

TESE

1065

OLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ

**CONTRIBUIÇÃO À ANÁLISE DOS IMPACTOS
AMBIENTAIS NA CONSTRUÇÃO DE RODOVIAS**

JOSÉ FELIX BORGES DA SILVA

Itajubá, junho de 2000

ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ

JOSÉ FELIX BORGES DA SILVA



CONTRIBUIÇÃO À ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA CONSTRUÇÃO DE RODOVIAS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como requisito parcial à obtenção do título de *Mestre em Engenharia de Produção*

Orientador : Prof. Rogério José da Silva, Dr.

Itajubá, junho de 2000

CLASS.	504.625.711.3 (043.2)
CUTLER.	5586c
TOMBO.	1065



CONTRIBUIÇÃO À ANÁLISE DOS IMPACTOS
AMBIENTAIS NA CONSTRUÇÃO DE RODOVIAS

SILVA, José Felix Borges da, *Contribuição à análise dos impactos ambientais na construção de rodovias*. Itajubá: EFEI, 2000. P. (Dissertação de mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Escola Federal de Engenharia de Itajubá).

Palavras-Chaves: 1 – Impactos ambientais; 2 – Passivos ambientais rodoviários;
3 - Patologia Ambiental Rodoviária.; 4 – Traçado rodoviário.

ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ

JOSÉ FELIX BORGES DA SILVA

**CONTRIBUIÇÃO À ANÁLISE DOS IMPACTOS
AMBIENTAIS NA CONSTRUÇÃO DE RODOVIAS**

Dissertação aprovada por banca examinadora em 14 de junho de 2000, conferindo
ao autor o título de *Mestre em Engenharia de Produção*

Banca Examinadora:

Prof. Wlastermiler de Senço, Dr. e Livre Docente

Prof. Luiz Gonzaga Mariano de Souza, Dr.

Prof. João Batista Turrioni, Dr.

Prof. Rogério José da Silva, Dr. (Orientador)

Itajubá, junho de 2000

AGRADECIMENTOS

Agosto de 1998, que me deu a força que me fez lutar, com possibilidades de sucesso, por este trabalho.

Agradeço ao meu supervisor Prof. Dr. Renato José de Lima pelo incentivo, orientação e paciência, que tornaram este trabalho possível e agradável.

Agradeço aos amigos de casa de moradia, pelo auxílio financeiro e apoio moral, que me ajudaram a superar as dificuldades que se apresentaram.

Agradeço ao meu pai, Antônio, por sua constante presença, apoio moral, incentivo e orientação, no momento de maior necessidade.

Agradeço ao meu irmão, César, por sua constante presença, apoio moral e incentivo, no momento de maior necessidade.

Agradeço ao meu irmão, Ricardo, por sua constante presença, apoio moral e incentivo, no momento de maior necessidade.

Agradeço ao meu irmão, Marco, por sua constante presença, apoio moral e incentivo, no momento de maior necessidade.

Agradeço ao meu irmão, Giselle, por sua constante presença, apoio moral e incentivo, no momento de maior necessidade.

Dedico este trabalho aos meus filhos: Marco, Ricardo e Giselle pela inestimável compreensão e pelo permanente incentivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Criador pela saúde e força que me tem dado, que possibilitou concluir mais esta etapa da minha vida.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Rogério José da Silva pelo incentivo, atenção e dedicação que demonstrou durante o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos colegas do curso de mestrado, pela convivência amigável e agradável, que permitiu que as aulas do curso não se tornassem cansativas.

Agradeço aos meus familiares, que souberam entender minhas ausências, me incentivando e apoiando na realização de mais este sonho.

Agradeço à direção do DER – SP, por ter possibilitado a obtenção de dados e a coleta de informações junto a técnicos daquele órgão, para a elaboração deste trabalho.

E, finalmente agradeço à Eu, pela compreensão, incentivo e carinho que demonstrou durante a realização desta empreitada.

SUMÁRIO

Dedicatória	iii
Agradecimentos	iv
Sumário	v
Resumo	vii
Abstract	viii
Lista de quadros	ix
Lista de figuras	x
Lista de tabelas	xii
Lista de símbolos	xiii
Lista de abreviaturas	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Considerações iniciais	1
1.2. Motivação deste trabalho	3
1.3. Objetivo do presente trabalho	4
1.4. Estratégia	4
1.5. Delineamento deste trabalho	5
2. A VARIÁVEL AMBIENTAL EM OBRAS RODOVIÁRIAS	7
2.1. Considerações iniciais	7
2.2. Etapas de um empreendimento rodoviário	10
2.3. Avaliação do impacto ambiental	12
2.4. Estudos de impacto ambiental	14
2.5. Relevância da variável ambiental	18
3. EXIGÊNCIAS LEGAIS E PROPOSTA METODOLÓGICA PARA A ANÁLISE AMBIENTAL DE EMPREENDIMENTOS RODOVIÁRIOS	22
3.1. Exigências ambientais	22
3.2. Atendimento das exigências ambientais	29
3.2.1. Obras de proteção dos mananciais	30
3.2.2. Recuperação das áreas de bota-fora, das caixas de empréstimo, das jazidas e do passivo ambiental	30
3.2.3. Resgate de sítios arqueológicos	31
3.2.4. Barreiras acústicas	31
3.2.5. Outras obras e atividades exigidas pelo órgão licenciador	31
3.3. Tipos de obras ambientais necessárias nos empreendimentos rodoviários	33
3.3.1. Obras de estabilização de taludes	33
3.3.1.1. Declividade excessiva	34
3.3.1.2. Solos erosivos	35
3.3.2. Estudo alternativo de traçados	35
3.4. Proposta metodológica	37
3.5. Patologia ambiental rodoviária	42
3.5.1. Levantamento de dados	42
3.5.2. Análise dos dados	43
3.5.3. Diagnóstico	43
3.5.4. Execução da obra	43
3.5.5. Replanejamento	43
4. ESTUDO DE CASOS	45
4.1. Considerações iniciais	45
4.1.1. Obras de estabilização de taludes	45
4.1.2. Obras de aprimoramento do traçado	46

4.1.3. Monitoramento dos impactos ambientais	47
4.2. Estudo de casos – Passivos ambientais	47
4.2.1. Estudo da estabilização de um talude de corte na Rodovia Fernão Dias	48
4.2.1.1. Localização do passivo ambiental	50
4.2.1.2. Levantamento de dados do passivo ambiental	50
4.2.1.3. Análise dos dados	51
4.2.1.4. Diagnóstico	52
Alteração da inclinação do talude (retaludamento)	52
Manutenção dos taludes existentes e execução de obras de contenção	55
4.2.2. Estudo do traçado alternativo de um trecho da Rodovia Carvalho Pinto	59
4.2.4.1. Localização do passivo ambiental	59
4.2.4.2. Análise dos dados	59
4.2.4.3. Diagnóstico	61
5. ANÁLISE DOS DADOS E CONCLUSÃO	74
5.1. Considerações iniciais	74
5.2. Análise dos dados obtidos no estudo de casos	75
5.2.1. Principais dificuldades para a realização deste trabalho	75
5.2.2. Pontos relevantes do estudo de casos	76
5.2.3. Análise dos resultados do estudo de casos	76
5.3. Conclusão	77
5.4. Recomendações para futuros trabalhos	79
APÊNDICE 1 – PASSIVOS AMBIENTAIS	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR	94
ANEXO A – ETAPAS DOS EMPREENDIMENTOS RODOVIÁRIOS	100

RESUMO

A eliminação dos impactos ambientais é uma das grandes preocupações da sociedade moderna contemporânea e as obras rodoviárias de implantação de novas vias, ou de duplicação das já existentes, constituem-se em ponderáveis fatores impactantes, que deixam passivos ambientais relevantes, para a geração atual e para as futuras gerações. Para atingir o âmago do problema, este trabalho, propõe cuidados e procedimentos que visam eliminar ou pelo menos minimizar os impactos ambientais rodoviários, dentro de uma filosofia de execução das obras necessárias ao desenvolvimento sustentável.

Assim, objetiva-se alertar a sociedade sobre a vastidão dos passivos ambientais existentes às margens das rodovias, alertar os meios técnicos e científicos, ligados à construção de rodovias, quanto à preocupação que deve existir, em cada fase dos empreendimentos rodoviários, objetivando obras de qualidade e devidamente inseridas nos ecossistemas existentes, bem como contribuir para a análise dos impactos ambientais e subsidiar os empreendedores e governantes, nas tomadas de decisão.

Para o atendimento desses objetivos, utilizou-se uma metodologia já consagrada em edificações e sobre tudo, em estruturas, que visa, continuamente a procura das causas e dos efeitos, que provocam o surgimento dos passivos ambientais rodoviários. Essa metodologia, vastamente utilizada em estruturas, com a designação de Patologia das Estruturas, foi adaptada para o equacionamento de situações ambientais rodoviárias e recebeu o nome de *Patologia Ambiental Rodoviária*.

Essa metodologia, foi aplicada a dois estudos de caso, que tratam respectivamente do equacionamento da estabilização de um talude de solo, localizado na Rodovia Fernão Dias e da análise comparativa entre os impactos ambientais provenientes do traçado atual dum trecho de aproximadamente dois quilômetros da Rodovia Carvalho Pinto e os provocados por um traçado alternativo, que objetiva-se a sua eliminação ou pelo menos a sua minimização.

Os resultados obtidos nos dois estudos de casos, mostram que a Patologia Ambiental Rodoviária é bastante adequada, para orientar racionalmente os técnicos, na eliminação dos passivos ambientais rodoviários, ou mesmo no equacionamento da escolha de opções construtivas, que terão que tomar na realização dos estudos, dos projetos, da obra ou da sua operacionalização.

ABSTRACT

Modern and contemporary society has been concerned with the reduction of environmental impact. The construction, betterment, modernization or enhancement of roads pose a threat and could lead to current and future environmental impacts. To address the issue, this work proposes measures and procedures that seek to eliminate or, at least, minimize road construction environmental impact. All considerations made by the author take into account the necessity to achieve sustainable development.

This work also aims to a) alert society to the enormous amount of potential environmental impacts existing alongside roads, b) alert scientists and technical personnel to the considerations present in each step of environmentally-concerned road construction, and c) contribute to a better understanding of environmental impact and to offer further information that would help entrepreneurs and decision makers.

The methodology used in Structural Pathology has been vastly applied to buildings and, especially, to structures. Recently, it was adapted to continuously seek for the cause and the effect of environmental impacts on roads and was named *Environmental Pathology for Roads*.

Environmental Pathology for Roads was applied to two case studies. The first one focuses on how to ensure the stability of a soil slope located on Fernão Dias Highway. The second one is a comparative analysis of the environmental impacts caused by a two-kilometer stretch on Carvalho Pinto Highway and an alternative solution aiming to eliminate, or at least, minimize environmental impact.

The results from the two case studies show that Environmental Pathology for Roads is adequate to guide technical personnel in the elimination of potential environmental hazards and to help balance the choices of building options which will have to be made during the project and the construction phases.

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO II

- Quadro 2.1. – Licenciamentos exigidos em cada fase dos empreendimentos rodoviários..... 17
 Quadro 2.2. – Matriz de correlação de impactos ambientais de obras rodoviárias 19

ANEXO A

- Quadro 1 – Etapas dos empreendimentos rodoviários 110
 Quadro 2 – Modelo conceitual da transformação ambiental 101
 Quadro 3 – Etapas do licenciamento ambiental 101
 Quadro 4 – Matriz de correlação de impactos ambientais de obras rodoviárias 102
 Quadro 5 – Avaliação de impacto ambiental de obras rodoviárias – Fase de estudos e projetos 103
 Quadro 6 – Avaliação de impacto ambiental de obras rodoviárias – Fase de engenharia e obras 104
 Quadro 7 – Avaliação de impacto ambiental de obras rodoviárias – Fase de engenharia e operação 107
 Quadro 8 – Impactos ambientais significativos – Interferências em áreas urbanas ... 108
 Quadro 9 – Impactos ambientais significativos passíveis de monitoramento na faixa de domínio e região lindeira de uma rodovia – Fase de operação 110

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 2.1. – Diagrama de Bruckner	20
--	----

CAPÍTULO III

Figura 3.1. – Ábaco de evolução do custo da construção (Sitter)	40
---	----

CAPÍTULO IV

Figura 4.1. – Talude de corte instável, localizado no km 69,2 da nova pista da duplicação da Rodovia Fernão Dias, em Mairiporã-SP	50
Figura 4.2. – Perfil típico da alternativa do estudo de retaludamento, no km 69,2 da Rodovia Fernão Dias.....	54
Figura 4.3. – Perfil típico da alternativa das obras de contenção, no talude do km 69,2 da Rodovia Fernão Dias.....	58
Figura 4.4. – Taludes muito elevados com pontos de instabilização localizados caracterização do passivo ambiental e levantamento de dados.....	60
Figura 4.5. – Levantamento plani-altimétrico do entorno da Rodovia Carvalho Pinto no trecho entre o km 77 e km 79.....	63
Figura 4.6. – Traçado atual e proposta alternativa para o trecho entre o km 77 e km 79 da Rodovia Carvalho Pinto.....	64
Figura 4.7. – Greide em cotas diferentes para as duas pistas da proposta de traçado alternativo.....	65
Figura 4.8. – Comparação dos diagramas de Bruckner para o traçado atual e para o traçado alternativo proposto.....	71

APÊNDICE 1

Figura 1 – Registro do passivo ambiental provocado pela implantação da segunda pista da duplicação da Rodovia Fernão Dias na serra da Cantareira no Município de Guarulhos – SP.....	80
Figura 2 – Registro do passivo ambiental provocado pela paralisação das obras de Duplicação da Rodovia Fernão Dias no Município de Mairiporã – SP.....	81
Figura 3 – Registro de impacto ambiental, por uso inadequado da Rodovia Fernão Dias no Município de Guarulhos – SP.....	82
Figura 4 – Registro aéreo do passivo ambiental deixado pela construção da Rodovia Carvalho Pinto no Município de Jacareí – SP.....	83
Figura 5 – Registro do passivo ambiental na área de empréstimo da Rodovia Carvalho Pinto no Município de Guararema – SP.....	84
Figura 6 – Registro da vista geral do passivo ambiental na área de empréstimo da Rodovia Carvalho Pinto no Município de Guararema – SP	85
Figura 7 – Registro de passivo ambiental na estrada velha São Paulo – Rio de Janeiro (SP-66) no Município de Guararema – SP	86

Figura 8 – Registro do passivo ambiental na rodovia SP -123 que liga Quiririm a Campos do Jordão, no trecho da Serra da Mantiqueira no Município de Pindamonhangaba – SP	87
Figura 9 – Registro do passivo ambiental na rodovia SP – 123 que liga Quiririm a Campos do Jordão, no trecho da Serra da Mantiqueira no Município de Pindamonhangaba – SP	87
Figura 10 – Registro do passivo ambiental na rodovia SP – 88, km 46,3 na Serra do Itapetí em Mogi das Cruzes – SP	88
Figura 11 – Registro fotográfico do passivo ambiental na Rodovia Carvalho Pinto junto ao acesso ao Município de Caçapava – SP	89
Figura 12 – Registro fotográfico de passivo ambiental em área de bota – for a localizada junto à praça do pedágio da Rodovia Ayrton Senna em Guararema – SP.....	90
Figura 13 – Registro fotográfico de passivo ambiental causado por um porto de areia no km 75 da Rodovia Carvalho Pinto em Jacareí – SP	90

CAPÍTULO IV

Tabela 1 – Causas da ocorrência dos passivos ambientais rodoviários no Estado de São Paulo	41
Tabela 2 – Causas de ocorrência de áreas de estudo de reassentamento, no km 69,2 da Rodovia Carvalho Pinto	44
Tabela 3 – Planilha de cálculo dos volumes de corte e de aterro no trecho entre o km 76,929 e o km 77,0143 da Rodovia Carvalho Pinto, em Jacareí – SP	46
Tabela 4 – Planilha de cálculo dos volumes de corte e de aterro do trecho alternativo da Rodovia Carvalho Pinto, no trecho entre o km 76,929 e o km 77,0143, em Jacareí – SP	48

LISTA DE SÍMBOLOS

A) SÍMBOLOS LATINOS

CAPÍTULO II

D – Densidade seca

C – Densidade aparente

e_s – massa específica do esqueléticoe_a – massa específica aparente do material

CAPÍTULO III

V – volume aparente do agregado

V_{sc} – volume aparente do agregado compactadoV_{sc} – volume aparente do agregado compactadoV_{sc} – volume aparente do agregado compactadoV_{sc} – volume aparente do agregado compactadoV_{sc} – volume aparente do agregado compactado

Tabela 4.1. – Custos da eliminação dos passivos ambientais rodoviários	49
Tabela 4.2. – Cálculo do volume de corte do estudo de retaludamento, no km 69,2 da Rodovia Fernão Dias	56
Tabela 4.3. – Planilha de cálculo dos volumes de corte e de aterro no trecho entre o km 76,920 e o km 79,01742, da Rodovia Carvalho Pinto, em Jacareí – SP.....	66
Tabela 4.4. – Planilha de cálculo dos volumes de corte e de aterro, do traçado alternativo Da Rodovia Carvalho Pinto, no trecho entre o km 76,920 e o km 79,04309, em Jacareí – SP.....	68

B) SÍMBOLOS GREGOS

CAPÍTULO IV

V_{sc} – volume aparente do agregado compactado

Figura 4.1

V_{sc} – volume aparente do agregado compactado

LISTA DE SÍMBOLOS

A) SÍMBOLOS LATINOS

CAPÍTULO II

D - Impacto direto	Quadro 2.2	19
I - Impacto indireto.....	Quadro 2.2	19
m - metro (unidade de comprimento).....	Figura 2.1	20
m^3 - metro cúbico (unidade de volume).....	Figura 2.1	20

CAPÍTULO III

x - custo relativo da intervenção.....	Figura 3.1	40
t - tempo das etapas do empreendimento ...	Figura 3.1	40
$T1$ - tempo da etapa de concepção e projeto ..	Figura 3.1	40
$T2$ - tempo da etapa de execução da obra	Figura 3.1	40
$T3$ - tempo da etapa de manutenção preventiva	Figura 3.1	40
$T4$ - tempo da etapa de manutenção corretiva .	Figura 3.1	40

CAPÍTULO IV

F - coeficiente de segurança da estabilidade do talude....	Equação 4.1	46
S - soma das forças ou momentos atuantes no talude	Equação 4.1	46
S_n - soma das forças ou momentos resistentes no talude...	Equação 4.1	46
C - força de coesão do solo	Equação 4.1	46
N - força normal à seção do escorregamento do talude...	Equação 4.1	46
Tg - tangente de um ângulo	Equação 4.1	46
km - quilometro (unidade de comprimento).....	Tabela 4.1	49
m^2 - metro quadrado (unidade de área)	Tabela 4.1	49
RS - Reais (unidade monetária nacional)	Tabela 4.1	49
RS/km -Custo por quilometro de rodovia	Tabela 4.1.	49

B) SÍMBOLOS GREGOS

CAPÍTULO IV

φ - ângulo de atrito interno do solo do talude	Equação 4.1	46
--	-------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS

CAPÍTULO I

GEIPOT	- Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes	3
DNER	- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem	6

CAPÍTULO II

NEB	- National Environmental Board	7
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente	7
RIMA	- Relatório de Impacto Ambiental	7
IBAMA	- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis	7
EIA	- Estudo de Impacto Ambiental	7
BIRD	- Banco Mundial	8
BID	- Banco Interamericano de Desenvolvimento	8
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas	9
NEPA	- National Environmental Policy Act	12
ONU	- Organização das Nações Unidas	13
CNUMAD	- Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento	13
SIG	- Sistemas de Informações Geográficas	15
LP	- Licença Prévia do Licenciamento Ambiental	17
LI	- Licença de Instalação do Licenciamento Ambiental	17
LO	- Licença de Operação do Licenciamento Ambiental	17

CAPÍTULO III

ONGs	- Organizações não-governamentais	22
SISNAMA	- Sistema Nacional do Meio Ambiente	25
SEMAM/PR	- Secretaria do Meio Ambiente da Presidência da República	25
SMA	- Secretaria dos Negócios do Meio do Estado de São Paulo	27
CONSEMA	- Conselho Estadual do Meio Ambiente do Estado de São Paulo	28
SEAQUA	- Sistema Estadual de Administração da Qualidade Ambiental, Proteção, Controle e Desenvolvimento do Meio Ambiente e Uso Adequado dos Recursos Naturais do Estado de São Paulo	28
CETESB	- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental	32
DUSM	- Departamento do Uso do Solo Metropolitano	32
DER-SP	- Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo	32
APA	- Área de Preservação Ambiental	32

CAPÍTULO IV

SP-70	- Sigla da Rodovia Carvalho Pinto	47
UF	- Unidade da Federação	49
BA	- Bahia (Estado da Federação)	49

ES	-	Espírito Santo (Estado da Federação)	49
SC	-	Santa Catarina (Estado da Federação)	49
AL	-	Alagoas (Estado da Federação)	49
PI	-	Piauí (Estado da Federação)	49
CE	-	Ceará (Estado da Federação)	49
MT	-	Mato Grosso (Estado da Federação)	49
RO	-	Roraima (Estado da Federação)	49
GO	-	Goiás (Estado da Federação)	49
DF	-	Distrito Federal	49
MS	-	Mato Grosso do Sul (Estado da Federação)	49
BR-NÚMERO-	-	Sigla de rodovia federal	49
BR-381	-	Sigla da Rodovia Fernão Dias	50
SP-08	-	Sigla da Estrada Velha de Bragança Paulista	57
IBGE	-	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	62
Vol.	-	Volume	66
acum.	-	Acumulado	66

APÊNDICE 1

SP-66	-	Sigla de trecho da Estrada Velha São Paulo – Rio de Janeiro.....	86
SP-123	-	Sigla da estrada que liga Quiririm a Campos do Jordão	86
SP-88	-	Sigla da estrada que liga Mogi das Cruzes à Rodovia Presidente Dutra ..	88

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IPT	-	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo	92
-----	---	--	----

ANEXO A

IAS	-	Impactos Ambientais Significativos	108
-----	---	--	-----

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Iniciais

Desde os primórdios da humanidade uma das preocupações do homem, foi sem dúvida a sua sobrevivência, mediante a extração dos recursos naturais existentes à sua volta. Dessa forma tornou-se extrativista dos recursos existentes no meio ambiente, sem a devida preocupação com a degradação do mesmo. Essa postura alavancada pelas políticas industriais de obtenção de elevados lucros, fez com que, durante muito tempo, não se observassem os malefícios causados aos ecossistemas existentes.

A crescente e continua degradação ambiental preocupou parcela significativa da sociedade, fazendo com que ela se posicionasse contrária às políticas da industrialização e propusesse que o crescimento fosse perseguido mediante a mitigação dos impactos ambientais.

Dentro da busca continua da redução dos impactos, iniciaram-se as políticas ambientais, com objetivos claros de proteção à saúde do homem e à conservação qualitativa e quantitativa de todos os recursos ambientais, condicionantes à sustentação da vida. Dentre esses recursos, a preocupação estava centrada na qualidade do ar, da água, do solo e do clima, na manutenção da fauna, da flora, das matérias primas, dos habitats e dos patrimônios natural e cultural.

As políticas ambientais, inicialmente foram orientadas pela luta contra a contaminação e a deterioração dos recursos naturais, mas a sua evolução vem ocorrendo direcionando-as para políticas ambientais globais e preventivas, onde a preocupação reinante é a prevenção das ocorrências dos impactos ambientais significativos e quando estes são inevitáveis, a sua minimização é buscada continuamente.

O problema ambiental é uma das principais preocupações da engenharia nos países desenvolvidos do final deste século, e hoje a conscientização desse problema está presente nos países em desenvolvimento.

No nosso país já existe uma legislação que norteia alguns setores, e a sua evolução tende a se estender aos demais, apoiada nas normas da série ISO 14000.

No momento atual e provavelmente nos próximos anos, a grande preocupação da sociedade estará direcionada para a preservação ambiental, em todas as atividades que a política globalizacional exige.

As exigências, a cada dia mais crescentes da sociedade contemporânea, para atender às suas necessidades, obrigam a tecnologia a desenvolver-se a grande velocidade e o aspecto técnico reinante, até aos dias atuais, gradativamente vem sendo substituído por um aspecto tecno-ambientalista, onde o fator de preservação, ou pelo menos de mitigação, dos impactos ambientais, têm uma importância relevante, nas tomadas de decisão dos programas de desenvolvimento.

A mudança da mentalidade da sociedade contemporânea faz com que os corpos técnicos responsáveis pelas implantações dos projetos, sejam questionados pelos organismos sociais de defesa da plena cidadania, a dar respostas às suas aspirações, sem que para tal, haja a devastação da parcela restante dos ecossistemas ainda existentes.

A implantação de novas políticas ambientalistas, não pode deixar de lado o grande problema que aflige a humanidade e especialmente a Nação Brasileira, que é o desemprego; por isso, é importante que o direcionamento leve a uma política ambiental capaz de gerar novas atividades e novos postos de trabalho, mediante a reutilização de matérias-primas recicláveis, com objetivos de redução dos custos dos projetos, direcionados para a execução de obras de baixos custos de manutenção e sobretudo para a mitigação dos impactos no meio ambiente.

Saliente-se ainda que face à situação econômica do País, deverá existir uma preocupação reinante nas propostas de novos projetos, que visem facilitar a obtenção de financiamentos externos tão necessários à continuidade do nosso desenvolvimento sustentado.

A preservação ambiental deverá estar presente em todos os projetos de desenvolvimento, em especial, nos das grandes obras públicas e nos das instalações industriais contaminantes; por isso, incluem-se as rodovias como poderosos elementos da modificação ambiental e da transformação da natureza, o que exige, que as construções rodoviárias devem reverter-se numa atividade harmoniosa do desenvolvimento e crescimento, necessários ao ser humano, sem fugir das características ecológicas das regiões de suas implantações.

1.2. Motivação deste Trabalho

A motivação primordial para o desenvolvimento deste trabalho está na importância dos transportes nas suas mais variadas facetas, para dar suporte à manutenção das relações sociais e para o desenvolvimento econômico do país.

A demanda crescente de obras de sustentação dos vários meios de transporte é indiscutível e inquestionável, refletindo-se também na necessidade da construção de novas estradas, na manutenção da malha rodoviária existente, ou quando esta atinge a sua saturação, na necessidade da sua duplicação.

É o setor rodoviário um dos que consome grande parte dos recursos, que constituem a riqueza nacional, e deixa, quando na sua implantação um elevado passivo ambiental.

A sociedade moderna a cada dia, tem necessidades de possuir meios mais rápidos e eficazes de locomoção, que possibilitem tomadas de decisões urgentes, dentro do processo de globalização em que está inserida.

As culturas e riquezas naturais necessitam locomover-se, dos seus pontos de origem e produção, até aos grandes centros consumidores.

Para atender a essas e outras necessidades prementes, dos setores primário, secundário e terciário e da população brasileira em geral, cada vez mais e mais, se faz necessária, a implantação crescente de novos trechos das malhas hidroviária, ferroviária, aeroviária e rodoviária.

