of sediment, produced by gully erosion.** Engineering Division. Technical Release, 32. Geology.

VARNES, D. J. **Slope movement types and processes.** In: Landslides Analysis and Control. Washington, National Academy of Sciences, 1978.