Esse crescimento, que dada a política de transporte em vigor no nosso país, reflete a importância da implantação da malha rodoviária que deverá atender à demanda da frota rodoviária existente, que hoje é de cerca de trinta milhões de veículos, conforme anuário estatístico da Empresa Brasileira de Planejamento de Transporte - GEIPOT (1998), faz com que a cada dia sejam implantadas novas rodovias ou sejam duplicadas as já existentes.

Para a implantação de tais obras, uma grande parcela dos recursos municipais, estaduais, federais e até internacionais, são direcionados para esse fim, fazendo-se necessárias investigações e questionamentos que minimizem os custos das mesmas, de forma a que tenhamos eficiência e eficácia na administração da coisa pública.

Outro aspecto é a preocupação crescente que deve existir na redução dos impactos ambientais, pois desde os primórdios do rodoviarismo nacional, a este fator não lhe foi dada a devida importância, existindo hoje um passivo ambiental de grande monta às margens da maioria das nossas rodovias. Para ilustrar esta afirmação, foi inserido neste trabalho o

Apêndice 1 que é constituído por registos fotográficos de vários passivos ambientais rodoviários, que foram comentados, questionados e apresentadas alternativas de solução.

Para fazer frente a essa situação de degradação e ao clamor da sociedade, quanto à perda da qualidade de vida por problemas ambientais de várias origens e dos mais variados tipos de empreendimentos, necessário se faz, gerir os recursos naturais de forma equilibrada, de maneira a termos um desenvolvimento sustentável.

Sendo, o transporte, uma das várias atividades humanas merecedoras de destaque, e o transporte rodoviário um de seus constituintes de maior importância, a preocupação com o planejamento, a implantação e a operação de rodovias, reflete-se como de grande relevância. Entretanto, as obras rodoviárias durante longos anos, vem impondo a sociedade elevados impactos ambientais, que devem ser minimizados quando não for possível a sua completa eliminação.

Para a redução desses impactos, faz-se necessário o desenvolvimento de obras e projetos que visem a eliminação dos mesmos ou pelo menos a sua minimização.

A motivação para a elaboração deste trabalho, passou originalmente pelo exame de alguns estudos de impactos ambientais de implantação ou duplicação de rodovias, que indicaram a falta de preocupação dos seus mentores com a redução nos custos das obras e dos impactos ambientais. Portanto, reduzir custos sem prejudicar a qualidade da rodovia e minimizar os impactos que a mesma impõe ao meio ambiente é o grande dilema que terá que ser observado, em conjunto com as demais determinantes na tomada de decisão dos empreendimentos rodoviários.

Essas obras que a sociedade moderna exige, têm um custo relevante no montante dos empreendimentos rodoviários e a sua mensuração não tem passado por uma análise crítica capaz de informá-la sobre esses custos e sobre os benefícios advindos das mesmas.

1.3. Objetivo do Presente Trabalho

Este trabalho tem como objetivos:

- Alertar sobre os vastos passivos ambientais que a construção rodoviária tem imposto à sociedade;
- Alertar sobre a preocupação que deve existir em todas as etapas dos empreendimentos rodoviários com a preservação do meio ambiente;
- Contribuir para análise dos impactos ambientais causados pelos empreendimentos rodoviários;

- Subsidiar as tomadas de decisão dos empreendedores e das autoridades públicas constituídas.

1.4. Estratégia

Para que sejam atingidos os objetivos propostos no presente trabalho, iniciar-se-á caracterizando que as obras rodoviárias são formadas por vários serviços que se inter-relacionam, constituindo um sistema de trocas entre a rodovia e o meio ambiente. Essa complexidade não está delimitada exclusivamente à faixa de implantação da rodovia mas sim a todo o seu entorno, uma vez que a sua construção certamente acarreta a mudança comportamental de parcela significativa da sociedade que reside na área de sua influência.

Deseja-se neste trabalho identificar o pensamento nacional e internacional sobre a preocupação com o meio ambiente nas obras rodoviárias, através das opiniões de alguns especialistas sobre o assunto; identificar alguns passivos ambientais que a construção rodoviária vem impondo à sociedade; propor algumas alternativas para a eliminação ou mitigação de alguns desses passivos ambientais, em especial os ligados à estabilização de taludes e às alternativas de traçados.

A identificação das preocupações com o meio ambiente será registrada mediante uma revisão bibliográfica do pensamento de alguns expoentes nacionais e internacionais que mais se preocuparam com os impactos ambientais causados pelas obras rodoviárias, desde as suas concepções até às suas operacionalizações.

A identificação de passivos ambientais será registrado através de algumas fotos de impactos ambientais rodoviários significativos, obtidas junto à malha rodoviária nacional.

As eliminações ou mitigações de alguns passivos ambientais serão estudadas detalhadamente em cada caso, dando-lhes o enfoque da patologia das construções aplicada às obras rodoviárias de estabilização de taludes, identificando as causas da origem dos problemas, analisando algumas propostas alternativas de soluções e corroborando justificadamente a melhor opção, especialmente no aspecto da minimização dos impactos ambientais.

Tratamento análogo será usado nos estudos de traçados rodoviários alternativos, procurando conscientizar os setores técnicos dos organismos rodoviários da necessidade de estudos mais detalhados na concepção dos projetos e de seus detalhamentos.

1.5. Delineamento deste Trabalho

Este trabalho será organizado em cinco capítulos incluindo esta introdução, um apêndice e um anexo.

O Capítulo II, trata da revisão da literatura sobre o assunto focado, justificando as razões do estudo da variável ambiental, através das exigências da legislação vigente, dos mecanismos financeiros internacionais, das pressões da sociedade em geral e particularmente das organizações não governamentais existentes no país e no exterior, bem como apresentando os impactos ambientais rodoviários e as suas possíveis minimizações.

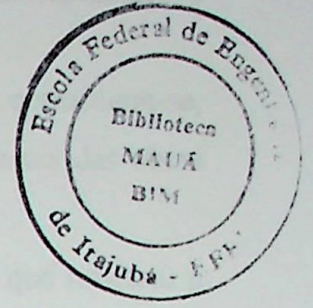
No Capítulo III, tratar-se-á das exigências ambientais e da proposta metodológica empregada na pesquisa, com a definição das premissas e indicação dos métodos a serem adotados, caracterizando os problemas ambientais e a descrição das etapas dos levantamentos das obras, usualmente propostas, nos estudos dos impactos ambientais.

O Capítulo IV, apresentará detalhadamente dois estudos de caso, com as etapas do processo de pesquisa e os resultados obtidos na mesma, descrevendo a metodologia de análise e as modificações propostas nos projetos rodoviários.

O Capítulo V, abrirá uma discussão crítica quanto aos resultados encontrados e quanto à proteção ambiental, que possibilite a indicação de alguns atributos que possam minimizar os impactos ambientais em rodovias, bem como as conclusões e as sugestões consideradas importantes para a tomada de decisão nos empreendimentos rodoviários.

No Apêndice 1, serão registrados alguns passivos ambientais, que foram pesquisados nas margens de algumas rodovias de jurisdição Federal ou Estadual, localizadas no Estado de São Paulo, sobre os quais será feita uma análise crítica, quanto aos motivos e causas do surgimento dos mesmos e com propostas de obras rodoviárias para a sua eliminação.

O Anexo A, tratará das etapas que devem ser seguidas, desde a concepção até à operação dos empreendimentos rodoviários, de acordo com o Manual Rodoviário de Conservação, Monitoramento e Controle Ambiental do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER.



CAPÍTULO II

A VARIÁVEL AMBIENTAL EM OBRAS RODOVIÁRIAS

2.1. Considerações Iniciais

A importância do transporte rodoviário no desenvolvimento do Brasil é inquestionável, em função da matriz de desenvolvimento imposta no decorrer dos tempos e reflete a demanda crescente pela construção de novas estradas ou pela duplicação das já existentes, que não atendem mais ao elevado tráfego que lhes é imposto.

Dentro desta realidade e considerando a inter-relação que deverá existir entre a obra rodoviária e o meio ambiente, o National Environmental Board – (NEB) (1979) assim as caracterizou: *rodovias podem perturbar o sistema ambiental existente em um grau incomum, (comparadas a muitos outros projetos de desenvolvimento), e via de regra, se estender por longas distâncias. Além disso, ao possibilitarem rápida comunicação e transporte, as rodovias promovem, em curto espaço de tempo, mudanças drásticas nos padrões do uso do solo ao longo do seu traçado e nas áreas adjacentes.*

Os estudos ambientais, são exigências legais a partir da Resolução nº. 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – (CONAMA), de 23 de Janeiro de 1986, por caracterizar que a construção de uma rodovia, é uma obra de engenharia capaz de causar significativas modificações no meio ambiente. Essa Resolução estipula:

Artigo 2º. - Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental – RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e do IBAMA em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, tais como:

I – Estradas de rodagem com duas ou mais faixas de rolamento;

Através dessa Resolução os empreendimentos rodoviários ficaram obrigados à realização dos Estudos de Impactos Ambientais – (EIA) e à elaboração do respectivo Relatório de Impacto Ambiental – (RIMA), a partir da sua publicação que ocorreu em 17 de Fevereiro de 1986 através do Diário Oficial da União.

O Estudo de Impacto Ambiental – EIA e o seu relatório RIMA, constituem-se, assim, nos elementos básicos e necessários à obtenção das licenças ambientais das obras rodoviárias.

As exigências legais que vem de encontro ao desejo da sociedade e que refletem a consciência política das autoridades estão embasadas em condicionantes econômicas advindas das imposições dos financiadores internacionais do desenvolvimento. Assim sendo, a obtenção dos empréstimos externos junto ao Banco Mundial – (BIRD), ao Banco Interamericano de Desenvolvimento – (BID) e de outras instituições de crédito internacional, passaram a incluir em suas negociações com o País as exigências de natureza ambiental, procurando reduzir os impactos ambientais que as obras rodoviárias impunham aos ecossistemas.

A avaliação dos impactos ambientais é parte primordial da Gestão Ambiental em empreendimentos rodoviários, afetando sobre maneira o contexto de um problema de decisão com múltiplos objetivos, geralmente conflitantes, pois a redução desses impactos na construção rodoviária vai de encontro à conservação ambiental. Segundo McHarg(1968) a rodovia deveria ser considerada, não como uma obra de um único objetivo, mas com múltiplos objetivos. Para esse autor, a rodovia não deve ser encarada apenas em termos de movimento automotivo entre locais, restrito apenas à faixa de rolamento, mas sim em conjunto com todos os determinantes dos processos físicos, biológicos e sociais que estão relacionados com a sua área de influência.

Assim, para serem atingidos os objetivos, fazem-se necessários, os estudos das incertezas e do carácter probabilístico da ocorrência de anomalias, relacionadas ao meio ambiente e à execução da própria obra.

Os métodos e ferramentas utilizadas para a avaliação dos impactos e sua mensuração não levam em conta, claramente essas incertezas o que faz com que os estudos de impacto ambiental em rodovias seja pouco eficiente como instrumento de ajuda à decisão.

Considere-se também que a influência da variável ambiental em obras rodoviárias, tratada nesta dissertação, está diretamente relacionada à parte física da mesma, e mais especificamente à proposta de eliminação de passivos ambientais através de estudos de casos, direcionados à reconfiguração do traçado e à contenção de encostas; em virtude da complexidade de sua mensuração no aspecto biológico e sócio - econômico.

Para a elaboração de projetos de empreendimentos de engenharia rodoviária, segundo Senço (1980) deverão ser incluídos os atributos: técnicos, econômicos e financeiros.

Com esse enfoque, este trabalho estará centrado na análise de alguns empreendimentos rodoviários já realizados, ou em execução, onde deveria ter havido uma preocupação com a atividade preservacionista do meio ambiente.

Para atender a essa preservação, destacamos que a construção ou duplicação de uma rodovia é constituída por um conjunto de obras que estabelecem trocas com o meio ambiente.

A preocupação com a preservação ambiental quando da construção de rodovias, teve início na década de 60 nos Estados Unidos, quando teve grande implemento a construção das rodovias que atravessavam os parques (parkway); por isso, McHarg (1968) apresentou quatro objetivos fundamentais, relacionados à construção de rodovias:

- aumento da facilidade, conveniência, prazer e segurança do tráfego;
- conservação dos recursos naturais, tais como solo, água, ar e recursos bióticos;
- contribuição para os objetivos públicos e privados de renovação urbana e desenvolvimento regional e urbano, nos aspectos: industrial, comercial, habitacional, recreacional e da saúde pública; e
- geração de novos usos do solo produtivo e manutenção ou valorização dos usos existentes.

Para atender a esses aspectos criam-se na maioria dos casos conflitos de interesses que precisam ser administrados.

A tomada de decisão tem que administrar esses interesses que levam à discussão de outros conceitos ambientais ou de inserção da própria obra rodoviária, assim, a Lei Federal nº. 6938/81, que define a Política Nacional do Meio Ambiente, conceitua, no inciso I, do seu artigo 3º., o meio ambiente como: *o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas.* Já, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – (ABNT) (1989) caracteriza o meio ambiente por um determinado espaço onde ocorre a interação dos componentes biológicos (fauna e flora), abióticos (água, rocha e ar) e biótico-abiótico (solo), em decorrência da ação humana, caracterizando-se também o componente cultural.

Esses conceitos complexos e questionáveis, caracterizam o meio ambiente, como um sistema composto por componentes físicos, biológicos e sócio-econômicos que interagem por meio de fluxos de matéria e energia.

Sendo a rodovia um conjunto de obras que se inter-relacionam, formando um sistema que continuamente estabelece trocas com o meio ambiente e dentre os componentes deste, com o meio físico, que segundo Fornasari Filho et al. *apud* Galves (1995) é definido pela interação de componentes predominantemente abióticos, os quais sejam: materiais terrestres (solos, rochas, água e ar) e tipos naturais de energia (gravitacional, solar, energia

interna da Terra e outras), incluindo suas modificações decorrentes da ação biológica e humana.

Admitindo-se que tanto a obra rodoviária como o meio ambiente na qual está inserida constituem sistemas em interação, questiona-se como expressar adequadamente essa interação de maneira a facilitar o processo de tomada de decisão?

Na tomada de decisão de empreendimentos rodoviários, a variável ambiental é sem dúvida de grande importância, e o elo de ligação entre a construção de uma rodovia e o meio ambiente é o estudo do impacto ambiental, que passou a constituir-se em exigência legal após a promulgação de Resolução nº. 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Esta Resolução constitui-se portanto, no primeiro documento a nível nacional, que efetivamente exige a realização dos Estudos de Impactos Ambientais e o correspondente RIMA, nas obras de construção de rodovias.

Na tentativa de responder ao questionamento acima, procura-se inicialmente, conhecer a maneira como se procede na avaliação do impacto ambiental, especialmente nos inter-relacionamentos com o meio físico.

2.2. Etapas de um empreendimento rodoviário:

Para o atendimento dos requisitos necessários da legislação dos empreendimentos rodoviários, descrevem-se em seguida, as etapas constituintes desses empreendimentos:

- planejamento - deverá conter a análise econômica do empreendimento bem como as fontes alternativas de obtenção de recursos e o cronograma de desembolso dos mesmos;
- estudos preliminares - serão constituídos pelos serviços:
 - abertura de trilhas,
 - levantamentos topográficos,
 - execução de sondagens do subsolo e
 - estudos das alternativas de traçados;
- ante-projeto - deverá analisar os traçados alternativos e possuir a escolha do traçado definitivo;
- projeto executivo - constará desta etapa o detalhamento da alternativa do traçado escolhido com os levantamentos quantitativos dos serviços necessários e correspondente orçamentação;

- licitação da rodovia - esta etapa consta da formulação dos requisitos do edital de licitação com a correspondente publicação, da habilitação das empresas empreiteiras, do julgamento das propostas e da contratação;
- construção da rodovia - é sem dúvida esta etapa a mais importante e complexa de todo o sistema e é constituída por:
 - limpeza do terreno,
 - execução da estrada variante de serviços,
 - raspagem do terreno com remoção da terra vegetal brejosa,
 - drenagem profunda,
 - escavações com configuração final dos taludes de corte,
 - transporte do material escavado,
 - compactação dos aterros com configuração final dos taludes de aterro,
 - drenagem superficial,
 - regularização e reforço do leito estradal,
 - execução da sub-base,
 - execução da base,
 - revestimento da pista de rolamento,
 - tratamento superficial dos acostamentos,
 - serviços complementares com plantio de grama, arborização paisagística e
 - implantação da sinalização;
- operação da rodovia.

O rol das atividades enumeradas sofreu um incremento substancial com as exigências do licenciamento ambiental, impostas através da resolução CONAMA nº. 001/86 já citada, que exigiu que os empreendimentos rodoviários com duas ou mais faixas de rolamento deveriam ser submetidos ao processo de licenciamento ambiental; assim, novas atividades se fazem necessárias aos empreendimentos rodoviários, dentre as quais destacamos:

- ◆ estudo de alternativas de traçado dentro do enfoque de minimização dos impactos ambientais e em observância ao planejamento regional amplo;
- ◆ estudos ambientais - esta etapa deverá conter os levantamentos ambientais necessários à elaboração dos estudos de impactos ambientais - EIA e ao correspondente relatório - RIMA. Obtendo-se ao final desta etapa a licença provisória;

- ◆ projeto ambiental - esta etapa deverá definir os procedimentos mitigatórios dos impactos ambientais levantados, bem como, a definição das áreas compensatórias dos impactos que foram mantidos. Obtendo-se ao final desta etapa a licença de implantação;
- ◆ implementação das ações ambientais - nesta fase, simultaneamente à execução da obra serão implantadas as obras de mitigação ou compensação definidas pelo órgão licenciador quando da emissão da licença de implantação. Ao final das obras e desta etapa será emitida a licença de operação;
- ◆ monitoramento da operação da rodovia - nesta etapa deverão ser obedecidas as diretrizes traçadas para a operação da rodovia, destacando-se: sistema de atendimento ao usuário, policiamento, controle de cargas perigosas, e sinalização.

2.3. Avaliação do Impacto Ambiental

A avaliação do impacto ambiental – AIA, é uma das etapas do estudo do impacto ambiental – EIA e sua origem está na legislação dos Estados Unidos, na lei da política nacional do meio ambiente daquele país, a National Environmental Policy Act, usualmente referida pela sigla (NEPA), que foi aprovada em 1969 e vigora desde 01 de janeiro de 1970, a qual estipula:

- *(A) utilizar uma abordagem sistemática e interdisciplinar que assegurará o uso integrado das ciências naturais e sociais e das artes de planejamento ambiental nas tomadas de decisão que possam ter um impacto sobre o ambiente humano;*
- *(B) identificar e desenvolver métodos e procedimentos, em consulta com o Conselho de Qualidade Ambiental que assegurarão que os valores ambientais presentemente não qualificados serão levados adequadamente em consideração na tomada de decisões, ao lado de considerações técnicas e econômicas;*
- *(C) incluir em qualquer recomendação ou relatório sobre propostas de legislação e outras importantes ações federais que afetem significativamente a qualidade do ambiente humano, uma declaração detalhada do funcionário responsável sobre:*
 - (i) - o impacto da ação proposta,*
 - (ii) - os efeitos ambientais adversos que não puderem ser evitados caso a proposta seja implantada,*
 - (iii) - alternativas à ação proposta,*

- (iv) - a relação entre os usos locais e de curto prazo do ambiente humano e a manutenção e melhoria da produtividade a longo prazo, e
- (v) - qualquer comprometimento irreversível de recursos que seriam envolvidos se a ação proposta fosse implementada.

As iniciativas americanas após a Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente Humano promovida pela Organização das Nações Unidas – (ONU) em Estocolmo (Suécia) em 1972, foram seguidas por diversos países desenvolvidos e em desenvolvimento e após a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – (CNUMAD) no Rio de Janeiro em 1992 por outros países, especialmente latino-americanos e africanos.

Na conferência do Rio-92 entre os vários documentos propostos destaca-se a Declaração do Rio que estabelece no seu princípio 17:

A avaliação do impacto ambiental, como um instrumento nacional, deve ser empreendida para atividades propostas que tenham probabilidade de causar um impacto adverso significativo no ambiente e sujeitas a uma decisão da autoridade nacional competente.

No Brasil os primeiros estudos de impactos ambientais, segundo Sánchez (1998) foram elaborados por imposição do Banco Mundial - BIRD, para as barragens de Sobradinho e Tucuruí por serem obras financiadas por aquela instituição financeira, na década de 70.

As legislações de alguns estados para atender às exigências dos organismos internacionais financiadores avançaram na frente da legislação federal, que preocupada com os impactos negativos advindo da poluição industrial em áreas críticas, através da Lei nº 6803/80 subsidiou o planejamento das atividades poluidoras. Entretanto foi a Resolução nº 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA o documento legal que estabeleceu os primeiros requisitos para o licenciamento dos empreendimentos impactantes. Nesse sentido a resolução referida estabelece:

- uma lista de atividades sujeitas à avaliação do impacto ambiental da qual as rodovias de duas ou mais faixas fazem parte,
- as diretrizes gerais para a preparação do estudo de impacto ambiental,
- o conteúdo mínimo do estudo de impacto ambiental,
- o conteúdo mínimo do relatório de impacto ambiental,
- a elaboração do estudo de impacto ambiental por equipe multidisciplinar, independente do empreendedor,

- as despesas de elaboração do estudo de impacto ambiental correrão por conta do empreendedor,
- a acessibilidade pública ao relatório de impacto ambiental e a possibilidade do público participar do processo.

2.4. Estudos de Impacto Ambiental

A estrutura típica dos estudos de impacto ambiental é constituída por:

- Caracterização das atividades modificadoras do meio ambiente que deverá conter:
 - localização do empreendimento;
 - apresentação do empreendimento;
 - objetivos do empreendimento;
 - histórico do empreendimento;
 - legislação incidente;
 - planos e programas governamentais;
 - alternativas tecnológicas e localizacionais;
 - critérios de seleção e justificativa da escolha;
 - atividades e componentes das etapas de implantação, operação e desativação; e
 - cronograma.
- Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto
- Avaliação dos impactos ambientais com:
 - identificação;
 - previsão; e
 - avaliação .
- Programa de Gestão Ambiental

deverá possuir:

- medidas mitigadoras, compensatórias e de valorização;
- programa de monitoramento e acompanhamento dos impactos; e
- cronograma de implantação.

A identificação e avaliação dos impactos no meio ambiente provocados por obras de engenharia rodoviária é bastante extenso e a sua abordagem é muito diversificada, assim, Bisset (1985) publicou um levantamento abrangente dos principais métodos que incluíam diversos tipos de listagens de conferência, matrizes, redes e sobreposição de mapas.

As listagens de conferência estabelecem as correlações entre as características do projeto e do meio ambiente. Essa relação que caracteriza o impacto ambiental potencial, pode ser descrita ou quantificada. Este método é útil para estruturar o estágio inicial da avaliação.

As matrizes possibilitam o estabelecimento de interação entre componentes e parâmetros ambientais com as ações de fases da obra e das alternativas de projetos. Essas interações são indicativas de impactos ambientais potenciais.

As redes foram desenvolvidas com o objetivo de levar em conta os impactos originados de impactos iniciais; dessa forma, a partir das ações e características do projeto os impactos ambientais são definidos e dispostos sob a forma de um fluxograma.

Para Bisset (1985) a sobreposição de mapa constitui um método excelente para representar a dimensão espacial dos impactos.

Essa ferramenta de superposição de cartas consiste inicialmente, na preparação de um mapa básico, no qual são indicados a localização do projeto e os limites da área a ser considerada na avaliação dos impactos. Um resumo das características ambientais existentes na área, indica aquelas que, na opinião de especialistas, serão afetadas pelo projeto (por exemplo, topografia, suscetibilidade à erosão, recursos hídricos, vida selvagem e valor paisagístico). Cada mapa, em transparência, indicará a suscetibilidade de uma determinada característica ambiental a ser avaliada, com intensidade de tons adequada, em uma escala de cores. A representação dos impactos em todas as características ambientais selecionadas é obtida pela sobreposição dos mapas sobre o mapa básico; o impacto resultante do conjunto é indicado pela intensidade relativa dos tons.

A sobreposição dos mapas é portanto um método importantíssimo no planejamento regional e apresenta elevada eficiência na avaliação de traçados de projetos lineares nos quais a rodovia está inserida. Atualmente, face à dificuldade da sobreposição dos mapas utilizam-se computadores e sistemas de informações geográficas (SIG).

Existem poucas menções na literatura sobre processos do meio físico ligados às rodovias, exceto em relação à erosão em taludes e à sedimentação nos cursos de água; sendo lamentável a inexistência de discussão dos problemas de escorregamentos que são relevantes nas rodovias inseridas em regiões montanhosas.

Essa observação no ponto de vista de Bitar e Fornasari Filho (1989) caracterizam que os métodos utilizados na avaliação do impacto ambiental, apoiam-se, geralmente, em uma visão setorial do meio físico, tratando-o de forma fragmentada sem existir a interação com os outros meios.

Outro aspecto relevante nos métodos utilizados na avaliação do impacto ambiental refere-se ao fato de normalmente ignorarem ou omitirem a natureza probabilística dos impactos e mesmo o levantamento da incerteza de suas ocorrências. Em suma poder-se-ia caracterizar que os métodos utilizados nas avaliações dos impactos ambientais, na maioria das vezes, restringem-se a análises qualitativas pouco precisas.

De acordo com Munn (1979) *as alterações resultantes da ação do homem são usualmente denominadas efeitos ambientais*. Se ao efeito ambiental associarmos um julgamento de valor, geralmente baseado em critério subjetivo, podemos caracterizar o impacto ambiental. Assim o impacto ambiental foi definido por Moreira *apud* Sánchez (1998) como: *qualquer alteração no meio ambiente, em um ou mais de seus componentes, provocada por uma ação humana*. Já para Carter *apud* Sánchez (1998), o impacto ambiental é definido por: *qualquer alteração no sistema ambiental físico, químico, biológico, cultural e sócio-econômico que possa ser atribuída a atividades humanas relativas às alterações em estudo para satisfazer as necessidades de um projeto*.

A idéia básica de impacto ambiental para Wathern *apud* Sánchez (1998) é: *a mudança de um parâmetro ambiental, num determinado período e numa determinada área, que resulta de uma dada atividade, comparada com a situação que ocorreria se essa atividade não tivesse sido iniciada*.

Para Sánchez (1998), impacto ambiental é: *a alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana*.

Após essas definições poder-se-á concluir que apesar das várias idéias para caracterizar o impacto ambiental, cada qual com a matiz de seu idealizador, que o núcleo central pode ser entendido como sendo qualquer modificação significativa, de um ou mais componentes ambientais, causada pela ação do homem. A sua ocorrência no decorrer do tempo, mede um determinado indicador ambiental, comparando o seu comportamento sem a intervenção de um projeto impactante e com a sua execução. Essa ocorrência é desencadeada

por ações que provocam a inserção ou a supressão de um ou mais elementos do ambiente, que possam gerar o desequilíbrio de qualquer dos componentes constituintes de um ecossistema.

As análises sistemáticas dos efeitos ambientais causados pelas intervenções de projetos rodoviários sobre o meio ambiente, ou a avaliação de impactos ambientais podem constituir um importante avanço para a maior consciência dos problemas advindos do uso dos recursos naturais e da qualidade do ambiente, devendo estar inseridas nos instrumentos de planejamento e de gestão ambiental, no níveis nacional, regional e local; contudo, sem entretanto, esgotarem a necessidade do aprimoramento do ferramental necessário à elaboração da avaliação do impacto ambiental.

Os impactos ambientais significativos devem ser previstos em cada uma das fases do empreendimento rodoviário, devendo a avaliação dos mesmos ser compatível com as etapas do licenciamento; assim sendo, podemos elaborar uma correlação entre as fases do empreendimento e as etapas do licenciamento, conforme consta no *Quadro 2.1*.

O estudo de impacto ambiental surgiu em decorrência do consenso das ciências ambientais, segundo o qual a localização do empreendimento determina a importância e a magnitude dos impactos ambientais, devendo ser avaliadas múltiplas alternativas localizacionais para se escolher aquela, em que sejam menos significativos os efeitos adversos ao meio ambiente.

Quadro 2.1 – Licenciamentos exigidos em cada fase dos empreendimentos rodoviários

Fases do empreendimento rodoviário	Licenciamento Ambiental
Estudos preliminares e Projeto	Licença Prévia (LP)
Construção	Licença de Instalação (LI)
Operação	Licença de Operação (LO)

Fonte: DNER – Manual rodoviário de conservação, monitoramento e controle ambiental, (1996).

A interação entre as ações modificadoras e os fatores ambientais é segundo Sánchez (1998) apresentada geralmente, na Matriz de Leopold ou em outras matrizes derivativas daquela.

Apresentamos no *Quadro 2.2* uma matriz de correlação de impactos ambientais de obras rodoviárias extraída da dissertação de mestrado de Martins (1998).

Para ilustrar, identificar e correlacionar as etapas dos empreendimentos rodoviários, elaboramos no *Anexo A* a seqüência usual, estabelecida pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER através do *Quadro nº.1* que representa o fluxograma simplificado das atividades ambientais em obras rodoviárias.

Os quadros de avaliação de impacto ambiental de obras rodoviárias nas diversas fases do empreendimento são apresentados também no mesmo *Anexo A*, através dos *Quadros de nº 5 a 9* do DNER e pertencem ao Corpo Normativo Ambiental para Empreendimentos Rodoviários daquele órgão, editado em 1996.

Saliente-se ainda a necessidade rotineira do monitoramento dos impactos ambientais significativos na fase de operação da rodovia, objetivando a manutenção e a conservação da mesma.

É relevante na fase de operação a preocupação constante com a conservação preventiva, uma vez que a sua execução poderá minimizar os impactos ambientais e reduzir sobre maneira os custos da eliminação de futuros passivos ambientais.

2.5. Relevância da variável ambiental

A realização dos empreendimentos rodoviários passam pelas etapas anteriormente citadas e dentre elas, caracterizamos como de grande potencial impactante, as fases de: implantação, pavimentação e operação, por constituírem-se nas etapas do empreendimento que refletem as atividades de campo onde os impactos no meio ambiente, de natureza física são mais relevantes.

Assim sendo, na implantação ocorrem os impactos ambientais de maior significância, através da atividade de terraplanagem, que é caracterizada, segundo Senço (1980), por um conjunto de operações constituído por: escavação, carga, transporte, descarga, compactação e acabamento, executadas a fim de passar-se do terreno natural para a plataforma projetada da rodovia.

Quadro 2.2 - Matriz de correlação de impactos ambientais de obras rodoviárias

MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DE OBRAS RODVIÁRIAS																				
fatores ambientais	meio físico					meio biológico				meio antrópico										
	qualidade do ar	microclima	ruidos e vibrações	relevo	solo	água superficial	água subterrânea	vegetação	fauna terrestre	ecossistemas aquáticos	paisagem	patrimônio natural/cultural	uso e ocupação do solo	dinâmica populacional	nível de vida	estrutura produtiva e de serv.	organização social	saúde e segurança	impostos e tributos	renda e emprego
ações do empreendimento																				
estudo de viabilidade												D	D			D	D			D
estudo de traçado/projeto básico												D	D	I	I	D	D	I	I	D
desapropriação de terras													D	D	D	D	D	D	D	D
alocação de mão-de-obra														D	D	I	D	D	D	D
infra-estrutura/obras de apoio			D	D	D	D	I	D	I	I	D	D				D			D	D
remoção da cobertura vegetal		I		I	D	I	I	D	I	I	D	D								
terraplanagem	D	I	D	D	D	D	D	D	I	I	D	D								
remoção de rocha	D		D	D	D	I	I					D								
construção de túnel			D			I	D													
extração de minerais classe II	D		D	D	D	D	I	D	I	I	D	D	D			D			D	D
preparação de base e pavim.		D	D			I														
acessos de serviços	D	I	D	D	D	D	I	D	I	I	D	D	D							
obras de arte			D		D	D		D	I	I	D									
obras de drenagem				D	D	D	I				D	D								
usina de asfalto	D		D			D	I		I	D		D				D		D	D	D
regulamentação de tráfego																		D	D	
abertura de tráfego	D		D			I			D	I		D		D	D	D	D	D	D	D
conservação e manutenção								D			D					D		D	D	D

D - efeito/impacto direto
 I - efeito/impacto indireto

Fonte: Martins – Interação rodovia – ambiente, nas interfaces urbano - rodoviárias, (1998).

Nessa etapa, o diagrama de Bruckner, que registra num sistema de coordenadas cartesianas, a somatória dos volumes de solo movimentado ao longo do eixo longitudinal da rodovia, que é representado esquematicamente na **Figura 2.1**, é parte integrante do projeto, registrando portanto, ao longo da futura pista rodoviária, a distribuição do solo, proveniente dos cortes do perfil do terreno natural, nos aterros necessários à constituição do greide da rodovia.

Objetiva-se num bom projeto, que os volumes de solo escavado dos cortes, sejam iguais, ou pelo menos equivalentes aos volumes do solo, utilizado nos aterros.

Nesta fase surgem complexos problemas, que ocasionam impactos ambientais relevantes, uma vez que, o solo escavado nos cortes, perde o seu estado de tensões naturais a que estava submetido e transforma-se num material muito susceptível à ação erosiva das intempéries climáticas que podem ocorrer, vindo a provocar o assoreamento dos cursos de água eventualmente existentes a jusante da obra, ou mesmo provocando a instabilização dos taludes de cortes ou de aterros. Nesta fase surgem também os problemas ocasionados pela escolha inadequada da época oportuna, à realização desses movimentos de terra, visto que o cronograma, ao se preocupar com o desembolso financeiro, deixa de lado os aspectos físicos da execução da obra, impondo via de regra, a realização desses serviços na época do ano em que ocorrem maiores e em maior número, precipitações pluviométricas acentuadas.

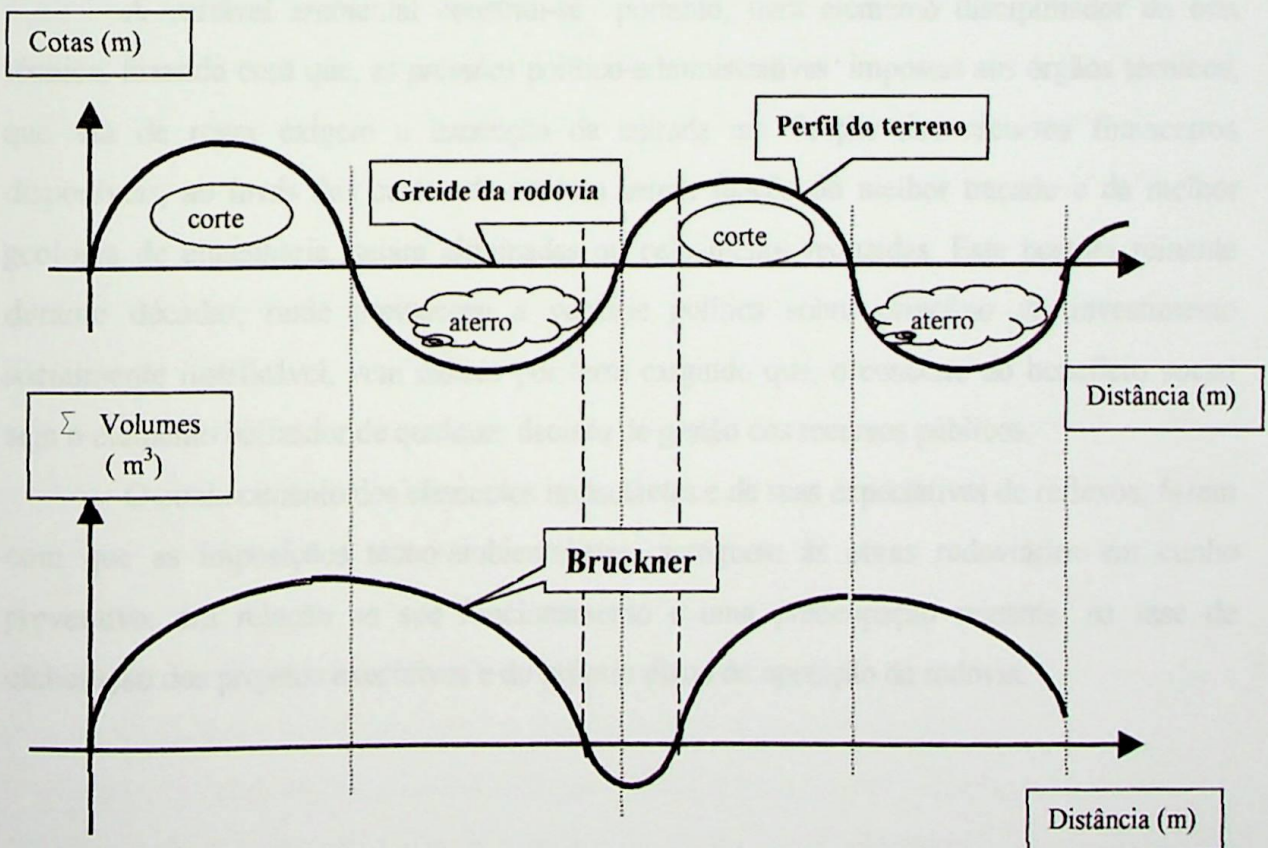


Figura 2.1 – Diagrama de Bruckner

A esse fator deve-se acrescentar outros de não menor importância, como por exemplo, a definição das inclinações dos taludes escavados ou dos aterros; as quais deveriam variar de trecho para trecho de acordo com as características do solo, detectadas nos ensaios de laboratório, após a extração de amostras no campo, em processos de investigação da constituição do subsolo.

Não podemos deixar de salientar outra intervenção importante, que ocorre com a necessidade da limpeza da faixa através da derrubada e retirada da vegetação existente, bem como da utilização de áreas, geralmente próximas à obra, onde se executam operações de bota-fora (depósito de solo inservível às especificações do projeto) ou de empréstimo (jazidas de solo com as características exigidas para a obra).

Caracteriza-se portanto, esta fase da execução da obra, aquela que via de regra, representa a quantidade mais ponderável dos impactos ambientais relevantes e que serão tratados mais detalhadamente. Neste aspecto salientam-se os impactos ambientais mensuráveis, como por exemplo, a maior ou menor inclinação dos taludes de cortes e de aterros, que influem diretamente nos volumes de solo escavados transportado e compactado, bem como, no potencial de risco dos desmoronamentos, escorregamentos e rastejamentos que influem na estabilidade, na segurança, nos custos da execução da obra e sobre maneira, nos custos da sua conservação após entrar em operação.

A variável ambiental constitui-se portanto, num elemento disciplinador da boa técnica, fazendo com que, as pressões político-administrativas impostas aos órgãos técnicos, que via de regra exigem a execução da estrada em função dos recursos financeiros disponíveis, ao invés dos custos da rodovia serem função do melhor traçado e da melhor geologia de engenharia, sejam eliminadas ou pelo menos reduzidas. Esta postura reinante durante décadas, onde prevaleceu a vontade política sobre princípio do investimento socialmente justificável, vem caindo por terra exigindo que, o conceito do benefício social seja o elemento balizador de qualquer decisão de gestão dos recursos públicos.

O conhecimento dos elementos impactantes e de suas expectativas de reflexos, fazem com que as imposições técnico-ambientalistas, agreguem às obras rodoviárias em cunho preventivo, em relação ao seu funcionamento e uma preocupação reinante, na fase de elaboração dos projetos executivos e do próprio plano de operação da rodovia.

CAPÍTULO III

EXIGÊNCIAS LEGAIS E PROPOSTA METODOLÓGICA PARA A ANÁLISE AMBIENTAL DE EMPREENDIMENTOS RODOVIÁRIOS

3.1. Exigências Ambientais

Após algumas catástrofes ambientais que sacudiram a opinião pública mundial, paulatinamente a comunidade internacional e a sociedade brasileira vem-se mobilizando e exigindo tomadas de posição por parte das autoridades governamentais no nível dos poderes executivo, legislativo e judiciário, de forma a preservar o que nos resta dos complexos sistemas ambientais. Nesta atividade de conscientização e de pressão, têm tido um trabalho relevante, as ONGs (organizações não-governamentais) que se fazem presentes em todos os fóruns de debates sobre a preservação da natureza.

Esses posicionamentos da comunidade vêm-se fazendo refletir nas exigências ambientais de qualquer empreendimento que provoque impactos ambientais relevantes; assim sendo, a legislação brasileira, atendendo aos anseios da sociedade, editou em 31 de agosto de 1981 a Lei nº 6938 que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, caracterizando:

Artigo 2º. A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios:

I – ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo;

II – racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;

III – planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais;

IV – proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas;

V – controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;

VI – incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais;

VII – acompanhamento do estado da qualidade ambiental;

VIII- recuperação de áreas degradadas;

IX – proteção de áreas ameaçadas de degradação;

X – educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente.

Depreende-se desse conteúdo a preocupação das autoridades, quanto ao atendimento das reivindicações da sociedade brasileira contemporânea através dos traços definidos para a Política Nacional do Meio Ambiente, bem como, os pontos básicos dessa mesma Política; portanto, sendo a construção rodoviária uma atividade que envolve e desenvolve impactos ambientais relevantes, o seu estudo detalhado ambientalmente, certamente trará contribuições ao equilíbrio ecológico, à racionalização do uso do solo, à melhoria da qualidade da água e do ar, ao planejamento dos recursos ambientais, à proteção dos ecossistemas, ao controle das atividades potencialmente poluidoras, ao uso racional dos recursos naturais e sobre tudo à recuperação dos passivos ambientais em áreas degradadas.

Saliente-se ainda que sendo a rodovia um vetor importante de incentivo ao desenvolvimento regional é de suma importância a preocupação ambiental desde o planejamento da região beneficiada até à operacionalização da estrada.

A Constituição Federal de 1988, dedicou um capítulo especial ao meio ambiente no qual estabelece a base de toda a estrutura normativa e legal referente à proteção do meio ambiente e aos instrumentos a serem utilizados, exigindo inclusive, a obrigatoriedade para a instalação de obras ou atividades causadoras de significativa degradação ambiental, dos estudos prévios dos impactos ambientais. Assim, define:

Artigo 225. 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.

Este artigo constitucional concentra o princípio substancialmente revelador do direito de todos ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e o seu parágrafo 1º. com os seus respectivos incisos, institui os instrumentos de garantia e efetividade do direito enunciado no artigo. Transcreve-se a seguir o referido parágrafo:

Parágrafo 1º. Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao poder público:

I – preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;

II – preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético;

III – definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção;

IV – exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;

V – controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;

VI – promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente;

VII – proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade.

Neste parágrafo, os aspectos normativos registrados no artigo, se manifestam através da sua instrumentalidade, pois constituem-se em normas que outorgam direitos e impõem deveres aos órgãos públicos diretamente e à sociedade indiretamente, quanto à preservação integral do meio ambiente.

Sendo a construção de rodovias uma atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, compete aos empreendedores o atendimento ao preceito constitucional, da exigência de estudo prévio de impacto ambiental e da sua publicidade.

A política governamental para o meio ambiente enfatiza a necessidade do exame da variável ambiental em todos os setores de desenvolvimento, promovendo a integração dos aspectos e critérios técnicos e econômicos com os sociais e os ambientais.

O Decreto nº 99724 de 06 de junho de 1990, que regulamenta a Lei nº. 6902 de 27 de abril de 1981 e a Lei nº. 6938 de 31 de agosto do mesmo ano, introduz a necessidade do sistema de licenciamento ambiental, para as atividades modificadoras do meio ambiente e obriga a uma análise ambiental dos planos e projetos de desenvolvimento, condicionando os atos administrativos do Poder Público, à efetiva implantação dessas atividades. Assim, estabelece:

Artigo 19 - O Poder Público, no exercício de sua competência de controle, expedirá as seguintes licenças:

I – Licença Prévia – L.P., na fase preliminar do planejamento da atividade, contendo requisitos básicos a serem atendidos nas fases de localização, instalação e operação, observados os planos municipais, estaduais e federais, de uso e ocupação do solo;

II – Licença de Instalação – L.I., esta licença autorizará, o início da implantação, de acordo com as especificações contratuais, do Projeto Executivo aprovado; e

III – Licença de Operação – L.O., autorizando, após as verificações necessárias, o início da atividade licenciada e o funcionamento de seus equipamentos de controle da poluição, de acordo com previsto nas Licenças Prévias e de Instalação.

Estas exigências licenciadoras legais, têm que ser atendidas por qualquer empreendimento que provoque significativa alteração no meio ambiente e fazem parte, portanto, da documentação necessária à realização dos empreendimentos rodoviários.

Na mesma Lei, estipula-se as atribuições e a constituição dos vários órgão da Administração Pública Federal que regem a Política Nacional do Meio Ambiente. Assim:

Artigo 2º. – A execução da Política Nacional, do Meio Ambiente, no âmbito da Administração Pública Federal, terá a coordenação do Secretário do Meio Ambiente.

Artigo 3º. – O Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA, constituído pelos órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Municípios e pelas fundações instituídas pelo Poder Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental, tem a seguinte estrutura:

I – Órgão Superior: o Conselho de Governo;

II – Órgão Consultivo e Deliberativo: o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA

III – Órgão Central: a Secretaria do Meio Ambiente da Presidência da República – SEMAM/PR;

IV – Órgão Executor: o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA

V – Órgãos Setoriais : os órgãos ou entidades da Administração Pública Federal Direta e Indireta, as fundações instituídas pelo Poder Público cujas atividades estejam associadas às de proteção da qualidade ambiental ou aquelas de disciplinamento do uso de recursos ambientais, bem assim os órgãos e entidades estaduais responsáveis pela execução de programas e projetos e pelo controle e fiscalização de atividades capazes de provocar a degradação ambiental; e

VI – Órgãos Locais: os órgãos ou entidades municipais responsáveis pelo controle e fiscalização das atividades referidas no inciso anterior, nas suas respectivas jurisdições.

Sendo o CONAMA, o Órgão Consultivo e Deliberativo do Poder Público Federal, que faz parte do Ministério do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Amazônia Legal; a ele compete, entre outros assuntos, fixar os padrões ambientais, os limites de emissão de poluentes das fontes poluidoras, bem como os requisitos gerais do licenciamento ambiental; além de, toda a execução e implantação de Política Nacional do Meio Ambiente. Assim sendo, as suas competências constituem a Seção II deste documento legal e estipulam:

Artigo 7º. – Compete ao CONAMA:

- I – assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo, por intermédio do Secretário do Meio Ambiente, as diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e recursos naturais;*
- II – baixar normas de sua competência, necessárias à execução e implementação da Política Nacional do Meio Ambiente;*
- III – estabelecer, mediante proposta da SEMAM/PR, normas e critérios para o licenciamento de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras, a ser concedido pelos Estados e pelo Distrito Federal;*
- IV – determinar, quando julgar necessário, a realização de estudos sobre as alternativas e possíveis conseqüências ambientais de projetos públicos ou privados, requisitando aos órgãos federais, estaduais ou municipais, bem assim a entidades privadas, as informações indispensáveis à apreciação dos estudos de impacto ambiental e respectivos relatórios, no caso de obra ou atividade de significativa degradação ambiental;*
- V – decidir, como última instância administrativa, em grau de recurso, mediante depósito prévio, sobre multas e outras penalidades impostas pelo IBAMA;*
- VI – homologar acordos visando à transformação de penalidades pecuniárias na obrigação de executar medidas de interesse para a proteção ambiental;*
- VII – determinar, mediante representação da SEMAM/PR, quando se tratar especificamente de matéria relativa ao meio ambiente, a perda ou restrição de benefícios fiscais concedidos pelo Poder Público, em caráter geral ou condicional, e a perda ou suspensão de participação em linhas de financiamento em estabelecimentos oficiais de crédito;*
- VIII – estabelecer, privativamente, normas e padrões nacionais de controle da poluição, causada por veículos automotores terrestres, aeronaves e embarcações, após audiência aos Ministérios competentes;*
- IX – estabelecer normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente com vistas ao uso racional dos recursos ambientais, principalmente os hídricos;*

X – estabelecer normas gerais relativas às Unidades de Conservação e às atividades que podem ser desenvolvidas em suas áreas circundantes;

XI – estabelecer os critérios para a declaração de áreas críticas, saturadas ou em vias de saturação;

XII – submeter, por intermédio do Secretário do Meio Ambiente, à apreciação dos órgãos e entidades da Administração Pública Federal, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, as propostas referentes à concessão de incentivos e benefícios fiscais e financeiros, visando à melhoria da qualidade ambiental;

XIII – criar e extinguir Câmaras Técnicas; e

XIV – aprovar seu Regimento Interno.

Pelo que se pode observar da legislação que rege a Política Nacional do Meio Ambiente, as normas, delegações e execuções que delimitam as atividades potencialmente impactantes em termos ambientais, são de competência do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, a quem compete gerir a problemática ambientalista no nosso País.

As normas estabelecidas pelo CONAMA, são regidas por resoluções e dentre elas se destaca a Resolução nº. 237 de 19 de dezembro de 1997 que definiu, instituiu procedimentos e relacionou as atividades ou empreendimentos sujeitas ao licenciamento ambiental. A aplicação e fiscalização do cumprimento dessas resoluções, está a cargo do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, quando o empreendimento for desenvolvido no Brasil e outro dos países limítrofes, no mar territorial, na plataforma continental, em terras indígenas, em unidades de conservação de domínio da União, em dois ou mais Estados da Federação ou em atividades relacionadas com materiais radioativos ou nucleares e em empreendimentos militares; está a cargo dos órgãos estaduais do controle ambiental, quando a atividade ou empreendimento estiver localizado em mais de um município, em unidade de conservação de domínio estadual, em florestas de preservação permanente ou às delegadas pela União mediante a celebração de convênio. Os órgãos ambientais estaduais podem para tanto estabelecer normas específicas para o licenciamento ambiental e fixar padrões mais restritivos, em suas áreas de jurisdição. Ainda pela referida Resolução, compete aos órgãos ambientais municipais o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades causadoras de impactos ambientais locais, restritos à área territorial do município, ou quando forem delegados pelos órgãos estaduais mediante convênio.

No Estado de São Paulo a atribuição licenciadora é competência da Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SMA) que estabelece e implementa as normas e padrões de

controle ambiental no Estado de São Paulo, sendo o licenciamento ambiental de sua competência, ouvido o Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA).

A Política Estadual do Meio Ambiente foi estabelecida pela Lei nº 9509 de 20 de março de 1997 que define seus objetivos, mecanismos de formulação e aplicação e ainda institui o Sistema Estadual de Administração da Qualidade Ambiental, Proteção, Controle e Desenvolvimento do Meio Ambiente e Uso Adequado dos Recursos Naturais (SEAQUA). Esse órgão tem por objetivo organizar, coordenar e integrar as ações de órgãos do poder público bem como assegurar a participação da coletividade na execução da Política Estadual do Meio Ambiente.

Nos processos de licenciamento ambiental de órgãos públicos, as organizações não governamentais, os partidos políticos, as organizações sindicais ou grupos de no mínimo 50 pessoas, poderão convocar audiências públicas para o debate dos Estudos dos Impactos Ambientais. A análise dos EIA/RIMA subsidia a expedição da licença prévia ficando a deliberação da licença de instalação a cargo da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e das Câmaras Técnicas do Conselho Estadual do Meio Ambiente e a licença de operação só será expedida após o cumprimento de todas as medidas propostas e aprovadas nos referidos estudos e relatórios, bem como de todas as exigências do órgão licenciador.

O setor rodoviário, preocupado em atender às exigências ambientais impostas pelas várias leis, decretos e normas, a nível Federal, possui instrumentos normativos para a elaboração dos seus projetos bem como para a execução das obras, que visam minimizar os impactos ambientais nas áreas objeto da intervenção. Naturalmente, as normas e procedimentos que objetivam a preservação do corpo estradal e da faixa de domínio, principalmente os de terraplanagem e drenagem, envolvem medidas de controle e preservação do meio ambiente.

Os órgãos rodoviários estão rotineiramente estudando e reformulando suas normas, procurando adapta-las à legislação vigente; assim, o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER, elaborou e revisou alguns documentos normativos específicos para estudos ambientais e outros para elaboração de projetos, execução e fiscalização de obras que incluem em seu bojo recomendações quanto à preservação ambiental.

Dentre as normas existentes nas várias atividades rodoviárias, destacamos:

- **Corpo Normativo Ambiental para Empreendimentos Rodoviários (1996):** - esta norma apresenta os conceitos básicos relativos às questões ambientais, bem como sistematiza a abordagem para a elaboração de estudos e soluções;

- Manual para Ordenamento do Solo nas Faixas de Domínio e Lindeiras (1996): - este manual possui um conjunto de recomendações para o tratamento da faixa lindeira às rodovias como por exemplo a formação de hortas florestais, tratamento de queimadas, travessias urbanas, faixas “nom aed’ficandi”, favelização e reassentamento, propaganda, acessos, instalações de serviços, etc;
- Instruções de Proteção Ambiental das Faixas de Domínio e Lindeiras (1994): - esta instrução normativa define os serviços para o tratamento das faixas laterais às rodovias;
- Manual Rodoviário de Conservação, Monitoramento e Controle Ambiental (1996): - este manual inclui a sistemática para o levantamento do passivo ambiental;
- Roteiro para Monitoramento de Obras Rodoviárias (1995): - esta instrução normativa dedica um capítulo ao Monitoramento Ambiental de Obras Rodoviárias; e
- Manual Operacional para o Programa de Restauração e Descentralização de Rodovias: - este manual inclui os termos de referência padronizados para a elaboração dos estudos ambientais.

O aprimoramento da legislação ambientalista culminou com a Lei nº 9605 de 12 de fevereiro de 1998 que trata das sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e impõe ações mais rígidas e punitivas às agressões à natureza.

Esta Lei preocupada com o desenvolvimento sustentável impõe penas às pessoas físicas e responsabiliza administrativamente, civil e penalmente as jurídicas praticantes de atos e atividades lesivas ao meio ambiente. Essas penas restritivas de direito podem ser caracterizadas por prestação de serviços à comunidade, por interdição temporária de direito, por suspensão parcial ou total de atividades, por prestação pecuniária ou por recolhimento domiciliar, podendo culminar com a aplicação cumulativa das penas e atingir multas com cifras de até cinquenta milhões de reais, detenção de três meses até três anos e reclusão de um a cinco anos.

3.2. Atendimento das exigências ambientais

Para atender-se às exigências ambientais impostas por lei, que foram caracterizadas na introdução deste Capítulo, após a elaboração dos EIA - Estudos de Impactos Ambientais e do correspondente relatório RIMA, que prevêm, via de regra, várias obras de eliminação ou minimização dos impactos ambientais, os órgãos ambientais realizam estudos de campo, analisam as proposições dos programas ambientais, das medidas mitigadoras e

compensatórias, dos potenciais impactos e ouvem a população por meio de audiências públicas, realizadas na região do empreendimento.

A concessão da licença prévia é precedida da elaboração de uma relação de obras, projetos e exigências legais formulada nas reuniões públicas dos Conselhos Estaduais do Meio Ambiente visando eliminar ou pelo menos mitigar os impactos ambientais previstos.

Nas obras rodoviárias, essas atividades vêm sendo desenvolvidas, paralelamente a elaboração dos projetos da engenharia rodoviária e via de regra, alterando-os na sua concepção final. Assim, por exemplo, nas obras de duplicação da Rodovia Fernão Dias (BR-381), os Estudos dos Impactos Ambientais propuseram a execução de vários programas ambientais que foram suplementados por exigências específicas complementares que deveriam ser cumpridas para a concessão das licenças de instalação e de operação.

Os programas ambientais propostos têm natureza preventiva, corretiva, compensatória ou potencializadora. Os programas preventivos, referem-se aos impactos ambientais controláveis através de medidas antecipadas, os corretivos visam o equilíbrio do meio ambiente através de medidas eliminadoras ou pelo menos atenuadoras dos impactos causados pela implantação da obra; os compensatórios destinam-se à melhoria de outro elemento do ambiente, para compensar impactos ambientais irreversíveis e inevitáveis e os potencializadores devem proporcionar através da implantação desse empreendimento, medidas visando, a melhoria de qualidade de vida e do meio ambiente na área de influência do projeto. Dentre as obras previstas para o trecho paulista da referida rodovia, destacam-se:

3.2.1.1. - Obras de proteção dos cursos de água

3.2.1. - Obras de proteção dos mananciais

Execução de barreiras rígidas intransponíveis, do tipo New Jersey junto às travessias dos cursos de água ao longo de todo o trecho compreendido na área de proteção dos mananciais.

Execução de enrocamentos com pedra de mão e manta geotextil, nos aterros, junto às travessias dos rios e construção de depósitos de decantação, para a redução da turbidez das águas provenientes das precipitações pluviométricas.

3.2.2. - Recuperação das áreas de bota-fora, das caixas de empréstimo, das jazidas e do passivo ambiental.

A recuperação dessas áreas deverá ser feita com o plantio de árvores, arbustos e gramíneas utilizando-se para estas últimas o plantio em placas ou hidrossemeadura. Essas áreas deverão ter obras de drenagem que preservem o escoamento das águas pluviais em regime manso, sem turbilhonamento para impedir a ação erosiva das mesmas.

Recomposição da vegetação na transposição de linhas de drenagem e em compensações pela devastação do meio ambiente.

Plantio de árvores, arbustos e grama em placas foi previsto nas áreas circunvizinhas às linhas de drenagem e na faixa de domínio para compensar a vegetação erradicada pelas obras do empreendimento.

3.2.3. - Resgate de sítios arqueológicos

Existe verba que será utilizada na contratação de pessoal especializado no trabalho de resgate dos materiais encontrados nos dois sítios arqueológicos que foram levantados na altura do km 10,5 e do km 21,0 na região de Bragança Paulista.

3.2.4. - Barreiras acústicas

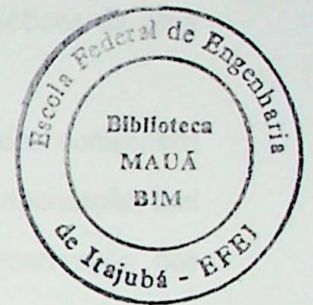
Serão construídas barreiras acústicas em painéis de concreto pré-moldado ou de chapa acrílica, moduladas que deverão incorporar-se ao visual paisagístico de forma a não prejudicar a segurança da rodovia. Existirão ainda defensas laterais de concreto com no mínimo 80 cm de altura para garantir que os receptores muito próximos à rodovia, em cota inferior à mesma, estejam protegidos da poluição sonora.

3.2.5. – Outras Obras e atividades exigidas pelo órgão licenciador

Os órgãos licenciadores apresentaram um programa de exigências a serem atendidas no processo de licenciamento ambiental, a saber:

- Autorização para o desmatamento;
- Detalhamento dos projetos de paisagismo;

- Definição de critérios junto com o Instituto Florestal para definir os projetos para construção dos corredores da fauna;
- Elaboração de projetos para redução de ruídos;
- Elaboração de plano para proteção da fauna;
- Autorização do Instituto Florestal para o desmatamento na Serra da Cantareira;
- Obtenção de licença junto à CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) para exploração de jazidas e implantação de unidades industriais necessárias ao empreendimento;
- Apresentação dos projetos de bota-fora;
- Apresentação do projeto funcional;
- Apresentação do projeto de recuperação das áreas degradadas;
- Apresentação de projeto do destino final de resíduos sólidos e líquidos;
- Apresentação do relatório do levantamento arqueológico;
- Licença do Departamento de Uso do Solo Metropolitano (DUSM);
- Projeto do sistema de segurança e prevenção de acidentes com cargas tóxicas;
- Detalhamento do programa de reassentamento de famílias;
- Apresentação do cadastro da população;
- Proposta de atendimento habitacional;
- Relatório de implantação do programa de reassentamento;
- Celebração de convênio entre o DER-SP e o Instituto Florestal;
- Celebração de termo de compromisso para não queimar a vegetação;
- Obtenção das proposições e recomendações do Instituto Florestal;
- Adoção do conceito de estrada bloqueada;
- Revisão da legislação de uso do solo nos municípios;
- Verificação da necessidade do controle de voçorocas;
- Projeto de recuperação e formação de matas ciliares;
- Celebração de compromisso de instalação de sinalização na Área de Preservação Ambiental - APA;
- Definição do plano de aplicação dos recursos;
- Plano de medidas de segurança para cargas perigosas durante a implantação ;
- Encaminhamento dos pedidos de desmatamentos;
- Elaboração do cronograma de implantação dos programas ambientais.



3.3. Tipos de obras ambientais necessárias nos empreendimentos rodoviários

As obras rodoviárias necessárias ao atendimento das exigências ambientais, via de regra, são parte integrante das obras complementares de um bom projeto de engenharia rodoviária, entretanto, por falhas, em alguns casos, as equipes técnicas deixam de recomendá-las. Nesse aspecto o estudo dos impactos ambientais (EIA) em conjunto com as exigências dos órgãos licenciadores, vêm suprir as deficiências preventivas do projeto, propondo uma série de obras que visam preservar, ou pelo menos minimizar os efeitos maléficos da obra rodoviária como um todo.

Assim, salienta-se como preocupação permanente na implantação dos complexos rodoviários, as obras de estabilização de cortes e aterros, as obras de compensação dos desmatamentos que se fizerem necessários, as obras de construção e preservação dos corredores da fauna silvestre, as obras de implantação de barreira acústicas, as obras de preservação dos mananciais, as obras de drenagem superficial, as obras de recuperação das áreas de jazidas de empréstimo e de bota - fora, as obras de recuperação de áreas degradadas, as obras de levantamentos e preservação arqueológicas obras de reassentamentos humanos, e sobre tudo um projeto de monitoramento da utilização da rodovia após a sua construção.

3.3.1 – Obras de estabilização de taludes

Destaque-se dentre as obras descritas, as obras de estabilização dos taludes provenientes de conformações inadequadas dos mesmos, que provocarão o aparecimento de novos passivos ambientais.

As falhas, provenientes da errônea ou inadequada inclinação dos taludes, são devidas especialmente ao desconhecimento da pluviometria da região do empreendimento e das características dos solos constituintes dos mesmos. Essas anomalias provocam a ocorrência do desmoronamento do solo sobre a pista de rolamento, ou sobre os seus acostamentos, podendo provocar até a interdição total da rodovia.

As origens dessas instabilizações são provenientes de:

3.3.1.1 – Declividade excessiva

Consideramos declividade excessiva aquela inclinação do talude superior à suportável pelo solo que o constitui. Os reflexos advindos da declividade excessiva caracterizam-se por desmoronamentos, escorregamentos ou rastejos dos solo que constitui a parte superior do talude, sobre a parte inferior, vindo via de regra, a ocupar o acostamento ou a própria pista. Estes fenômenos, em geral, são devidos à lubrificação entre as partículas constituintes do solo, motivada pela umidade excessiva que as chuvas podem causar sobre o mesmo ou pela falta de coesão do próprio solo.

Para combater os efeitos da declividade excessiva alguns procedimentos tecnológicos são recomendados:

* Redução na inclinação do talude (retaludamento)

Este procedimento exige a realização de investigações quanto aos tipos de solos existentes no local e suas características físicas e mecânicas (granulometria, coesão, ângulo de atrito interno, resistência à compressão e ao cisalhamento, etc.), para através de cálculos definir a inclinação específica adequada aquele tipo de solo.

* Melhoria das condições de resistência do solo

Este procedimento pode ser utilizado quando o solo apresentar predominância de areias e siltes (solos não coesivos), através da adição de algum aglomerante (cimento, cal, etc.).

* Obras de contenção

Este procedimento consiste na construção de um anteparo que impeça a movimentação do solo e sua projeção sobre a pista. As obras que podem ser executadas para impedir o desmoronamento do solo são: muros de gravidade, muros de flexão, cortinas atirantadas, muros atirantados, terra armada, solo grampeado, gabiões, solo-cimento ensacado e solo, solo-cal ou solo-cimento envelopado em manta geotextil.

Estas etapas, via de regra, não são executadas, em virtude de, na fase de projeto se desconhecerem as características dos solos que constituirão os futuros taludes e portanto as obras de contenção passam a não figurar nos projetos, nos detalhamentos, nem tão pouco, no orçamento da obra. Estas razões, são impeditivas da execução da boa engenharia e fazem com que as implantações ou duplicações de rodovias, acabem ficando como obras inacabadas, onde se gasta dinheiro com paliativos, sem atingir o âmago do problema que certamente virá a tornar-se cada vez maior, até que obras complementares necessárias sejam executadas a um preço hilariantemente superior.

As deficiências construtivas, aumentam substancialmente os impactos ambientais e sem dúvida os custos, quer da manutenção da rodovia, quer das obras complementares que vierem a ser executadas posteriormente. Neste aspecto apresenta-se no Capítulo IV, um estudo de caso, sobre as possíveis soluções que podem ser adotadas, bem como a análise das alternativas, em função dos custos envolvidos e dos impactos ambientais que a obra ocasionará.

3.3.1.2 - Solos erosivos

Consideram-se solos erosivos aqueles que facilmente são arrancados e arrastados pelos agentes erosivos e vão ser depositados sobre o acostamento, sobre a própria pista, sobre os afloramentos de água, ou causando turbidez ou assoreamento dos cursos de água, existentes na região da obra. Estes solos pelas suas características granulométricas não apresentam ação atrativa entre as suas partículas (coesão), fragmentando-se e sendo facilmente carregados pela água.

Para combater os malefícios causados ao meio ambiente, pelos solos erosivos, destacamos as obras de revestimento, contenção e drenagem como por exemplo, revestimento do talude com concreto projetado, gabiões, solo-cimento ensacado e solo-cimento envelopado, sempre acrescidas de revestimento vegetal, implantação de canaletas, drenos profundos e de escadas de decapação da velocidade da água.

3.3.2 – Estudo alternativo de traçados

Outro fator que é tratado neste trabalho e que consideramos o primordial desta pesquisa, é o traçado rodoviário. De acordo com Senço (1980) Os atributos a serem considerados num projeto rodoviário, indicam que as soluções a serem encontradas devem associar as condições técnicas com as econômicas e financeiras e nós completariamos sem esquecer os impactos ambientais relevantes causados pela rodovia.

Observadas as normas técnicas, podemos lançar uma série de alinhamentos para atender a uma determinada ligação, que via de regra, tem em comum, apenas os pontos extremos, sendo que, cada qual, atende às suas condições peculiares. A escolha da solução mais favorável é obtida das alternativas possíveis, que atendam às exigências técnicas e ambientais, convergindo em função das disponibilidades financeiras para uma única e ideal solução. Neste aspecto, sendo o EIA - Estudo de Impacto Ambiental, elemento decisivo sobre

a viabilidade ambiental da ligação rodoviária, o mesmo deverá subsidiar a decisão sobre a melhor alternativa de traçado.

Segundo Galves (1992) se por um lado os estudos preliminares analisam os atributos preliminares técnicos, econômicos e financeiros das alternativas propostas, o EIA -Estudo de Impacto Ambiental, ocupa-se dos atributos ambientais dessas alternativas; ambos, porém, devem convergir para um mesmo resultado, isto é, a escolha da alternativa mais favorável, por meio da ponderação dos atributos técnicos, econômicos, financeiros e ambientais.

A concepção de uma diretriz para a construção de uma rodovia, é sem dúvida, a demanda de locomoção entre dois ou mais centros populosos e deve ser obtida do estudos de origem-destino entre os usuários potenciais daquele empreendimento. Para se atender a essa diretriz, várias são as alternativas de traçado e cada qual apresentará as suas vantagens e desvantagens. Neste aspecto, a preocupação ambiental auxilia sobremaneira o projetista, pois no estudo das alternativas deverá optar-se por aquela que além de apresentar um bom custo-benefício, implicará em menores impactos ambientais. A ligação entre o projeto de uma rodovia e o meio ambiente onde será inserida, faz-se através do seu EIA - Estudo de Impacto Ambiental, uma vez que ambos, ao tratar do meio físico se apoiam nos mesmos elementos de análise, dos quais destacamos: o escoamento das águas superficiais, a erosão, o escorregamento dos taludes de solo e a deposição de sedimentos ou partículas nos cursos de água. A decisão quanto a alternativa do traçado mais favorável deve levar em conta as conseqüências que as modificações no meio físico podem acarretar ao meio ambiente.

Como critério geral, o estudo dos traçados rodoviários, deve contemplar, o maior espectro possível de alternativas, no ponto de vista locacional, bem como, na concepção do projeto; assim, a boa técnica recomenda a sobreposição de cartas de suscetibilidade, cada qual com uma característica relevante, que ao se adicionarem indicarão claramente qual alternativa do melhor corredor.

Para a integração do projeto com o Estudo de Impacto Ambiental, as alternativas estudadas devem abordar além de suas características geométricas, também os processos tecnológicos previstos, tanto para a fase de construção como para a de operação.

Os estudos alternativos, transformam-se em elemento preponderante à tomada de decisão, pois devem refletir claramente, as potencialidades e limitações do projeto.

3.4. Proposta Metodológica

Dada a vasta quantidade e diversidade das variáveis envolvidas na implantação das obras ambientais em empreendimentos rodoviários, existe uma dificuldade reinante para a materialização de uma metodologia genérica que abranja todas as situações que poderão ser encontradas nos projetos de implantação rodoviária. Salienta-se ainda as limitações de cunho científico e tecnológico e os casos de falhas involuntárias ou de utilização de materiais fora das especificações, que fazem com que algumas obras tenham um desempenho insatisfatório.

A somatória de tantos fatores leva-nos a uma preocupação constante quanto à busca da qualidade nos aspectos ambientais das obras rodoviárias, pois a variadíssima gama de causas e conseqüências para o desenvolvimento insatisfatório das construções de rodovias, exige a sintetização dos conhecimentos para uma abordagem científica do seu comportamento ao longo do tempo ou seja desde a sua concepção, elaboração de projetos, construção e utilização.

A sintetização proposta para o estudo das obras ambientais leva-nos a diagnósticos e profilaxias complexos que exigem uma análise individualizada e pormenorizada.

A satisfação da clientela foge do atendimento eficaz do usuário direto da rodovia para o atendimento das aspirações da coletividade em que a obra está inserida e da sociedade como um todo.

Os fatores “conforto do usuário” e “durabilidade da obra rodoviária” têm sido deixado em segundo plano, pela dificuldade de sua mensuração, logo, os prejuízos consequentemente ocasionados e a insuficiência de critérios normativos, existentes, exigem a continuidade permanente de pesquisas para a obtenção da qualidade rodoviária.

Segundo Souza e Ripper (1998), a conceituação do modelo é o primeiro passo do engenheiro e sua escolha depende mais de sua utilidade do que de sua exatidão, sendo os valores a serem considerados na escolha de um modelo de três tipos: *de coerência lógica, de poder descrito e de utilidade prática*. Quanto à coerência lógica o modelo deve encerrar proposições e hipóteses relacionadas à matemática ou à lógica. O seu poder descritivo envolve as correspondências entre as variáveis do modelo e os aspectos reais que pretende descrever. A valorização da utilidade prática relaciona-se ao apoio que o mesmo pode oferecer à tomada de decisão.

Os impactos ambientais provenientes das deficiências construtivas nos empreendimentos rodoviários dão origem a um novo enfoque que poder-se-ia chamar de **Patologia Ambiental Rodoviária** que deveria iniciar a sua caminhada pelo cadastramento da

situação existente e pelo estudo detalhado de alguns casos de sintomas patológicos ambientais. Com a homogeneização dos conceitos e métodos que possibilitam o desenvolvimento da patologia ambiental rodoviária, poder-se-ia aprimorar os conhecimentos sobre essa área que é vasta e pouco explorada.

Estando as obras ambientais rodoviárias diretamente ligadas aos solos, sobre os quais são executadas e sendo estes os mais vastos e mais desconhecidos dos materiais de construção a quantidade de insucessos quanto ao desempenho esperado é grande e é nesse aspecto que a conscientização dos interessados: proprietário, projetista, construtor, licenciador ambiental; é relevante, para oferecerem à sociedade construções estáveis, resistentes e de qualidade a custo justo, com preocupação quanto ao tempo de utilização e à garantia do desempenho satisfatório das mesmas. Neste aspecto a manutenção preventiva, a execução e a concepção devem agregar atividades de desempenho, durabilidade, conformidade e reabilitação. Esta revolucionária maneira de construir, que coloca no mesmo nível de importância atividades diversificadas como: o cálculo detalhado, a definição dos métodos construtivos, a seleção e o controle da qualidade dos materiais, o conhecimento prévio do solo sobre o qual será executada a obra rodoviária, os ensaios de conformidade e as rotinas de manutenção, faz com que atividades que usualmente eram relegadas a segundo plano como o detalhamento passe a ter o mesmo grau de importância que por exemplo a análise estrutural. Este novo conceito é primordial uma vez que o insucesso da obra rodoviária poderá advir de qualquer um dos componentes das diversas fases da mesma.

Estando centrado sobre o conhecimento do solo o sucesso ou insucesso da obras rodoviárias e a minimização das obras ambientais, é necessário levar em conta a instabilidade do solo ao longo do tempo, uma vez que as suas propriedades físicas e químicas são alteradas bruscamente pelos condicionantes ambientais podendo vir a comprometer o desempenho da rodovia em função da deterioração causada pelos agentes agressores.

É importante caracterizar que a construção durável de uma rodovia ecologicamente equilibrada implica na adoção de um conjunto de decisões e procedimentos que garantam à estrutura e aos materiais que a constituem um desempenho satisfatório ao longo da sua vida útil. Assim, a quantidade de água existente no solo utilizado na obra rodoviária irá alterar significativamente algumas características do mesmo, como por exemplo a sua compactação, a sua porosidade, a sua permeabilidade, a sua densidade, a sua capilaridade, o seu estado de tensões e o seu suporte de cargas. É importante portanto, equacionar a agressividade ambiental com a capacidade de transporte da água do meio ambiente para o interior dos

maciços de solo. Neste aspecto, as obras drenantes têm importância significativa para o sucesso dos empreendimentos.

Para a obtenção da qualidade tão almejada, exige-se na etapa de concepção, a permanente preocupação com a plena garantia da satisfação do cliente, a facilidade executiva, o atendimento das exigências ambientais, e a possibilidade da adequada manutenção; na etapa de execução o fiel atendimento ao projeto e na etapa de utilização, a garantia da satisfação do usuário e a possibilidade de extensão da vida útil da rodovia através de um plano de monitoramento da utilização e de planos de manutenção e conservação preventiva e corretiva. Estas etapas certamente atenderão à conformidade da garantia da satisfação do cliente a um preço aceitável.

A quantidade existente de obras rodoviárias com problemas, indica, de maneira geral, a existência de falhas durante a execução de pelo menos uma das etapas de suas construções ou no sistema de controle da qualidade .

As causas dos problemas, bem como a identificação da fase do empreendimento rodoviário em que o mesmo ocorreu, não está atualmente definido, podendo ser objeto de futuras pesquisas, entretanto, nas análises feitas em problemas semelhantes, em obras de engenharia civil (estruturas) no Brasil e em outros países tem-se chegado a valores discrepantes, entretanto os valores predominantes situam-se em cerca de quarenta por cento na fase da concepção e do projeto; quinze por cento devido a deficiências dos materiais de construção, trinta por cento deficiências construtivas e os restante quinze por cento são devidos a utilizações errôneas, ou outras variáveis envolvidas.

As falhas geradas na concepção (planejamento e projeto) de uma rodovia, são várias e a detecção dessas falhas, bem como o tempo decorrido, influem diretamente nos custos. Uma falha no estudo preliminar gera um problema cuja solução é muito mais complexa e onerosa do que uma falha ocorrida numa das etapas subsequentes. Constata-se que as falhas oriundas dos estudos preliminares ou dos anteprojetos, são responsáveis pelo encarecimento do processo construtivo.

Para tratar, da influência das falhas nos custos finais da obra, apresentamos os resultados obtidos em obras de engenharia civil que são ilustrados na **Figura 3.1** através do ábaco da lei da evolução dos custos das construções, pesquisados por Sitter (1984) *apud* Helene (1992), que deram origem à equação exponencial $x = 5^t$ onde x representa o custo relativo da intervenção e t a seqüência dos períodos de tempo referentes às etapas do empreendimento.

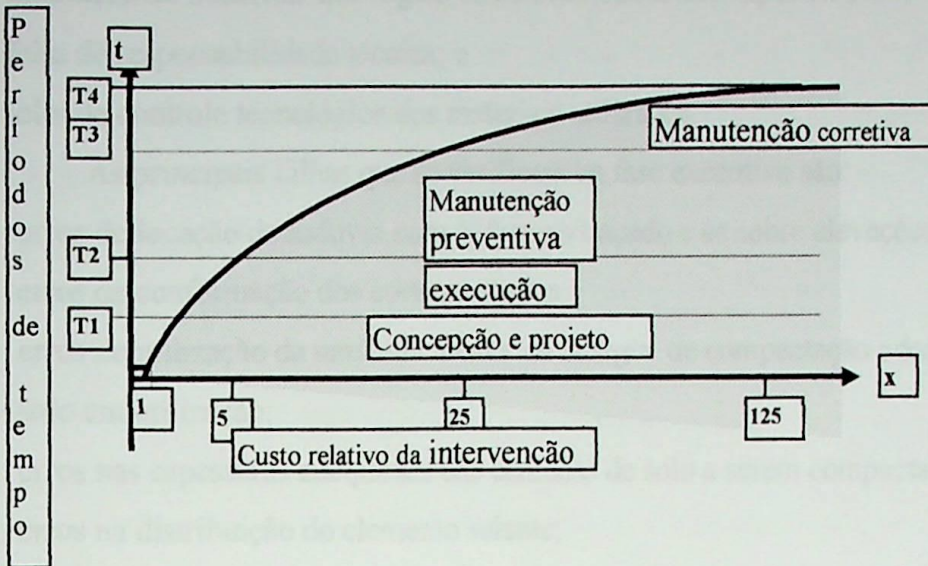


Figura 3.1 – Ábaco da evolução do custo da construção (Sitter)

Nesta fase do trabalho destacam-se algumas **falhas na concepção** dos empreendimentos rodoviários:

- desconhecimento da região em termos de pluviometria, tipos de solos predominantes, topografia dominante, fluxo de tráfego esperado, cargas estimadas, estimativas das características de resistências dos solos, permeabilidade dos solos, áreas de contribuições pluviométricas, etc.
- deficiências do modelo analítico proposto
- deficiências de cálculos por erros nas cargas ou nas características físicas e mecânicas dos materiais utilizados
- especificações inadequadas dos materiais
- detalhamento errado, insuficiente em inexecutável
- falta de padronização nos vários projetos

Problemas semelhantes podem advir na **fase de execução**, em especial pelo erro grotesco e quase cultural, de se iniciar a obra sem a complementação da fase de concepção, sob a alegação, a nosso ver, não válida, de se fazerem determinadas simplificações construtivas que na maioria dos procedimentos acabam em ocorrências de erros danosos.

Nesta fase destacamos algumas variáveis que via de regra provocam falhas construtivas:

- não atendimento às especificações dos projetos e dos detalhamentos;
- falta de capacitação e profissionalização da mão de obra;
- utilização de maquinários e equipamentos inadequados ou com problemas mecânicos;

- utilização de materiais que fogem às características dos especificados;
- falta de responsabilidade técnica; e
- falta de controle tecnológico dos materiais utilizados.

As principais falhas que se verificam na fase executiva são:

- erros de locação da rodovia com ênfase ao traçado e às sobre elevações;
- erros de conformação dos cortes e aterros;
- erros de utilização da umidade ideal e da energia de compactação adequada a cada tipo de solo em utilização;
- erros nas espessuras adequadas das camadas de solo a serem compactadas;
- erros na distribuição do elemento selante;
- erros na temperatura adequada do concreto betuminoso utilizado na capa de rolamento;
- erros de configuração da drenagem superficial e do transporte da água até os cursos naturais;
- erros na inadequação e na execução dos revestimentos vegetais; e
- erros de utilização de materiais não especificados nas obras de travessia, tais como: pontes, viadutos, galerias, bueiros, etc.

Na fase de utilização da rodovia a inexistência de um programa de monitoramento ambiental e de manutenção preventiva adequada, poderão constituir o agente gerador da deterioração da mesma.

Um programa de sinalização adequada e a fiscalização preventiva permanente que impeça o uso inadequado da rodovia, podem evitar a sua deterioração prematura e possibilitar o alongando da sua vida útil.

Os problemas ocasionados pela ausência de manutenção ou por manutenção inadequada, via de regra, têm suas origens no desconhecimento técnico, na incompetência ou desleixo dos responsáveis, ou mesmo por fatores econômicos.

As limitações de verbas para manutenção ocasionam em geral problemas ambientais de grande monta que implicam em significativos gastos, que podem limitar, ou até interditar a rodovia.

Dada a complexidade das variáveis envolvidas em tão vasto campo da Patologia Ambiental Rodoviária não é viável a definição de uma metodologia, aplicável genericamente em todos os casos, por esse motivo delinearemos os procedimentos utilizáveis na grande maioria dos mesmos, dentro do enfoque de cadastramento de algumas deficiências existentes na malha rodoviária em estudo, com proposta de solução ou de alternativas de soluções.

Caracterizando-se a Patologia Ambiental Rodoviária como medida necessária à redução dos passivos ambientais existentes nas rodovias de todo País e à indicação de procedimentos que visam alertar as autoridades, os engenheiros rodoviários, os projetistas, os ambientalistas, os usuários e a sociedade, quanto aos motivantes primordiais desses mesmos passivos, para que as concepções das futuras obras os eliminem ou os minimizem; elaboramos uma seqüência de procedimentos que visam atender a esse objetivo.

3.5. - Patologia Ambiental Rodoviária

Sendo a Patologia das Construções um campo da engenharia civil que trata do estudo das origens, das formas de manifestação e das conseqüências dos mecanismos de ocorrência de falhas ou degradação das construções; definimos como: **Patologia Ambiental Rodoviária** a parte da Patologia das Construções que diagnostica os problemas ambientais rodoviários, estudando os seus sintomas, os mecanismos de suas ocorrências, as causas e as origens dos defeitos das construções das obras de engenharia rodoviária e apresenta propostas de combate a esses defeitos.

Dentro desta visão, elaboramos uma relação seqüencial das atividades da Patologia Ambiental Rodoviária.

3.5.1. - Levantamento de dados

Dentro do levantamento de dados devemos caracterizar:

- 1) identificação do local da ocorrência do problema ambiental;
- 2) levantamento visual e execução das medições necessárias;
- 3) levantamento das agressividades ao meio ambiente;
- 4) estimativa da conseqüência e dos danos advindos do problema ambiental;
- 5) detalhamento dos sintomas;
- 6) identificação dos erros causadores do problema ambiental;
- 7) análise dos projetos e detalhamentos existentes para o local; e
- 8) realização dos ensaios necessários, ou mesmo instrumentação do local, para suporte a algumas posturas corretivas.

3.5.2. - Análise dos dados

Nesta etapa o entendimento perfeito do comportamento da rodovia e a sua correlação com o meio ambiente é relevante para o entendimento da maneira como surgiram os sintomas ambientais do problema patológico em estudo. Nesta fase o estudo de propostas alternativas que levem à solução é primordial para a aferição da melhor alternativa que venha a solucionar o problema

3.5.3. – Diagnóstico

Na fase de diagnóstico, após conhecidas as origens e as causas das anomalias ambientais e de estarem identificados os agentes causadores das mesmas, e sobre tudo, após a análise das propostas alternativas de solução, devem-se propor as terapias adequadas à solução final, mediante o desenvolvimento e o detalhamento pormenorizado do projeto, objetivando sempre a eliminação dos impactos ambientais ou pelo menos a sua minimização.

Nesta etapa, fatores técnicos, econômicos, de segurança e de conforto do usuário deverão ser levados em conta, pois em conjunto ou até isoladamente poderão inviabilizar a execução da obra de recuperação.

É também nesta fase que deverão ser verificadas as propostas alternativas que visem a mitigação dos impactos ambientais com o objetivo de elimina-los ou pelo menos minimiza-los.

3.5.4. - Execução da obra

A fase de execução da obra projetada, requer cuidados adicionais especialmente com o controle tecnológico dos materiais utilizados e dos serviços executados, bem como, o monitoramento comportamental da obra.

3.5.5. – Replanejamento

O controle e monitoramento, realizados na fase de execução, possibilitarão o replanejamento da solução proposta para a eliminação das anomalias eventualmente detectadas naquela fase. O replanejamento possibilitará também que os órgãos técnicos

rodoviários, possam lançar mão da experiência acumulada, para desenvolver projetos de melhor qualidade para solucionar situações análogas, de forma a eliminar as anomalias detectadas e os passivos ambientais de ocorrências semelhantes.

ESTUDO DE CASOS

4.1. Considerações iniciais

Devido às várias insuficiências que o setor brasileiro pode apresentar, nas estruturas organizacionais dos projetos executivos de rodovias, que incluem a falta de uma equipe de especialistas ambientais, é necessário seguir algumas regras gerais para a elaboração de projetos rodoviários.

4.1.1. Obras de estabilização de taludes

As obras de estabilização de taludes em rodovias, são de grande importância, especialmente na implantação de rodovias que atravessam regiões montanhosas, de alta inclinação de terrenos próximos ambientais. As verticais após dos taludes providos da composição da faixa de rodagem, de modo de solo que constitui o talude, a tendência a mover-se para o lado do corte. Essa movimentação de terra pode ter várias causas, das quais destacando a erosão dos taludes sob o efeito, por causa das cargas de pressão vertical, a liquefação do solo motivada por vibrações decorrentes de a presença água de chuva que se infiltra no solo devido a falta de permeação no sentido de convergência, o aumento do peso específico do solo, a redução da resistência do solo e a diminuição da resistência efetiva do solo pela desumidificação da pressão sobre.

A análise de estabilidade de um talude deve levar em conta vários fatores:

1. A geometria de superfície do talude, que inclui as áreas adjacentes ao talude;
2. A heterogeneidade dos materiais do talude;
3. A existência de permeabilidade de água dentro do talude;
4. A ocorrência de lençóis de água sobre o talude;
5. A situação de cargas dinâmicas das pessoas pedestre e veículos em trânsito.

A análise é feita no plano, sobre uma seção típica de terreno delimitada por dois pontos paralelos verticais, de espessura unitária. Para a estabilização de talude é necessário que a soma das forças de resistência que incluem a coesão, o atrito e o enclausuramento seja inferior à soma das forças de movimento. Quando é igual ao movimento ao enclausuramento de solo ao longo da superfície de ruptura que é o limite de ruptura.

CAPÍTULO IV

ESTUDO DE CASOS

4.1. Considerações iniciais

Dentre as várias interferências que o ser humano pode provocar, nas inúmeras etapas dos processos construtivos de rodovias, que tenham reflexos na minimização dos impactos ambientais, destacam-se os que seguem, por serem considerados de grande relevância.

4.1.1 - Obras de estabilização de taludes

As obras de estabilização de taludes em rodovias, são de grande importância, especialmente na implantação de rodovias que atravessam regiões montanhosas, ou na solução de inúmeros passivos ambientais. As instabilizações dos taludes provêm da componente da força da gravidade, da massa de solo que constitui o talude, e tende a mover-se para a base do mesmo. Essa movimentação de terra pode ter várias origens, das quais destacamos: o acréscimo das cargas sobre o talude, proveniente das cargas da própria rodovia; a liquefação do solo motivada por esforços dinâmicos ou a própria ação da água que ao infiltrar-se no solo introduz: a força de percolação no sentido do escorregamento, o aumento do peso específico do solo, a redução da resistência do solo e a diminuição da resistência efetiva do solo pelo desenvolvimento da pressão neutra.

A análise da estabilidade de um talude deve levar em conta vários fatores:

1. A geometria da superfície de ruptura, que pode ser plana, cilíndrica ou conchoidal;
2. A heterogeneidade das camadas do subsolo;
3. A ocorrência da percolação de água através do maciço;
4. A ocorrência de fendas de tração sobre o talude;
5. A atuação de cargas dinâmicas que possam produzir esforços horizontais.

A análise é feita no plano, sobre uma seção típica do maciço, delimitada por dois planos paralelos verticais, de espessura unitária. Para a estabilização do talude é necessário que a soma das forças ou dos momentos que tendem a produzir o escorregamento seja inferior à soma das forças ou momentos resistentes, devidos à ação da resistência ao cisalhamento do solo, ao longo da superfície de ruptura que é objeto da análise.

A estabilidade necessária é expressa por um coeficiente de segurança (F) que é a relação entre a soma dos componentes devidos à coesão (C) e ao produto da força normal (N) pela tangente do ângulo de atrito interno do solo (φ) e a força de cisalhamento (S_n) necessária à estabilidade do talude.

$$F = S / S_n = (C + N \operatorname{tg} \varphi) / S_n \quad (\text{equação 4.1})$$

As metodologias utilizadas na análise da estabilidade de taludes de maciços, em sua maioria impõem, como hipótese, que o critério de ruptura seja satisfeito ao longo de uma superfície de ruptura pré-fixada. Dentre os métodos destacam-se: **método do talude infinito**, para taludes de grandes extensões; **método de Culmann**, para taludes muito íngremes; e os **métodos de Fillenius e Bishop** para os demais.

4.1.2 - Obras de aprimoramento do traçado

Em grande parte das rodovias nacionais, os traçados não atendem às exigências da engenharia de segurança, existindo trechos que necessitam de novos traçados para compatibilizar a rodovia com sua velocidade diretriz, ou mesmo para eliminar gargalos que provocam congestionamentos no trânsito. O aprimoramento do traçado que sempre tem como objetivo a melhoria da rodovia, deve atender ao equilíbrio entre o volume de solo proveniente dos cortes e o volume do mesmo material, que será utilizado na execução dos aterros.

Para atender aos requisitos básicos da rodovia, os aprimoramentos dos traçados rodoviários podem lançar mão de ferramentas computacionais, que permitem fazer uma varredura das alternativas de novos traçados até se atingir o traçado ideal. Esse estudo que utiliza programas de informática, como por exemplo o AutoCAD Land Development Desktop em conjunto com o Autodesk Civil Design que permitem as análises setorizadas, através da modelagem do terreno de implantação executar a análise topográfica, a avaliação ambiental, bem como, a criação de geometrias de coordenadas, que possibilitam detalhamentos que aprimoram o projeto, a execução da obra e a sua própria operacionalização, de forma a atender às exigências ambientais.

4.1.3 - Monitoramento dos impactos ambientais

O monitoramento ambiental, que deve ser uma atividade permanente e dinâmica, deverá dar o respaldo à programação das obras de conservação preventiva e corretiva de forma a não agredir o meio ambiente, bem como fornecer as diretrizes da melhor utilização da rodovia. Esse instrumento relevante, é relegado freqüentemente a um segundo plano, deixando de constituir-se no ferramental gerador de subsídios para o aprimoramento da utilização da própria rodovia e de posteriores projetos.

Em virtude da legislação ambiental ser relativamente recente no Brasil, observa-se uma lacuna no encaminhamento satisfatório, dos problemas encontrados, pelos profissionais técnicos, diante da demanda de execução de novas obras que atendam às exigências de caráter ambiental.

Este trabalho concentra-se nos aspectos relativos ao meio físico, em especial às obras de estabilização de taludes de passivos ambientais e ao estudo de traçados alternativos, que minimizem os impactos ambientais e os próprios custos, sem perder de vista a sua interação com o meio biológico e sócio-econômico.

A escolha do traçado de um trecho rodoviário será apresentada neste capítulo, por meio de um estudo de caso.

As informações e dados utilizados, baseiam-se, no projeto de implantação da Rodovia Carvalho Pinto (SP-70) no trecho compreendido entre os túneis na sua travessia sobre o Rio Paraíba do Sul, no município de Jacareí no estado de São Paulo.

4.2. Estudo de casos - Passivos ambientais

Caracteriza-se como passivo ambiental rodoviário, qualquer anomalia construtiva advinda da concepção, da execução ou da utilização de um empreendimento rodoviário, que deverá ser objeto de estudo da Patologia Ambiental Rodoviária, por influir diretamente no equilíbrio do meio ambiente circundante da estrada e que proveio de alguma falha por ocasião da inserção da referida obra.

A preocupação quanto ao tratamento desses passivos ambientais, faz com que, os organismos rodoviários e ambientais e a própria organização da sociedade, cobrem das autoridades governamentais, posturas e decisões quanto à sua eliminação, minimização ou até compensação.

Neste aspecto, segundo Noronha (1998), o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) elaborou uma amostra do levantamento de passivos ambientais em 2.566,3 km de rodovias pertencentes à sua malha rodoviária e detectou a necessidade de se fazer algum tipo de intervenção, em 16,4 km² de área afetada, o que constitui um programa cujo montante de recursos necessários atingiu a cifra de 13,6 milhões de reais; ou seja, cerca de 5.300 reais por km de rodovia, conforme *Tabela 4.1*.

A relação dos trechos rodoviários que constituem a referida amostra e a estimativa do custo da reabilitação ambiental, fazem parte do Programa de Restauração e Descentralização de Rodovias.

Os dados registrados foram obtidos com base no inventário das áreas afetadas, quer na faixa de domínio, quer nas faixas de uso da construção (jazidas, areais, pedreiras, áreas de bota-fora, etc.), com base nos custos dos projetos padrões disponíveis naquele órgão, ou nos projetos específicos, quando estes existissem.:

A confirmar-se essa amostragem nas demais estradas que constituem a malha rodoviária nacional e que atinge atualmente, segundo Preussler (1998), 1,5 milhões de quilômetros, os investimentos necessários para eliminação dos passivos ambientais rodoviários existentes, atingiriam a cifra de oito bilhões de reais.

Ilustrou-se, neste trabalho, a problemática dos passivos ambientais rodoviários com alguns registros fotográficos, que constituem o *Apêndice 1* e que certamente falarão por si só, dos enormes problemas ambientais que circundam a malha rodoviária nacional.

Desses registros destacaram-se alguns, para proceder-se aos estudos de casos.

4.2.1 – Estudo da estabilização de um talude de corte da Rodovia Fernão Dias

Este estudo de caso, que trata de um problema de instabilização de um talude de corte, será analisado à luz da Patologia Ambiental Rodoviária, dentro de um enfoque que diagnostica as razões, as causas e os efeitos da anomalia e propõe dentre as alternativas de soluções, aquela que provoque menores impactos ambientais, durante e após o processo de interferência no local e no decorrer da vida útil da rodovia.

Tabela 4.1 Custos da eliminação dos passivos ambientais rodoviários.

RODOVIA	UF	SEGMENTO (km)	EXTENSÃO (km)	ÁREA AFETADA (m ²)	CUSTO AMBIENTAL (R\$)	CUSTO UNITÁRIO (R\$/km)
		41,6 - 65,6	24,0	140.700	159.048,00	6.915,00
	BA	65,6 - 131,4	65,8	250.650	358.416,00	5.430,00
		131,4 - 207,2	75,8	217.100	366.944,00	4.828,00
		207,5 - 365,4	157,9	487.150	785.776,00	4.973,00
BR 101		0 - 79,0	79,0	379.300	476.752,00	6.112,00
		268,8 - 294,3	25,5	166.300	172.432,00	7.838,00
	ES	302,0 - 375,0	73,0	313.040	320.650,60	4.392,00
		375,0 - 425,0	50,0	340.450	217.069,90	3.946,00
		425,0 - 458,0	33,0	114.560	85.116,50	2.579,00
	SC	266,0 - 316,1	50,1	12.350	149.356,45	2.987,13
BR 259	ES	0 - 51,0	51,0	125.800	233.512,00	4.579,00
BR 316	AL	153,0 - 253,0	100,0	393.800	552.032,00	5.520,00
BR 135	PI	349,1 - 423,5	74,4	149.661	363.415,00	4.885,92
BR 116	CE	207,0 - 314,0	107,0	157.200	421.608,00	4.960,00
		314,0 - 419,0	105,0	243.900	471.096,00	4.487,00
BR 070	MT	524,7 - 732,0	207,3	171.847	731.882,00	3.531,00
		0 - 46,2	46,2	615.340	356.968,00	7.729,92
		46,2 - 101,9	55,7	724.200	423.832,00	7.605,10
		101,9 - 163,9	62,0	860.260	471.352,00	7.600,00
		163,9 - 221,9	58,0	754.000	440.800,00	7.600,00
BR 174	MT	221,9 - 286,5	64,6	840.200	491.120,00	7.602,47
		286,5 - 358,8	72,3	989.900	549.480,00	7.600,00
		358,8 - 435,6	76,8	998.400	383.680,00	7.600,00
		435,6 - 490,9	55,3	718.900	419.920,00	7.593,49
		490,9 - 523,9	33,0	429.000	250.800,00	7.600,00
BR 364	RO	0 - 51,4	51,4	657.000	480.180,00	9.342,02
		51,4 - 110,0	58,6	761.000	624.370,00	10.654,78
BR 163	MT	635,3 - 711,8	86,5	1.508.500	686.152,00	8.006,44
BR 020	GO	0 - 89,0	89,0	140.800	102.601,64	1.152,82
	DF	0 - 59,8	59,8	295.000	344.609,00	5.762,69
BR 050	GO	95,6 - 277,5	181,9	1.002.850	598.764,90	3.291,72
BR364	GO	192,7 - 259,3	66,6	229.560	141.490,50	2.124,48
BR 153	SC	0 - 119,8	119,8	422.420	370.637,60	3.093,80
BR 463	MS	0 - 45,0	45,0	787.500	387.420,00	8.609,33
TOTAL			2.566,3	16.398.638	13.589.284,00	5.295,28

Fonte: Programa de Restauração e Descentralização de Rodovias do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, a ser implantado com recursos financiados pelos bancos BIRD/BID.

4.2.1.1 - localização do passivo ambiental

O passivo ambiental objeto deste estudo está localizado na Rodovia Fernão Dias (BR-381), na altura do quilômetro 69,2 no município de Mairiporã no estado de São Paulo, tendo sido caracterizado através do registro fotográfico da **Figura 4.1**.

4.2.1.2 - levantamento de dados do passivo ambiental

O passivo ambiental ocorreu num talude de corte, do trecho recém concluído da duplicação da Rodovia Fernão Dias, no trecho da Serra da Cantareira e possui revestimento vegetal natural, de mata atlântica secundária. Esse trecho faz parte de Área de Preservação Ambiental – APA e é parte integrante da área de proteção dos mananciais hídricos, que são utilizados para o abastecimento de água, da Capital do Estado de São Paulo.



Figura 4.1 – Talude de corte instável, localizado no km 69,2 da nova pista da duplicação da Rodovia Fernão Dias, em Mairiporã -SP

O talude tem uma extensão de 587 metros e alturas variáveis, atingindo a sua cota máxima, próximo à instabilização identificada, 41 metros.

O corte foi executado segundo um ângulo de inclinação de 54 graus, com intercalação de dois patamares (bermas) de cerca de quatro metros de largura. A ruptura do solo na sua parte média e superior fez com que o mesmo desmoronasse sobre o acostamento e a primeira faixa de tráfego da pista de rolamento da rodovia, tendo obstruído totalmente as canaletas de drenagem superficial da pista e rompido as captações pluviais dos patamares.

O solo apresenta grandes variações, desde afloramentos de matacões rochosos fissurados, até solos de pequena granulometria com predominância de siltes arenosos desprovidos de coesão.

A agressividade ao meio ambiente faz-se potencialmente presente, em virtude das instabilizações sucessivas que poderão vir a ocorrer, por ocasião de elevadas precipitações pluviométricas, frequentes na região, comprometendo uma faixa significativa da mata atlântica que cobre o cume do talude, e em especial, pelo assoreamento ou turbidez dos córregos circunvizinhos, comprometendo a qualidade das águas, para uso humano, e dos animais silvestres que habitam o local.

4.2.1.3 - análise dos dados (identificação das causas e origens do problema)

A identificação das causas do problema levantado, foi possível, porque as características do solo fino constituinte do talude em análise, não são adequadas à inclinação utilizada, agravadas pela inexistência de qualquer tipo de revestimento superficial, que em conjunto, com as falhas na drenagem, e a saturação do solo superficial, por precipitações pluviométricas acentuadas, formaram, uma cunha de deslizamento de solo, sobre a superfície lubrificada pela presença da água, que se acumulou em cima da camada impermeável.

Neste estudo podemos identificar várias causas que levaram ao problema da instabilização, tendo origem, a maioria delas, em falhas na concepção da obra.

Destacam-se como primordiais:

- detalhamento insuficiente ou inexistente do projeto;**
- desconhecimento das características do solo do local;**
- desconhecimento ou desprezo dos índices pluviométricos da região;**
- inadequação do projeto às características do meio ambiente do local;**
- inexistência de controle de qualidade durante a execução;**

desconhecimento da porosidade e da permeabilidade do solo, bem como do regime de percolação da água no mesmo;
execução da obra em época imprópria;
inexecução da impermeabilização ou do revestimento do talude;
inexecução da necessária e suficiente drenagem superficial ;
inexecução de elementos controladores da velocidade de escoamento das águas pluviais.

4.2.1.4 – diagnóstico

Após a análise dos dados colhidos no local e junto aos órgãos responsáveis pela execução da obra e conhecendo-se as origens e causas do problema, pude-se diagnosticar que o talude em análise foi executado com inclinação superior à recomendada para as características do solo encontrado no local, sem o devido dimensionamento da inclinação suportável, bem como das vertentes drenantes necessárias à obra. Reconhece-se a preocupação que existiu quanto à redução do passivo ambiental, caracterizado pelo corte da mata atlântica, o que motivou em parte a instabilização apontada neste trabalho.

Para se atender ao objetivo proposto neste estudo de casos, apresentam-se duas alternativas que possibilitam a estabilização do talude em estudo e reduzem os impactos ambientais.

❖ Alteração da inclinação do talude (retaludamento)

Para o estudo do retaludamento, objeto desta proposta, faziam-se necessários os seguintes serviços prévios:

execução de furos de sondagem a cada 20 metros para reconhecimento do perfil geotécnico das camadas inferiores do subsolo;
execução de ensaios de laboratório, após a retirada de amostras indeformadas de solo, para definição das características do mesmo, no que tange ao seu ângulo de atrito interno, ao seu peso específico e à sua coesão; e
execução do projeto de estabilização do talude

Dada a inviabilidade econômica para a execução dos dois primeiros itens, elaboramos um estudo alternativo, baseado na experiência geológica e rodoviária de alguns engenheiros rodoviários do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER-SP) propondo uma inclinação de 1,5 unidades de comprimento horizontal para cada

unidade na vertical (1:1,5) que atenderia às características do solo encontrado no local. Além da alteração da inclinação do talude, propõe-se também a redução da altura entre os patamares, que atualmente é da ordem de 14 metros para 8 metros.

Na **Figura 4.2** identifica-se, no corte típico esquemático, a inclinação que foi utilizada na execução da obra de duplicação da rodovia e que causou a instabilização do talude, bem como, a nova proposta de retaludamento com inclinação (1 : 1,5), que corresponde a um ângulo de 33,7°.

Pelo estudo de retaludamento proposto para o local, pudemos detectar que o novo corte imposto por essa alternativa, apesar de estabilizar o talude, implicaria no desmatamento de uma faixa de cerca de 41 metros de mata atlântica, que encerraria uma área estimada, da ordem de 20.000 m².

Esta proposta, apresenta portanto, alguns impactos ambientais relevantes, que exigiriam um aporte de recursos considerável.

Os impactos ambientais relevantes, têm sua origem nas obras necessárias ao retaludamento, a saber:

volume de corte: 183.000 m³

volume de solo a transportar: 256.000 m³

distribuição e conformação da área de bota-fora

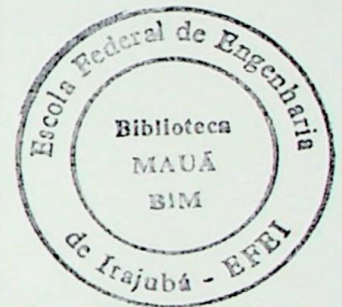
desmatamento da faixa a ser cortada

revestimento dos taludes com gramíneas

reflorestamento compensatório da flora eliminada

A estimativa de custo dessa alternativa, com base nos preços praticados pelo Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER-SP, através de seu boletim de preços em vigor, e com base na revista Construção do mês de Janeiro de 2000, para os preços não localizados no referido boletim, ficaria em R\$ 2.357.000,00 (dois milhões e trezentos e cinquenta e sete mil reais). Esse valor significativo, não elimina, nem tão pouco minimiza os impactos ambientais causados pela obra, dos quais destacamos:

- ◆ desmatamento de 2 ha de mata atlântica;
- ◆ elevada quantidade de partículas em suspensão no ar, durante a execução da obra;
- ◆ elevada turbidez das águas dos córregos, durante a execução da obra;



- ◆ assoreamento dos córregos e dos reservatórios destinados à captação de água para uso humano;

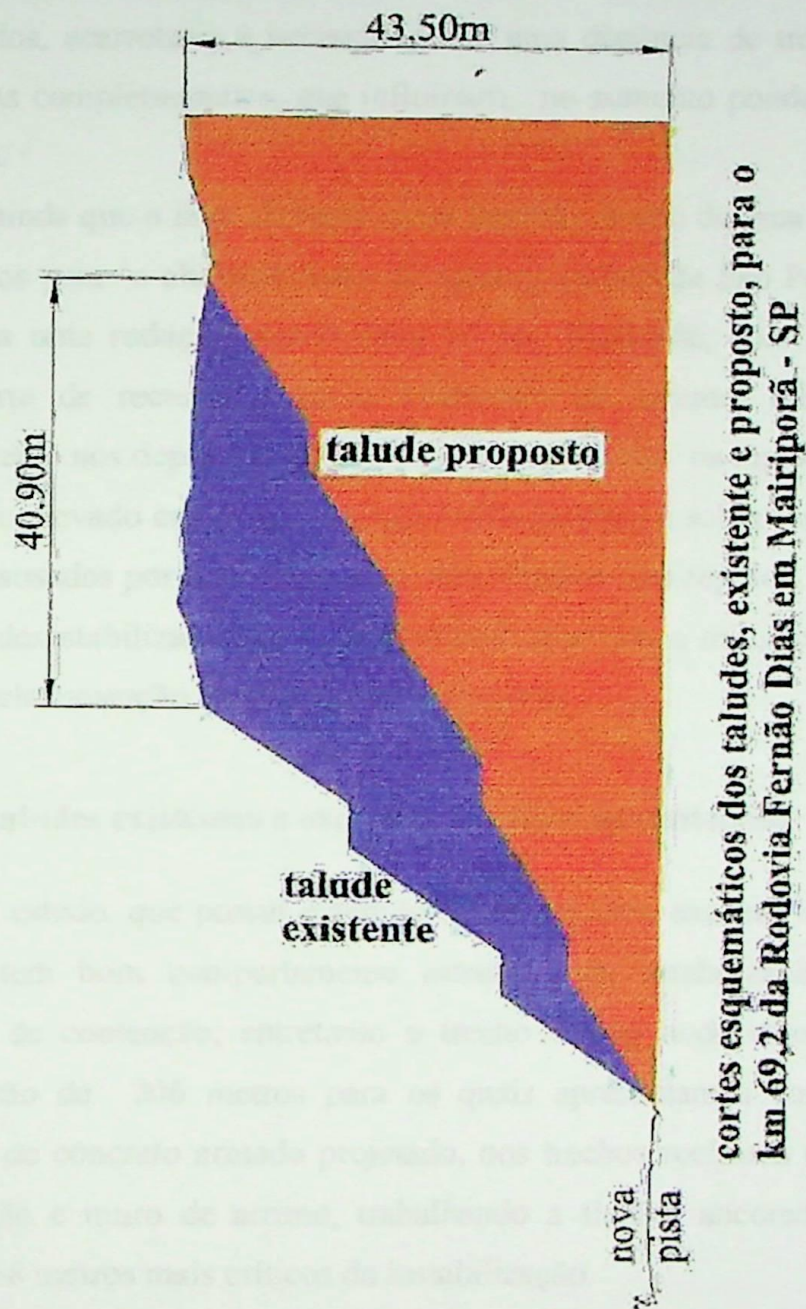


Figura 4.2 – Perfil típico da alternativa do estudo de retaludamento, no km 69,2 da Rodovia Fernão Dias

- ♦ exigência de uma área ponderável para ser utilizada como área de bota-fora, para os 183.000 m³ de solo, proveniente do corte do retaludamento, conforme consta na planilha de cálculo apresentada na *Tabela 4.2*.

Esta área, em virtude de sua magnitude e por tratar-se de local onde existe uma Área de Preservação Ambiental – APA, certamente provocaria elevados impactos ambientais, que para serem minimizados, acarretaria a necessidade de uma distância de transporte elevada, bem como outras obras complementares, que influiriam, no aumento ponderável dos custos finais desta alternativa.

Destaque-se ainda que o fato do local estar inserido dentro de uma área de proteção dos mananciais hídricos para o abastecimento de água da cidade de São Paulo, a execução desta alternativa traria uma redução significativa na sua qualidade, com implicações que exigiriam maior aporte de recursos para o tratamento da mesma, além de provocar significativo assoreamento nos depósitos e represamentos existentes na região.

Motivado pelo elevado custo das obras de retaludamento e sobre tudo pelos grandes impactos ambientais causados por essa alternativa, apresenta-se em seguida, outra alternativa para a eliminação da desestabilização do referido talude que visa a mitigação dos impactos ambientais causados pela execução da obra de retaludamento.

❖ **Manutenção dos taludes existentes e execução de obras de contenção**

No talude em estudo, que possui extensão de 587 metros, existem trechos de menor altura, onde o solo tem bom comportamento estrutural de estabilização não havendo necessidade de obras de contenção; entretanto o trecho crítico onde esse tipo de obra é necessário tem extensão de 206 metros para os quais apresentamos como proposta de soluções a utilização de concreto armado projetado, nos trechos rochosos que representam 138 metros de extensão e muro de arrimo, trabalhando a flexão, ancorado no solo por tirantes, nos restantes 68 metros mais críticos da instabilização.

No ponto de vista ambiental esta solução apresenta reduzidos impactos, uma vez que, elimina em relação à primeira proposta: a necessidade de áreas de bota-fora, as elevadas escavações, o transporte do solo escavado e sobre tudo o corte da mata atlântica existente no local.

Tabela 4.2 – Cálculo do volume de corte do estudo de retaludamento, no km 69,2 da Rodovia Fernão Dias

Planilha de cálculo do volume de corte do talude, no km 69,2 da rodovia BR-381					
seção	área da seção	comprimento	Volume	volume acumulado	
0	0	0	0,000	0,000	
1	7,9007	20	158,014	158,014	
2	15,8014	20	316,028	474,043	
3	35,5532	20	711,064	1185,106	
4	63,2057	20	1264,113	2449,220	
5	98,7589	20	1975,177	4424,397	
6	142,2128	20	2844,255	7268,652	
7	193,5674	20	3871,347	11139,999	
8	252,8227	20	5056,454	16196,452	
9	319,9787	20	6399,574	22596,026	
10	395,0355	20	7900,709	30496,735	
11	477,9929	20	9559,858	40056,592	
12	568,8511	20	11377,021	51433,613	
13	667,6099	20	13352,198	64785,811	
14	774,2695	20	15485,389	80271,201	
15	840,5	27	22693,499	102964,701	
16	774,2695	20	15485,389	118450,089	
17	667,6099	20	13352,198	131802,287	
18	568,8511	20	11377,021	143179,308	
19	477,9919	20	9559,858	152.739.166	
20	395,0355	20	7900,709	160639,875	
21	319,9787	20	6399,574	167039,449	
22	252,8227	20	5056,454	172095,903	
23	193,5674	20	3871,347	175967,251	
24	142,2128	20	2844,255	178811,506	
25	98,7589	20	1975,177	180786,683	
26	63,2057	20	1264,113	182050,796	
26	35,5532	20	711,064	182761,861	
27	15,8014	20	316,028	183077,889	
28	7,9007	20	158,014	183235,903	
29	0	0	0	183235,902	

extensão do talude	587 metros
volume de corte	183.235,902 m³

As obras de contenção propostas, estão esquematizadas na **Figura 4.3** e são constituídas por um muro de arrimo, trabalhando a flexão, de concreto armado, com 68 metro de comprimento por 14 metros de altura, em dois painéis de 34 metros cada um, com uma junta de dilatação intermediária, provido de tirantes ancorados na rocha ou em solo de elevada resistência e solo grampeado nos trechos sobre o muro de arrimo e nas laterais do mesmo.

Para a drenagem são propostos canaletes com forma trapezoidal com 60 cm de profundidade, 100 cm de base maior e 50 cm de base menor, em cada patamar do talude, que lançarão as águas pluviais numa escada de decapeção de velocidade, com seção retangular de 120 cm de base e 100 cm de altura.

As obras de movimento de terra serão apenas locais e será construído a jusante um depósito de decantação para deposição das partículas de solo carregadas pelas águas pluviais.

O talude será revestido com gramíneas, plantadas em placas sobre camada de solo vegetal, que serão amarradas ao mesmo através de telas metálicas revestidas com material plástico.

A mata atlântica local será preservada uma vez que não haverá necessidade de movimentos de solo nem tão pouco da implantação de área de bota-fora visto que o solo escavado será reutilizado na reconstituição dos taludes originais que estão instabilizados.

O custo estimado para as obras propostas nesta alternativa é constituído por:

- muro de arrimo atirantado	R\$. 637.000,00
- solo grampeado	R\$. 729.000,00
- drenagem	R\$. 63.000,00
- revestimento vegetal	R\$ 38.000,00

e importa em R\$. 1.467.000,00 (um milhão, quatrocentos e sessenta e sete mil reais), valor bem inferior à primeira proposta estudada e com qualidade ambiental muito superior; pois elimina vários passivos ambientais e reduz substancialmente os demais.

Outras alternativas poderiam ser estudadas, contudo elas implicariam em custos e impactos ambientais mais elevados, entretanto uma solução que não podemos deixar de comentar, refere-se ao estudo alternativo de traçado, que não se aplicaria atualmente, em fase da duplicação da rodovia já estar concluída, mas que teria eliminado esse passivo ambiental, se tivesse sido utilizada por ocasião da concepção do projeto de sua duplicação, uma vez que a cerca de cinquenta metros, do lado esquerdo, do sentido São Paulo – Belo Horizonte, passa a rodovia, não pavimentada SP-08 (Estrada Velha de Bragança Paulista) que possibilitaria a

duplicação desse trecho da Rodovia Fernão Dias sem ocasionar as instabilizações que a opção da duplicação em paralelo provocou.

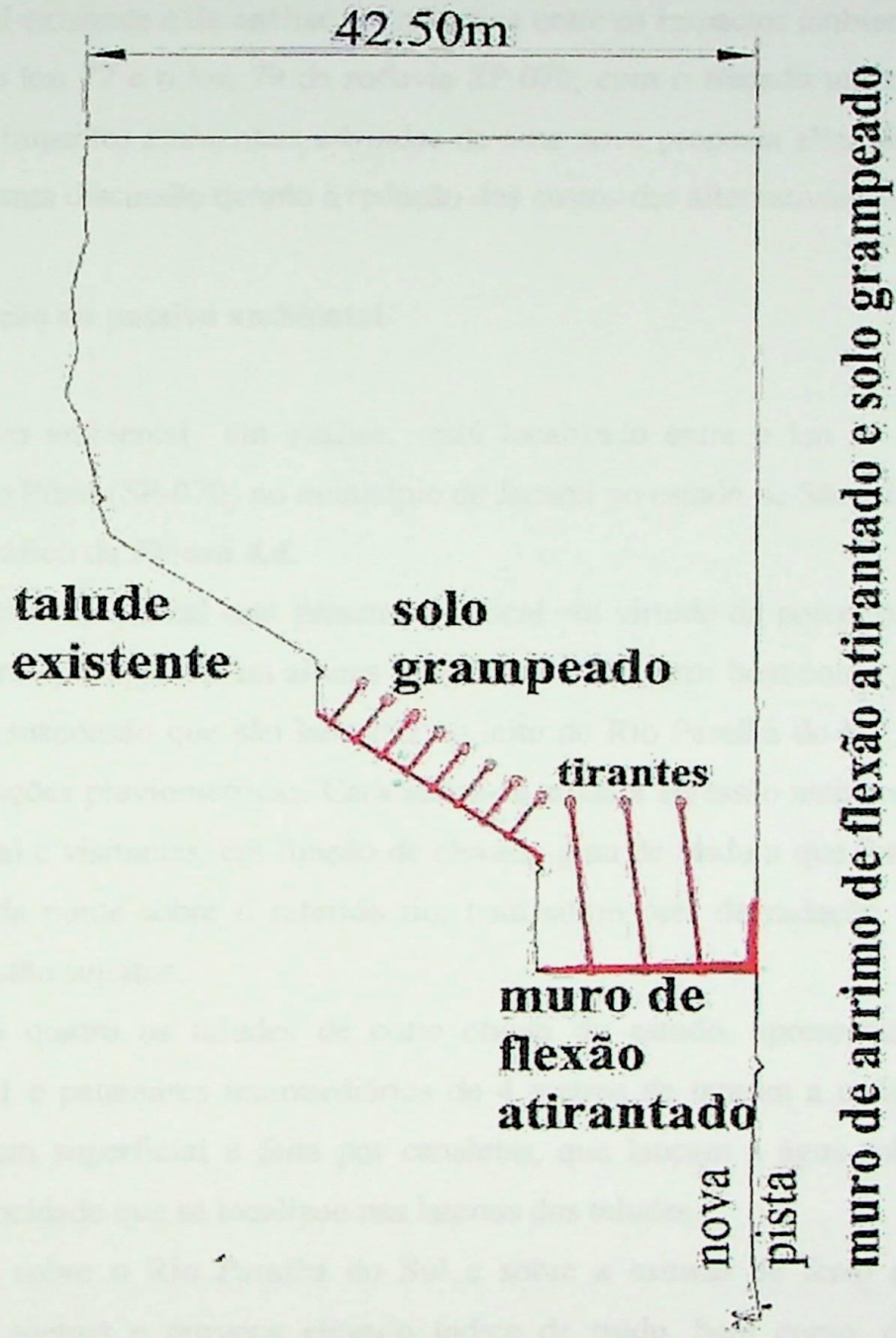


Figura 4.3 – Perfil típico do estudo da alternativa das obras de contenção, no talude do km 69,2 da Rodovia Fernão Dias

4.2.2 – Estudo do traçado alternativo de um trecho da Rodovia Carvalho Pinto

Este estudo de caso, dentro do enfoque da Patologia Ambiental Rodoviária, trata do passivo ambiental existente e da análise comparativa entre os impactos ambientais relevantes, no trecho entre o km 77 e o km 79 da rodovia SP-070, com o traçado utilizado e existente atualmente, e os impactos ambientais advindos de uma nova proposta alternativa de traçado, bem como, abre uma discussão quanto à redução dos custos das alternativas em estudo.

4.2.2.1 - localização do passivo ambiental

O passivo ambiental em análise, está localizado entre o km 77 e o km 79 da Rodovia Carvalho Pinto (SP-070) no município de Jacareí no estado de São Paulo e foi objeto do registro fotográfico da *Figura 4.4*.

A agressão ambiental está presente no local em virtude da potencial instabilização dos taludes de corte que apresentam alturas superiores a 50 metros bem como pela quantidade de partículas em suspensão que são lançadas no leito do Rio Paraíba do Sul, nas épocas de elevadas precipitações pluviométricas. Caracteriza-se ainda a agressão ambiental causada aos habitantes do local e visitantes, em função de elevado grau de ruído a que foram submetidos pela construção da ponte sobre o referido rio, bem como pela degradação visual da nova paisagem a que estão sujeitos.

São quatro os taludes de corte objeto do estudo, apresentando todos eles inclinações de 1:1 e patamares intermediários de 4 metros de largura a cada 10 metros de altura. A drenagem superficial é feita por canaletas, que lançam a água sobre escadas de decepação da velocidade que se localizou nas laterais dos taludes.

A ponte sobre o Rio Paraíba do Sul e sobre a estrada de ferro desativada tem extensão de 532 metros e provoca elevado índice de ruído, bem como, deterioração da paisagem local.

4.2.2.2 - análise dos dados

Os problemas detectados no local têm sua origem na fase de concepção e elaboração dos projetos, especialmente em função do traçado escolhido e da suntuosa obra de arte executada no local.



Figura 4.4- Registro fotográfico dos taludes muito elevados com pontos de instabilização localizados, no trecho entre o km.77 e o km.79 da Rodovia Carvalho Pinto

As potenciais instabilizações dos taludes que põem em risco os usuários da rodovia poderiam ser minimizadas com um traçado que acompanha-se mais o relevo do local, evitando dessa forma a necessidade de obras de estabilização dos cortes. Da mesma forma, tendo esses cortes menores extensões, os impactos ambientais originários do carreamento de partículas sólidas e sua deposição ao Rio Paraíba do Sul, seriam minimizados.

De maneira análoga, a redução da extensão da ponte viria provocar menor emissão de ruídos e menor degradação visual dos sítios e chácaras que ficaram num horizonte visual inferior à ponte.

4.2.2.3 – diagnóstico

Para solucionar os problemas ambientais existentes, não se recomenda no momento nenhuma obra complementar, entretanto recomenda-se a manutenção preventiva para que as causas impactantes não venham a acelerar os processos de degradação ambiental.

Dentro deste enfoque, as instabilizações potenciais dos taludes existentes deverão ser monitoradas através de revestimentos vegetais, os assoreamentos e a turbidez da água poderão igualmente ser controlados através de caixas de decantação junto às escadas de decapeção da sua velocidade. A redução do índice de ruído ocasionado pela ponte poderia igualmente ser monitorado através do uso de asfaltos com polímeros, podendo mesmo vir a ser controlada a velocidade dos veículos sobre a ponte com a mesma finalidade.

Quanto à agressão à paisagem, esse impacto ambiental é irreversível não cabendo qualquer obra ou medida que venham a elimina-lo ou a minimiza-lo.

Para esse local elaborou-se um estudo alternativo de traçado que demonstra claramente, de que maneira poder-se-ia minimizar os impactos ambientais detectados, por ocasião da concepção e da implantação da rodovia.

A proposta, para esse trecho de aproximadamente 2 km, analisa uma diretriz mais afastada dos relevos elevados e a utilização de obras de arte de menores extensões.

Para a definição do melhor traçado, utilizou-se as ferramentas computacionais da Autodesk: AutoCAD Land Development Desktop, Autodesk Civil Design e Autodesk Survey; que possibilitaram a execução da varredura de várias alternativas, que foram escolhidas com base na experiência topográfica do autor, tendo em mente o objetivo maior de atender ao diagrama de Bruckner, onde a somatória dos volumes de cortes, deve ser igual ou aproximada da somatória dos volumes de aterros. Se esse equilíbrio não se verificar teremos área de bota-fora quando a quantidade de corte for maior que a quantidade de aterro ou teremos área de empréstimo quando ocorrer o contrário.

Para a definição do melhor traçado e do melhor greide foram feitas várias simulações de cálculo dos movimentos de terra, até se chegar na alternativa que foi escolhida definitivamente e posteriormente detalhada.

Neste estudo, após a definição da alternativa escolhida, fez-se uma comparação entre os movimentos de terra executados durante a implantação da Rodovia Carvalho Pinto, no referido trecho e os obtidos na alternativa de traçado proposta.

Seguem-se os estudos detalhados e comparativos entre as obras executadas na implantação da rodovia existente e as obras de implantação da rodovia no traçado alternativo

proposto, bem como, as respectivas planilhas dos cálculos de volumes de cortes e aterros e suas compensações.

Para a realização desse estudo comparativo, obteve-se junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) o levantamento plani-altimétricos da região que serviu de base ao estudo enfocado e que constitui a **Figura 4.5**.

A planta básica do levantamento plani-altimétrico, foi *scaniada* e as curvas de nível foram vectorizadas para lançamento no *software* AutoCAD Land Development Desktop; que após receber os dados elaborou a modelagem do terreno e fez a representação gráfica das condições topográficas do local.

Sobre o modelo básico da região lançou-se o traçado atual da Rodovia Carvalho Pinto e seu respectivo greide, e através da referida ferramenta computacional, foram levantados os movimentos de terra e definidas as suas implicações ambientais.

Foi também feita uma varredura das alternativas de traçado da rodovia no trecho em estudo, objetivando o equilíbrio entre os volumes de cortes e de aterros nos movimentos de terra necessários, e analisadas em conjunto, as eliminações e minimizações dos passivos ambientais detectados no local, especialmente tentando minimizar o ruído e a agressão visual a que estão submetidos os habitantes.

A redução da extensão da ponte sobre o Rio Paraíba do Sul, dos seus atuais 532 metros de comprimento, para algo em torno de 120 metros, com a implantação de aterros de aproximação, foi a maneira possível encontrada para reduzir potencialmente o impacto ambiental provocado pelo elevado índice de ruído e poder melhorar o aspecto visual impactante a que os habitantes do local estão submetidos..

Para a definição do traçado ideal do trecho rodoviário em análise foram escolhidos alguns encaminhamentos no modelo computacional, que se afastavam dos trechos de relevo mais elevado, para junto da margem do rio, onde já existe uma estrada rural em terra, com solo de bom suporte de carga para a formação da sub-base do leito rodoviário. Esse deslocamento possibilitou a obtenção de um diagrama de Bruckner equilibrado, especialmente após ter sido lançado o greide rodoviário, em plataformas distintas e diferentes níveis para as duas pistas.

Esta alteração de traçado, possibilitou que os impactos ambientais, mais relevantes no que tange às potenciais instabilizações dos taludes mais elevados, fossem minimizados, sem reduzir a qualidade rodoviária do empreendimento, bem como minimizou a turbidez e a quantidade de partículas em suspensão nas águas pluviais que serão lançadas no rio.

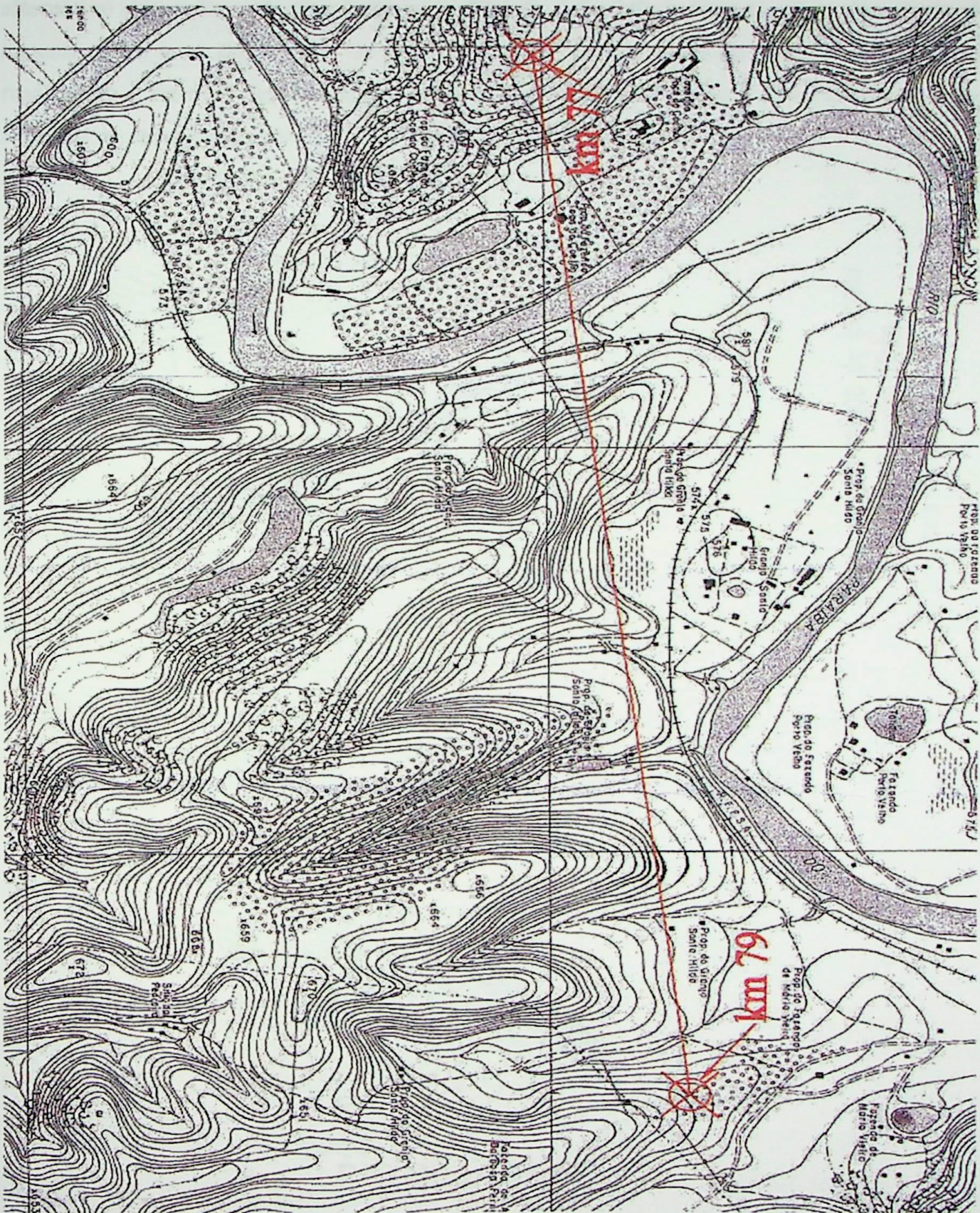


Figura 4.5 – Levantamento plani-altimétrico do entorno da Rodovia Carvalho Pinto no trecho entre o km 77 e o km 79

O estudo comparativo entre o traçado atual da Rodovia Carvalho Pinto e o traçado alternativo proposto, está representado na **Figura 4.6**, onde o traçado alternativo parte do mesmo ponto e se desenvolve do lado direito, do sentido Vale do Paraíba – São Paulo, margeando a ferrovia desativada até passar sobre a mesma e sobre o Rio Paraíba do Sul e terminar na embocadura do túnel num ponto comum aos dois traçados.

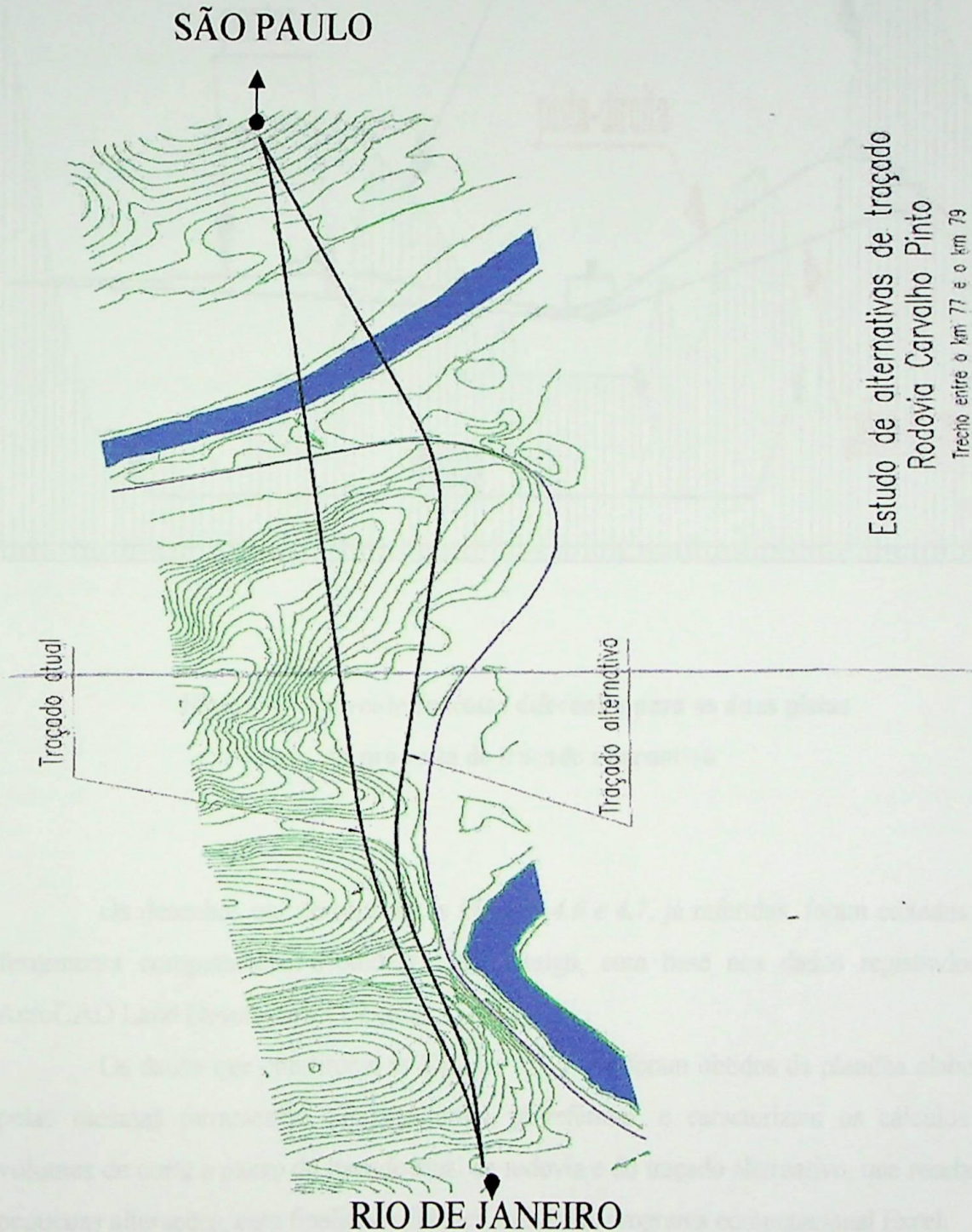


Figura 4.6 – Traçado atual e proposta alternativa para o trecho entre o km 77 e o km 79 da Rodovia Carvalho Pinto

O greide da proposta alternativa de traçado, caracteriza-se por apresentar níveis diferentes para cada pista, conforme consta da **Figura 4.7**.

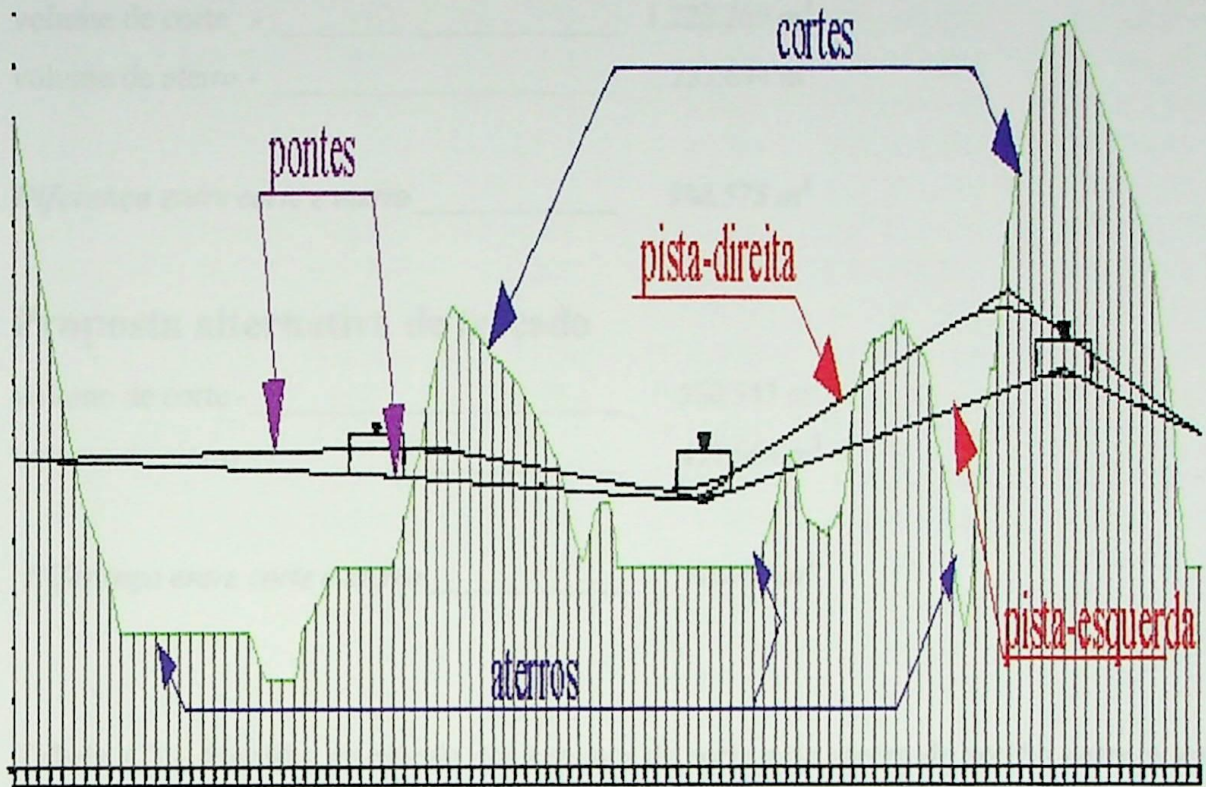


Figura 4.7 – Greide em cotas diferentes para as duas pistas da proposta de traçado alternativo

Os desenhos que constituem as *Figuras 4.6 e 4.7*, já referidas, foram editados pela ferramenta computacional Autodesk Civil Design, com base nos dados registrados no AutoCAD Land Development Desktop.

Os dados que constituem as *Tabelas 4.3 e 4.4* foram obtidos da planilha elaborada pelas mesmas ferramentas computacionais, já referidas, e caracterizam os cálculos dos volumes de corte e aterro do traçado atual da rodovia e do traçado alternativo, que receberam pequenas alterações, com finalidade didática através do programa computacional Excel.

Nessas planilhas estão registrados os dados que refletem a possibilidade de obterem-se traçados rodoviários que permitam eliminar ou pelo menos reduzir substancialmente os impactos ambientais durante o processo construtivo ou mesmo os impactos permanentes que se constituirão em passivos ambientais. Dos dados dessas planilhas destacamos para posterior análise:

Traçado atual da Rodovia

volume de corte - _____	1.222.269 m ³
volume de aterro - _____	233.694 m ³
<i>Diferença entre corte e aterro</i> _____	988.575 m³

Proposta alternativa de traçado

volume de corte - _____	560.547 m ³
volume de aterro - _____	491.664 m ³
<i>Diferença entre corte e aterro</i> _____	68.883 m³

Tabela 4.3 – Planilha de cálculo dos volumes de corte e de aterro do trecho entre o km 76,920 e o km 79,01742, da Rodovia Carvalho Pinto em Jacareí -SP

PLANILHA DE CÁLCULO - Rodovia Carvalho Pinto (SP-070)						
TRECHO: entre o km 76,920 e o km 79,01742, em Jacareí						
Estaca	Área corte	Área aterro	Volume corte	Volume aterro	Vol. acum. corte	Vol. acum. aterro
2255	-	0,000	0,000	0,000	-	-
2256	-	0,000	8816,703	0,000	8.816,703	-
2257	885,317	0,000	14012,661	0,000	22.829,365	-
2258	526,890	0,000	4645,740	0,000	27.475,104	-
2259	245,123	0,000	5885,657	65,545	33.360,762	65,545
2260	42,565	6,612	427,000	1546,287	33.787,762	1.611,832
2261	-	149,021	0,000	4700,298	33.787,762	6.312,130
2262	-	321,289	0,000	8128,111	33.787,762	14.440,241
2263	-	580,563	0,000	14521,469	33.787,762	28.961,710
2264	-	783,824	0,000	113,655	33.787,762	29.075,364
2265 a						
2292	-	0,000	0,000	0,000	33.787,762	29.075,364
2293	-	308,909	1204,615	4417,386	34.992,376	33.492,750
2294	120,461	29,191	8660,956	291,191	43.653,332	33.784,661
2295	745,634	0,000	20924,508	0,000	64.577,840	33.784,661
2296	1.346,817	0,000	32072,450	0,000	96.650,290	33.784,661
2297	1.860,428	0,000	41305,358	0,000	137.955,648	33.784,661
2298	2.270,107	0,000	46354,047	0,000	184.309,694	33.784,661

2299	2.365,297	0,000	46412,600	0,000	230.722,294	33.784,661
2300	2.275,963	0,000	43680,640	0,000	274.402,934	33.784,661
2301	2.092,101	0,000	39466,488	0,000	313.869,423	33.784,661
2302	1.854,548	0,000	33888,886	0,000	347.758,309	33.784,661
2303	1.534,341	0,000	28451,379	0,000	376.209,689	33.784,661
2304	1.310,797	0,000	23837,598	0,000	400.047,286	33.784,661
2305	1.072,963	0,000	18997,254	0,000	419.044,541	33.784,661
2306	826,763	0,000	14023,956	0,000	433.068,497	33.784,661
2307	575,633	0,000	8152,793	158,670	441.221,290	33.943,331
2308	239,646	15,867	2536,769	1952,304	443.758,059	35.895,635
2309	14,031	179,363	140,307	6235,805	443.898,366	42.131,440
2310	-	444,217	0,000	9227,978	443.898,366	51.359,418
2311	-	478,581	0,000	9641,552	443.898,366	61.000,970
2312	-	485,574	0,000	9629,017	443.898,366	70.629,987
2313	-	477,327	0,000	9590,096	443.898,366	80.220,083
2314	-	481,682	0,000	9886,277	443.898,366	90.106,360
2315	-	506,945	0,000	10131,083	443.898,366	100.237,444
2316	-	506,163	0,000	10228,306	443.898,366	110.465,750
2317	-	516,668	0,000	10088,206	443.898,366	120.553,956
2318	-	492,153	0,000	5923,733	443.898,366	126.477,689
2319	9,948	292,321	2707,426	5294,563	446.605,791	131.772,252
2320	253,388	26,777	7659,558	267,224	454.265,349	132.039,476
2321	510,441	0,000	9677,196	0,000	463.942,545	132.039,476
2322	454,919	0,000	6129,955	0,000	470.072,500	132.039,476
2323	157,287	0,000	807,329	2460,192	470.879,829	134.499,669
2324	-	348,652	0,000	7312,485	470.879,829	141.812,154
2325	-	382,478	0,000	6891,169	470.879,829	148.703,323
2326	-	307,887	2016,572	3675,964	472.896,400	152.379,287
2327	200,988	62,598	7870,832	622,225	480.767,232	153.001,512
2328	580,767	0,000	15339,171	0,000	496.106,403	153.001,512
2329	941,726	0,000	21800,773	0,000	517.907,175	153.001,512
2330	1.219,878	0,000	26026,423	0,000	543.933,598	153.001,512
2331	1.358,162	0,000	26979,699	0,000	570.913,297	153.001,512
2332	1.313,660	0,000	23489,253	0,000	594.402,550	153.001,512
2333	1.014,947	0,000	17203,490	0,000	611.606,040	153.001,512
2334	693,037	0,000	10755,970	0,000	622.362,010	153.001,512
2335	376,522	0,000	4383,088	99,675	626.745,098	153.101,186
2336	59,731	10,015	598,713	5116,592	627.343,811	158.217,778
2337	-	504,137	0,000	15318,098	627.343,811	158.217,778
2338	-	1028,749	0,000	22081,590	627.343,811	195.617,467
2339	-	1183,883	0,000	16583,874	627.343,811	212.201,340
2340	-	478,084	0,000	3632,769	627.343,811	215.834,110
2341	39,165	15,156	7127,183	1192,014	634.470,994	217.026,123
2342	657,932	0,000	19282,507	0,000	653.753,501	217.026,123
2343	1.276,335	0,000	31798,632	0,000	685.552,133	217.026,123
2344	1.912,156	0,000	44459,859	0,000	730.011,992	217.026,123
2345	2.541,252	0,000	48433,003	0,000	778.444,996	217.026,123
2346	3.041,228	0,000	59611,949	0,000	838.056,944	217.026,123
2347	3.416,578	0,000	80939,006	0,000	918.995,950	217.026,123

2348	3.425,249	0,000	64952,934	0,000	983.948,884	217.026,123
2349	3.133,606	0,000	57227,126	0,000	1.041.176,010	217.026,123
2350	2.667,109	0,000	47733,337	0,000	1.088.909,348	217.026,123
2351	2.204,388	0,000	39684,708	0,000	1.128.594,056	217.026,123
2352	1.799,541	0,000	31841,359	0,000	1.160.435,415	217.026,123
2353	1.421,085	0,000	24769,656	0,000	1.185.205,071	217.026,123
2354	1.078,083	0,000	18241,737	0,000	1.203.446,808	217.026,123
2355	757,452	0,000	11971,935	0,000	1.215.418,743	217.026,123
2356	443,502	0,000	5637,757	0,000	1.221.056,500	217.026,123
2357	121,380	0,000	1212,417	3100,984	1.222.268,917	220.127,107
2358	- 309,847	0,000	8698,379	1.222.268,917	228.825,486	
2359	- 558,566	0,000	4868,475	1.222.268,917	233.693,962	
2359+17,42	FINAL					

DIFERENÇA ENTRE CORTE E ATERRO : 988.574,956 m³

Tabela 4.4 – Planilha de cálculo dos volumes de corte e de aterro, do traçado alternativo da Rodovia Carvalho Pinto, no trecho entre o km 76,920 e o km 79,04309, em Jacareí – SP

PLANILHA DE CÁLCULO - RODOVIA CARVALHO PINTO (SP - 070)						
TRECHO: entre o km 76,920 e o km 79,04309 - (traçado alternativo)						
Estaca	Área corte	Área aterro	Volume corte	Volume aterro	Vol. acum. corte	Vol. acum. aterro
2255	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2256	0,000	0,000	8341,519	0,000	8341,519	0,000
2257	834,152	0,000	13117,403	0,000	21458,922	0,000
2258	477,588	0,000	6822,358	0,000	28281,280	0,000
2259	204,647	0,000	2198,621	122,041	30479,901	122,041
2260	15,215	12,204	152,147	1858,756	30632,049	1980,796
2261	0,000	173,672	0,000	5143,684	30632,049	7124,480
2262	0,000	340,697	0,000	9120,079	30632,049	16244,559
2263	0,000	571,311	0,000	13552,414	30632,049	29796,973
2264	0,000	783,930	0,000	15799,770	30632,049	45596,743
2265	0,000	796,047	0,000	15912,506	30632,049	61509,250
2266	0,000	795,204	0,000	15903,789	30632,049	77413,039
2267	0,000	795,175	0,000	15898,368	30632,049	93311,407
2268	0,000	794,662	0,000	15888,111	30632,049	109199,518
2269	0,000	794,149	0,000	15877,881	30632,049	125077,398
2270	0,000	793,639	0,000	15867,704	30632,049	140945,102
2271	0,000	793,131	0,000	15857,580	30632,049	156802,682
2272	0,000	792,627	0,000	15847,510	30632,049	172650,192
2273	0,000	792,124	0,000	15903,061	30632,049	188553,253

2274	0,000	798,182	0,000	7981,817	30632,049	196535,070
2275 a						
2279	0,000	0,000	0,000	0,000	30632,049	196535,070
2280	0,000	0,000	0,000	5932,092	30632,049	202467,162
2281	0,000	593,209	0,000	10452,395	30632,049	212919,557
2282	0,000	452,030	0,000	8485,138	30632,049	221404,696
2283	0,000	396,484	0,000	7926,889	30632,049	229331,584
2284	0,000	396,205	0,000	7918,628	30632,049	237250,212
2285	0,000	395,817	0,000	3955,304	30632,049	241205,516
2286 a						
2287	0,000	0,000	0,000	0,000	30632,049	241205,516
2288	0,000	0,000	0,000	1924,100	30632,049	243129,617
2289	0,000	193,577	190,047	2186,345	30822,096	245315,962
2290	18,807	29,520	2116,505	291,077	32938,600	245607,039
2291	190,168	0,000	5848,234	0,000	38786,834	245607,039
2292	393,534	0,000	9603,816	0,000	48390,650	245607,039
2293	568,429	0,000	11679,690	0,000	60070,340	245607,039
2294	606,445	0,000	11895,092	0,000	71965,431	245607,039
2295	594,633	0,000	11111,131	0,000	83076,562	245607,039
2296	525,627	0,000	10149,419	0,000	93225,982	245607,039
2297	466,016	0,000	8701,225	0,000	101927,207	245607,039
2298	441,893	0,000	8643,844	0,000	110571,052	245607,039
2299	382,187	0,000	6925,215	0,000	117496,266	245607,039
2300	310,334	0,000	5506,574	0,000	123002,841	245607,039
2301	240,323	0,000	3991,727	0,000	126994,568	245607,039
2302	158,850	0,000	2393,718	89,270	129388,286	245696,309
2303	80,522	8,927	1071,108	1218,185	130459,393	246914,493
2304	26,589	112,892	316,883	2874,832	130776,276	249889,326
2305	5,100	184,592	76,265	3348,991	130852,543	253238,317
2306	2,527	150,307	183,759	2180,733	131036,300	255419,049
2307	15,849	67,766	158,489	1524,982	131194,789	256944,032
2308	0,000	84,732	0,000	3600,887	131194,789	260544,918
2309	0,000	275,356	0,000	5446,423	131194,789	265991,342
2310	0,000	269,286	0,000	5325,455	131194,789	271316,796
2311	0,000	263,259	0,000	5213,994	131194,789	276530,790
2312	0,000	258,140	0,000	5129,618	131194,789	281660,409
2313	0,000	254,822	0,000	5081,113	131194,789	286741,522
2314	0,000	253,289	0,000	5079,965	131194,789	291821,487
2315	0,000	254,707	0,000	5149,676	131194,789	296971,163
2316	0,000	260,261	0,000	5302,797	131194,789	302273,960
2317	0,000	270,019	0,000	5541,201	131194,789	307815,161
2318	0,000	284,101	0,000	5867,732	131194,789	313682,893
2319	0,000	302,672	0,000	6274,084	131194,789	319956,977
2320	0,000	324,736	0,000	6649,789	131194,789	326606,766
2321	0,000	340,243	0,000	6102,043	131194,789	332708,809
2322	0,000	265,534	95,661	4117,866	131290,450	336826,676
2323	9,546	147,016	753,658	2376,071	132044,107	339202,747
2324	65,168	92,578	693,445	2129,282	132737,553	341332,029
2325	3,246	123,307	24,863	4401,823	132762,415	345733,852
2326	0,000	296,151	0,000	6429,684	132762,415	352163,536
2327	0,000	349,507	0,000	7106,464	132762,415	359269,999

2328	0,000	364,536	164,332	5967,492	132926,747	365237,491
2329	16,243	238,579	1834,446	3564,360	134761,194	368801,851
2330	163,143	125,147	5359,022	1830,987	140120,215	370632,838
2331	360,631	63,062	8561,657	1198,145	148681,872	371830,984
2332	474,186	60,579	10124,792	1110,178	158806,665	372941,162
2333	511,815	54,132	9870,815	965,018	168677,480	373906,180
2334	451,359	45,711	7506,754	997,203	176184,234	374903,382
2335	204,934	57,591	4375,612	1402,815	180559,846	376306,198
2336	146,397	87,625	1668,338	2126,615	182228,184	378432,813
2337	16,374	123,515	163,316	5753,452	182391,500	384186,265
2338	0,000	445,283	0,000	14685,060	182391,500	398871,325
2339	0,000	1022,787	0,000	24231,065	182391,500	423102,390
2340	0,000	1400,354	0,000	24394,177	182391,500	447496,566
2341	0,000	955,287	0,000	14139,028	182391,500	461635,594
2342	0,000	458,616	1554,312	6325,224	183945,813	467960,818
2343	155,431	173,906	6252,220	1739,063	190198,032	469699,882
2344	469,791	0,000	13234,909	0,000	203432,941	469699,882
2345	853,700	0,000	21272,709	0,000	224705,650	469699,882
2346	1276,596	0,000	29226,502	0,000	253932,152	469699,882
2347	1665,470	0,000	36226,599	0,000	290158,751	469699,882
2348	2005,249	0,000	40686,771	0,000	330845,522	469699,882
2349	2148,053	0,000	41476,642	0,000	372322,164	469699,882
2350	2097,480	0,000	38904,421	0,000	411226,585	469699,882
2351	1888,662	0,000	34514,559	0,000	445741,145	469699,882
2352	1639,348	0,000	29609,232	0,000	475350,376	469699,882
2353	1400,789	0,000	26455,583	0,000	501805,960	469699,882
2354	1178,501	0,000	21364,144	0,000	523170,104	469699,882
2355	941,380	0,000	16751,942	0,000	539922,045	469699,882
2356	727,846	0,000	11075,923	0,000	550997,968	469699,882
2357	489,012	0,000	7804,341	0,000	558802,309	469699,882
2358	174,481	0,000	1744,813	1874,193	560547,122	471574,075
2359	0,000	187,419	0,000	7468,949	560547,122	479043,024
2360	0,000	559,476	0,000	10967,368	560547,122	490010,391
2361	0,000	537,261	0,000	1654,002		
					560.547,122	491.664,393

2361+3,09

FINAL

DIFERENÇA ENTRE CORTE E ATERRO	68.882,728 m³
---------------------------------------	---------------------------------

Dos dados destacados anteriormente, que foram coletados nas referidas tabelas caracterizam que o movimento de terra do traçado proposto apresenta um equilíbrio muito maior entre os volumes de corte e aterro, como pode ser verificado e analisado com o auxílio dos diagramas de Bruckner que constituem a *Figura 4.8*.

A análise comparativa entre os movimentos de terra das duas alternativas, caracteriza que o traçado utilizado na implantação do trecho em estudo, de aproximadamente dois

quilômetros da Rodovia Carvalho Pinto, exigiu um bota-fora, para atender à diferença de cerca de 920.000 m^3 , entre essa alternativa e a nova proposta de traçado, que tivesse área de aproximadamente cinco alqueires paulistas (121.000 m^2) com uma altura média de aterro compactado de 7,6 metros.

Essa diferença gritante exige que sejam feitas algumas estimativas complementares quanto aos custos oriundos da escolha do traçado utilizado e a alternativa de traçado proposto.

Para se desenvolver essa estimativa de custos pesquisaram-se os locais das áreas de bota-fora junto ao trecho em análise e concluiu-se que dada a impossibilidade de execução do bota-fora no próprio local, pela sua magnitude e sobre tudo por localizar-se entre morros, onde a rodovia se desenvolveu através túneis, foi utilizado esse solo excedente, nos aterros do trevo de acesso a Jacareí e do trevo do entroncamento daquela rodovia com a estrada SP-77 que liga Jacareí a Santa Branca.

Diagrama de Bruckner do traçado atual da Rodovia Carvalho Pinto

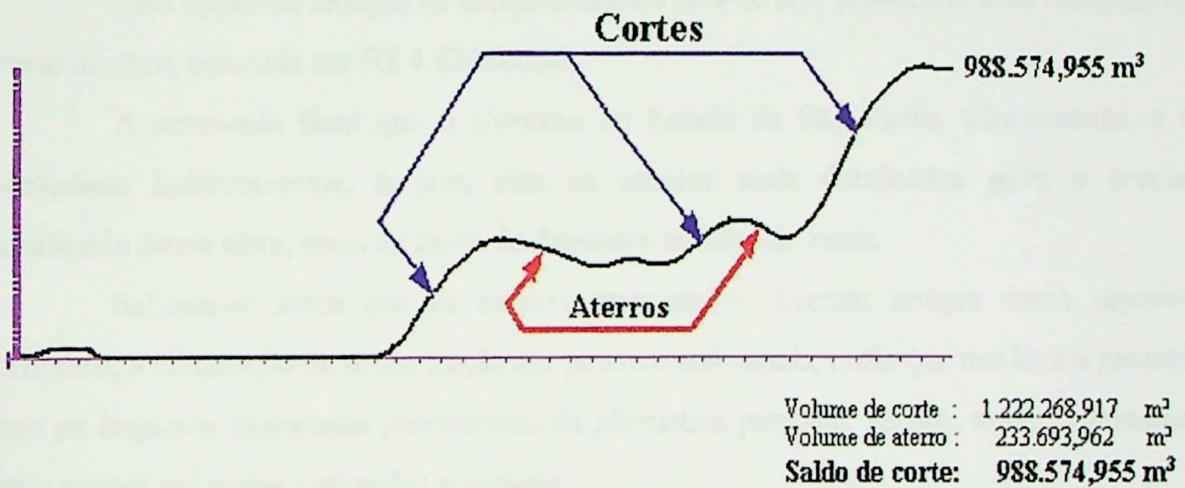


Diagrama de Bruckner do traçado alternativo da Rodovia Carvalho Pinto

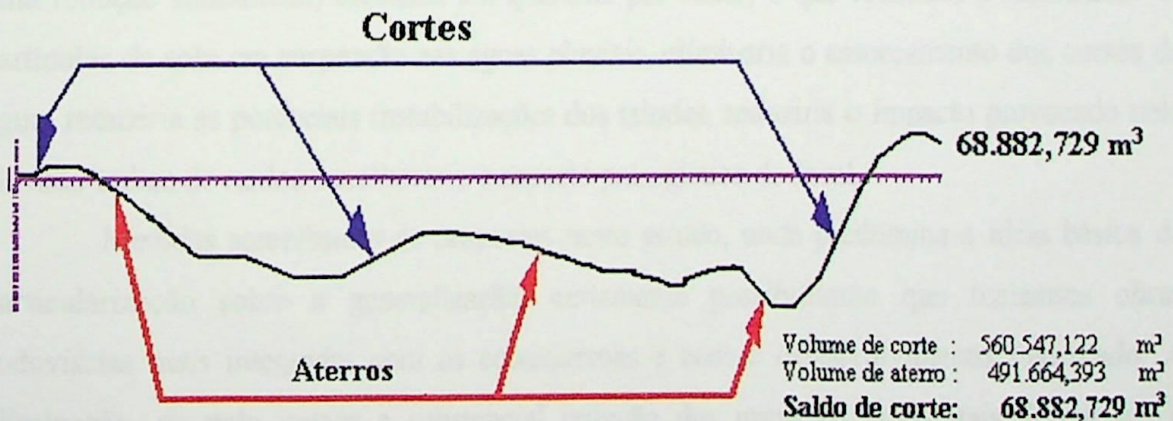


Figura 4.8 – Comparação dos diagramas de Bruckner para o traçado atual e para o traçado alternativo proposto

A distância média do local da escavação, em estudo, até esses dois dispositivos, onde foi utilizado o material excedente dos cortes é de 7 km, logo o custo do transporte dos cerca de 1.290.000 m³ de solo transportado, é, a preços atuais, pelo boletim de preços do DER-SP de cerca de R\$ 7.320.000,00, que acrescido dos preços de execução dos 920.000 m³ de corte e dos respectivos aterros, implicaria em mais R\$ 6.870.000,00; portanto o acréscimo de custo da alternativa utilizada perante a alternativa proposta neste trabalho foi da ordem de 14 milhões de reais.

Além do traçado alternativo outra medida proposta e estudada neste trabalho seria a substituição da ponte de 532 metros por duas pontes menores; uma de 120 metros para transpor o Rio Paraíba do Sul e outra de 40 metros para a travessia sobre a estrada de ferro federal, desativada.

Essa opção de redução do comprimento da obra de arte provocaria uma redução, no custo da obra, estimada em: R\$ 4.820.000,00.

A economia final que o Governo do Estado de São Paulo, diretamente, e a sociedade indiretamente, fariam, com os estudos mais detalhados para o trecho analisado dessa obra, seria de cerca de dezenove milhões de reais.

Saliente-se ainda que os estudos apresentados, tiveram sempre como objetivo primeiro, a eliminação ou minimização dos passivos ambientais, razão que nos leva a garantir que os impactos ambientais provenientes da alternativa proposta, seriam, senão eliminados pelo menos reduzidos a situações aceitáveis.

Dentro deste enfoque, conclui-se que a área de taludes exposta às intempéries teria uma redução substancial, estimada em quarenta por cento, o que reduziria a quantidade de partículas de solo em suspensão nas águas pluviais, eliminaria o assoreamento dos cursos de água, reduziria as potenciais instabilizações dos taludes, reduziria o impacto provocado pelo elevado índice de ruídos e melhoraria o aspecto paisagístico do local.

Medidas semelhantes às propostas neste estudo, onde predomina a idéia básica da particularização sobre a generalização, certamente possibilitarão que tenhamos obras rodoviárias mais integradas com os ecossistemas e com o desenvolvimento sustentado. A eliminação, ou pelo menos a substancial redução dos impactos ambientais definitivos e mesmo os temporários, deve ser perseguida desde o planejamento da obra rodoviária até à sua operacionalização, passando pela fase mais crítica, que é sem dúvida a da construção.

CAPÍTULO V

ANÁLISE DOS DADOS E CONCLUSÃO

5.1. Considerações iniciais

Conforme enfocado neste trabalho, a preocupação ambiental faz parte da vida cotidiana do cidadão, e este, consciente de seus direitos e deveres, deverá exigir das autoridades constituídas, nos mais variáveis escalões do poder, o cumprimento e o aprimoramento da legislação, que tenta coibir qualquer prática degradativa e ameaçadora aos recursos naturais.

O licenciamento ambiental, que se constitui em exigência legal ao desenvolvimento de qualquer empreendimento potencialmente impactante e em particular aos rodoviários, de implantação ou ampliação da capacidade de tráfego das estradas, deverá nortear os responsáveis pelo desenvolvimento desses planos, desde a sua concepção até à sua operacionalização. As exigências dos órgãos responsáveis pelo licenciamento ambiental, não deverão restringir-se à etapa executiva da obra, mas à verificação permanente de todos os impactos, nos meios físico, biótico e antrópico, gerados por qualquer atividade, direta ou indiretamente ligada à rodovia.

A gestão ambiental nos empreendimentos rodoviários, deverá ter em foco a avaliação criteriosa dos impactos ambientais, a recuperação das áreas já degradadas, o monitoramento ambiental, a análise dos riscos ambientais e sobre maneira a investigação e redução dos passivos ambientais.

A avaliação de impactos ambientais, deve identificar os possíveis impactos, direta ou indiretamente ligados à rodovia, prever sua magnitude e avaliar seu grau de importância.

A recuperação das áreas degradadas à margem da rodovia, provenientes da própria obra, como por exemplo áreas de empréstimo (solo retirado) ou áreas de bota-fora (depósitos de solo de má qualidade construtiva ou excedente), ou em função da demanda crescente ocasionada pela construção da rodovia, através de áreas extrativas de materiais, em especial os portos de areia e as pedreiras, deve ser uma das metas da sociedade, pelo elevado grau de risco que as mesmas representam.

A preservação da qualidade da água deve ser uma das metas de todos e o controle da sua poluição um dos objetivos gerais da humanidade. A recuperação das águas servidas, através de tecnologias apropriadas, deve ser implantada e difundida.

O reaproveitamento de resíduos sólidos, líquidos ou voláteis, deverá ser pesquisado e incrementado e nesse aspecto as indústrias ligadas à construção civil, têm grande responsabilidade, sendo que a construção rodoviária deverá pesquisar a utilização de novos produtos provenientes dessa reciclagem; como por exemplo a escória de altos-fornos dos processos siderúrgicos. As áreas de pesquisa neste aspecto, são ricas e imensuráveis e com certeza, trarão soluções, que no futuro venham a contribuir para que se tenham, sistemas ambientais mais equilibrados e potencialmente menos agressivos.

5.2 . – Análise dos dados obtidos no estudo de casos

Os dados obtidos no estudo de casos focado neste trabalho, demonstram claramente a necessidade de detalhamentos pormenorizados de cada trecho da obra rodoviária e que o modelo teórico utilizado, que foi denominado Patologia Ambiental Rodoviária, é uma ferramenta disciplinadora capaz de avaliar detalhadamente cada trecho de obra rodoviária e propor soluções e concepções, de melhor cunho técnico que minimizem a agressão à natureza e eliminem ou deixem passivos ambientais de menor monta a um preço relativamente menor.

5.2.1. – Principais dificuldades para a realização deste trabalho

As dificuldades para o experimento do modelo teórico utilizado no estudo dos casos, foram em grande número, especialmente pela inexistência de dados locais, que permitissem uma análise mais rápida e mais segura das causas e dos efeitos que estavam sendo investigados. A indisponibilidade de recursos financeiros para monitoramento e execução de estudos de campo, foi outro fator que conduziu o trabalho à apresentação de algumas propostas de solução baseada na experiência de especialistas, ao invés de baseadas em modelos teóricos consagrados.

Saliente-se ainda as dificuldades para a obtenção dos projetos junto às empresas e órgãos públicos, ou mesmo junto às empresas empreiteiras e suas contratadas, executoras dos mesmos, que valendo-se de estruturas públicas arcaicas e sem transparência, dificultaram a

obtenção de dados que deveriam fazer parte do acervo, colocado à disposição da sociedade, num regime governamental, dito democrático.

5.2.2. – Pontos relevantes do estudo de casos

Um dos pontos que merece destaque no estudo de casos que foram objeto deste trabalho, é sem sombra de dúvida, a possibilidade da aplicação da metodologia da patologia das estruturas, a um novo ramo da engenharia civil, com um enfoque direcionado para a eliminação ou mitigação dos impactos ambientais, que foi identificada por Patologia Ambiental Rodoviária. A sua adaptabilidade ao enfoque rodoviário, foi perfeita e possibilitou que dentre as soluções propostas, para cada local analisado, a escolha daquela que melhor solucionasse a ocorrência dos impactos ambientais a preços competitivos com as técnicas tradicionais.

Outro aspecto que merece destaque é a potencial utilização de tecnologia de ponta, com programas de informática que deslumbram entre possíveis encaminhamentos de traçados, aquele com maior potencial de redução de movimento de terra, de redução dos passivos ambientais e em especial de redução dos custos da obra pública.

5.2.3. – Análise dos resultados do estudo de casos

Os dois locais que foram objeto do estudo de casos enfocados neste trabalho, foram escolhidos aleatoriamente, entre os vários disponibilizados ao longo da malha rodoviária nacional, com o objetivo específico de torna-los mensuráveis para a análise dos impactos ambientais e dos custos da execução das obras necessárias. Assim, o talude do km 69,2 da Rodovia Fernão Dias, ao ser analisada a sua estabilidade para resolver um problema de passivo ambiental existente no local, foram detectadas e estudadas duas possíveis soluções, cada qual com suas características especiais, ou seja: o retaludamento que criaria grandes impactos ambientais, em função do desmatamento de 20.000 m² de mata atlântica, do corte e transporte de 183.000 m³ de solo e da necessidade de criação de uma área de bota-fora de cerca de 30.000 m², para depósito do material excedente retirado do local; e a execução de obras de contenção, com a construção de um muro de concreto armado, trabalhando a flexão e provido de tirantes ancorados na rocha. Esta segunda opção, não tendo a mesma problemática da primeira, em relação ao movimento de solo, reduziu substancialmente os impactos ambientais provenientes da intervenção. Esta última proposta além da redução substancial dos

impactos ambientais, se constituiu também na alternativa mais econômica e portanto aquela que foi utilizada na proposta de estabilização do referido talude. A utilização da Patologia Ambiental Rodoviária, como metodologia e ferramenta utilizada no diagnóstico das causas e conseqüências que originaram a instabilização, constitui-se na metodologia adequada à minimização dos impactos ambientais, possibilitando o replanejamento da atividade que deu origem a uma nova solução, com redução substancial dos referidos impactos, a um custo significativamente inferior que possibilitou uma economia de R\$. 890.000,00, que representam 38% do custo inicial previsto.

O outro local objeto do estudo, tem aproximadamente 2km de extensão e fica situado entre o km 77 e o km 79 da Rodovia Carvalho Pinto. O estudo levado a efeito neste local objetivou mostrar que uma análise mais detalhada do estudo de traçado, pode levar à redução ou até à eliminação de alguns impactos ambientais, reduzindo substancialmente o movimento de terra e diminuindo a extensão das obras de arte, obtendo-se soluções ambientalmente mais equilibradas e com um custo final significativamente menor. Assim, o traçado utilizado no trecho analisado, teve custo 37% superior na escavação, 1435% superior no transporte do solo excedente e 332% superior na execução das pontes, quando comparado com o traçado alternativo, que foi objeto deste estudo. Esta alternativa proposta, se utilizada por ocasião da construção do referido trecho rodoviário, possibilitaria uma economia aos cofres públicos paulista de cerca de R\$. 19.000.000,00 (dezenove milhões de reais).

5.3 . - Conclusão

O enfoque deste trabalho está direcionado aos passivos ambientais que a construção rodoviária vem impondo à sociedade, alertando-a quanto à sua existência, seus riscos potenciais, suas origens e suas causas, indicando os impactos ambientais constituintes e as alternativas construtivas para a sua eliminação ou minimização.

Sem esquecer o enfoque primordial, objetiva-se também neste trabalho, que o pessoal técnico, responsável pelos empreendimentos rodoviários, possam refletir, quanto aos impactos ambientais, que sua interferência tem, no trato com o meio ambiente, e sobre a maneira como ele pode influir na sua redução. Deseja-se também que o entrosamento e o enfoque dado, pelas equipes pluricurriculares, à avaliação dos impactos ambientais, fuja do enfoque particularizado de cada membro, em função de sua formação acadêmica, para um enfoque muito mais amplo, que objetive o desenvolvimento sustentável para a nossa sociedade contemporânea.

A análise dos dados colhidos nos estudos de casos, refletem claramente a importância que tem a preocupação ambiental na elaboração consciente dos planos para os empreendimentos rodoviários. Assim, ao se tratar dos passivos ambientais deixados pela construção das estradas, dentro do enfoque dado pela Patologia Ambiental Rodoviária, faz-se necessário identificar os motivos causadores dos impactos ambientais permanentes, diagnosticando as primordiais razões de sua ocorrência e propondo soluções para a sua eliminação.

Nestes estudos deixa-se claro, o papel importante que tem o detalhamento construtivo dos projetos rodoviários, para que as várias fases dos empreendimentos não sejam afetadas por inesperadas ocorrências que venham a provocar a queda da qualidade da estrada ou mesmo a exigir investigações técnicas suplementares, que inviabilizem totalmente ou parcialmente, a execução da obra.

As preocupações detalhadas, com os aspectos ambientais, desde a fase de planejamento e concepção permitirão que sejam identificadas as causas e as razões da grande maioria dos problemas causadores de futuras anomalias construtivas, fazendo com que se reduzam substancialmente os casos de passivos ambientais e se consigam custos menores.

A conclusão primordial dos estudos de caso apresentados, reflete claramente que a sociedade, vem desde há longo tempo e continua pagando caro, por obras rodoviárias, mal executadas, mal projetadas e sobre tudo mal planejadas. Destacamos neste aspecto, que a observação e análise do todo não é suficiente, devendo mesmo ser abraçado o detalhe, pois é no detalhamento que é possível atingir o âmago do problema.

Saliente-se ainda que as conclusões a que se chegou nos estudos de casos, devem subsidiar a decisão dos empreendedores rodoviários e especialmente as autoridades públicas, quanto à importância, de um bom planejamento rodoviário, que reflita o aporte técnico e deixe de lado, a política de interesses.

Reflete também a importância do desenvolvimento dos projetos e detalhamentos necessários aos empreendimentos rodoviários, anteriormente à licitação da obra.

Espera-se que a sociedade cobre do pessoal técnico, posturas e condutas dignas, no que tange às interpretações de preceitos legais, como por exemplo o projeto básico necessário às licitações, não ser interpretado, como um mero croqui e exija das autoridades representativas dessa mesma sociedade e dos empresários da construção, condutas alibadas, onde não reine o interesse particular sobre o interesse da coletividade.

Concluí-se que obras rodoviárias, bem planejadas, providas dos respectivos projetos e especialmente dos detalhamentos, executadas com boa tecnologia construtiva e com

preocupação quanto aos impactos ambientais que possa causar, certamente se constituirão em obras de qualidade, que atenderão aos anseios de conforto e segurança dos usuários e serão executadas a um preço justo.

5.4. - Recomendações para futuros trabalhos

Consideramos a gestão ambiental um vasto campo para inúmeros trabalhos que poderão vir a ser desenvolvidos. Neste enfoque, os estudos de impactos ambientais, não dispõem de metodologias precisas e inquestionáveis, como por exemplo para a análise de impactos ambientais relevantes; da mesma forma, a *Patologia Ambiental Rodoviária*, que propusemos, e que até então tem apenas cadastrado anomalias ou passivos ambientais rodoviários, tem analisado casos esporádicos, como os deste trabalho, objetivando nortear uma conduta do pessoal técnico, visando melhores concepções rodoviárias que atendam à demanda de tráfego, ao conforto do usuário e eliminem ou minimizem os impactos ambientais.

Outro aspecto que nos parece merecedor de futuros estudos, é sem dúvida o estudo probabilístico da ocorrência dos principais impactos ambientais rodoviários, com a necessária análise das incertezas de suas ocorrências.

Merece referência como proposta de futuros estudos, a execução de análises comparativas entre os custos rodoviários praticados no Brasil e os custos internacionais para os mesmos serviços, bem como o desenvolvimento de apropriações e de novas tecnologias apropriadas que permitam a análise dos preços unitários praticados nas atividades da engenharia civil rodoviária.

APÊNDICE 1

PASSIVOS AMBIENTAIS

1 – Introdução

Apresentam-se neste anexo alguns passivos ambientais rodoviários que ilustram a razão do desenvolvimento deste trabalho. A apresentação será feita por registros fotográficos, obtidos no decorrer do segundo semestre de 1998 e o ano de 1999, junto à malha rodoviária do Estado de São Paulo e caracterizam-se por uma pequena amostra, onde o objetivo não era registrar a quantidade e sim a diversidade de anomalias que deram origem aos mesmos. Este anexo, além de apresentar os referidos passivos, registra também as principais causas que deram origem aos mesmos e algumas propostas para a sua eliminação.

2 – Passivos ambientais cadastrados

Na *Figura 1* foi registrado o passivo ambiental causado pelo desmatamento da mata atlântica por ocasião da abertura da segunda pista da Rodovia Fernão Dias (BR – 381).



Figura 1 – Registro do passivo ambiental provocado pela implantação da segunda pista da duplicação da Rodovia Fernão Dias na serra da Cantareira no Município de Guarulhos – SP

Observa-se também que além do passivo ambiental provocado pelo desmatamento, outro de não menor importância ocorre no local, em virtude do carreamento das partículas sólidas que as precipitações pluviométricas ocasionam.

O problema ambiental detectado, que foi ocasionado pela obra rodoviária, poderia ser minimizado mediante algumas medidas de preservação do meio ambiente que destacamos:

- Construção de caixas de decantação para evitar que o material carreado pelas chuvas não provoque assoreamentos nem prejudique a qualidade das águas da região;
- Execução da obra em época de baixos índices pluviométricos e de forma contínua para minimizar os impactos ambientais oriundos da paralisação;
- Estudos mais detalhados das alternativas de traçado objetivando encontrar uma região que não atravessa-se mata atlântica tão densa ou que a nova pista fosse executada sobre viadutos de forma a preservar a mata atlântica primária.

Na **Figura 2** foi registrado outro passivo ambiental deixado pela mesma obra de duplicação da Rodovia Fernão Dias, que se caracteriza pela elevada erosão deixada pelas

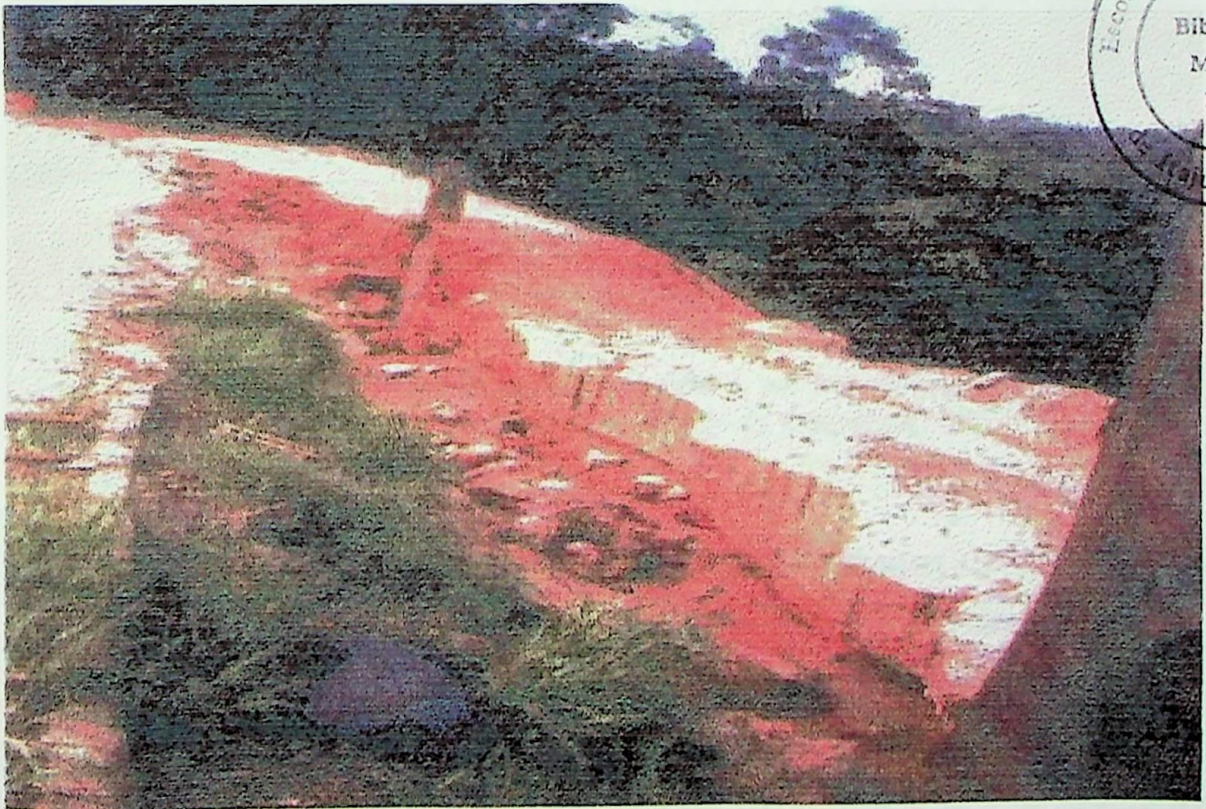


Figura 2 – Registro do passivo ambiental provocado pela paralisação das obras de duplicação da Rodovia Fernão Dias no município de Mairiporã - SP

chuvas, durante a paralisação das obras de duplicação da Rodovia Fernão Dias.

Este problema ambiental ocasionado pela obra rodoviária poderia ter sido minimizado com a construção de caixas de decantação, para reterem as partículas sólidas do solo transportado pela chuva; com a utilização de solo mais coesivo para a execução dos acostamentos da citada rodovia; e ainda com a escolha da época oportuna e da não paralisação do empreendimento.

Na **Figura 3** foi registrado outro passivo ambiental, provocado pelo mau uso da Rodovia Fernão Dias, que o seu bloqueio deveria ter impedido.



Figura 3 – Registro de impacto ambiental, por uso inadequado da Rodovia Fernão Dias no município de Guarulhos - SP

Esse impacto proveniente de queima de material inflamável sobre o caminhão, que viajava na Rodovia Fernão Dias poderia ter sido evitado, se a obra de duplicação da referida rodovia não estivesse paralisada e tivessem sido feitas as barreiras intransponíveis que tornariam a rodovia bloqueada para o tráfego local urbano. Saliente-se ainda que a falta de fiscalização adequada na rodovia, que estava em operação, e a falta de sinalização necessária, possibilitaram a ocorrência do impacto, cujo passivo ambiental é de difícil mensuração e observação.

Na **Figura 4** foi registrado o passivo ambiental ocasionado pela construção da ponte sobre o Rio Paraíba do Sul na Rodovia Carvalho Pinto, onde os habitantes da zona rural estão submetidos a impactos ambientais permanentes e definitivos, provocados pelos elevados ruídos e pela degradação da paisagem visual. Acrescente-se ainda que os impactos ambientais, que deveriam ser eliminados pela construção dos túneis, não o foram em grande parte, uma vez que a estrada de serviço que serpenteia o morro foi implantada e pavimentada, tendo portanto ocasionado a maioria dos impactos ambientais previstos.



Figura 4 – Registro aéreo do passivo ambiental deixado pela construção da Rodovia Carvalho Pinto no Município de Jacareí – SP

Este passivo ambiental poderia ter sido eliminado ou pelo menos minimizado com a construção de obras de arte menores, num nível ligeiramente mais baixo. A construção dos túneis é pelo menos questionável quanto ao seu objetivo maior, que seria a eliminação dos impactos ambientais causados pela construção e pavimentação da rodovia. Outra proposta que merece ser focalizada seria a viabilidade de se procurarem traçados alternativos que eliminassem os impactos ambientais que deram origem a execução dos aludidos túneis.

Nas *Figuras 5 e 6* foi registrado outro passivo ambiental que teve origem com a construção da Rodovia Carvalho Pinto e que reflete o estado deplorável em que se encontra uma das áreas de empréstimo daquela rodovia. Esse passivo ambiental caracteriza-se pela elevada erosão, que provoca assoreamentos múltiplos sobre os afloramentos de água do local e sobre o córrego que se forma na área.



Figura 5 – Registro do passivo ambiental na área de empréstimo da Rodovia Carvalho Pinto no município de Guararema - SP

A minimização dos impactos ambientais que provocaram esse passivo deveria ter sido obtida com a construção das seguintes obras:

- Execução da drenagem superficial sobre todo o platô do corte;
- construção de escadas de decipação da velocidade das águas;
- retaludamento do trecho em desnível;
- revestimento vegetal em toda a área de empréstimo;
- direcionamento das águas pluviais até ao córrego.
- construção de escadas de decipação da velocidade das águas;
- retaludamento do trecho em desnível;
- revestimento vegetal em toda a área de empréstimo;
- escadas de decipação da velocidade e direcionamento das águas até ao córrego

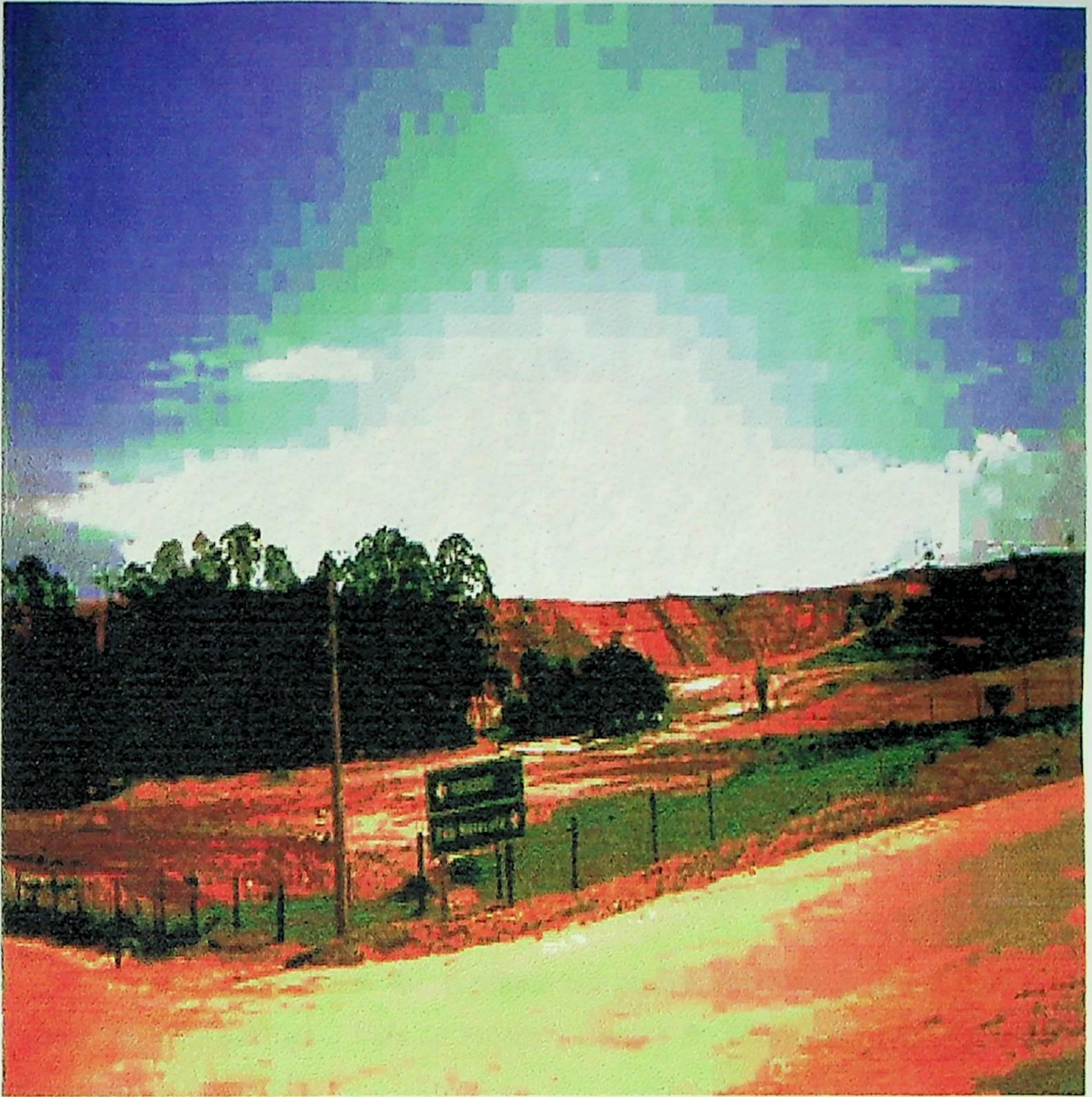


Figura 6 – Registro da vista geral do passivo ambiental na área de empréstimo da Rodovia Carvalho Pinto no município de Guararema - SP

Na **Figura 7** foi registrado um passivo ambiental localizado na estrada velha São Paulo – Rio de Janeiro, em Guararema, que é caracterizado pela ação erosiva das águas sobre o talude. O talude é constituído de solo areno – siltiloso, sem coesão entre as suas partículas o que faz com que a ação das águas pluviais provoque a formação de verdadeiras voçorocas e transporte as partículas de solo para sobre a pista e para os córregos a jusante do local.

A solução que se propõe para o local é uma obra de contenção executada em gabiões; com troca parcial de solo e revestimento vegetal; acrescida de canaletas para drenagem, de escadas de decapação e de depósito de decantação das partículas sólidas eventualmente transportadas pelas águas das chuvas.



Figura 7 – Registro de passivo ambiental na estrada velha São Paulo – Rio de Janeiro (SP- 66) no município de Guararema - SP

Nas *Figuras 8 e 9* foi registrado um passivo ambiental de grande monta, na rodovia SP –123 que liga o Vale do Paraíba a Campos de Jordão, na região da Serra da Mantiqueira.

Esse passivo reflete a ação erosiva das águas pluviais que descem as encostas da Serra da Mantiqueira com grande velocidade e que acabam instabilizando as mesmas. Esse fator é agravado pela impermeabilização da pista e pela ausência de redutores da velocidade da água. Os solos granulares ou mesmo matacões são carregados com a fúria da água pondo em perigo os usuários da rodovia ou mesmo os habitantes locais.

Para minimizar os efeitos devastadores das águas pluviais nessa encosta em particular e nas demais encostas em geral, fazem-se necessárias obras de direcionamento e sobre tudo escadas de decipação da velocidade, bem como depósitos de decantação e controladores de vazão.

O revestimento vegetal imediato das áreas degradadas é medida salutar e importante para minimizar os impactos ambientais que essas intemperes provocam. Esse revestimento vegetal deverá ser executado com vegetação de médio e grande porte, afim de que suas raízes ajudem na estabilização dessas encostas.



Figura 8 – Registro do passivo ambiental na rodovia SP – 123 que liga Quiririm a Campos do Jordão, no trecho da Serra da Mantiqueira no município de Pindamonhangaba – SP



Figura 9 – Registro do passivo ambiental na rodovia SP – 123 que liga Quiririm a Campos do Jordão, no trecho da Serra da Mantiqueira no município de Pindamonhangaba – SP

Na **Figura 10** foi registrado um passivo ambiental de instabilização de encosta no km 46,3 da rodovia SP-88 (Rodovia Mogi – Dutra) em Mogi das Cruzes, provocado por percolação profunda das águas pluviais. Essa instabilização deveu-se à insuficiência de drenagem superficial e profunda, à inexistência de obras de decipação da velocidade das águas pluviais, à falta de direcionamento das águas até ao leito do córrego a jusante e sobretudo por falta de manutenção da rodovia. As medidas corretivas exigiram a construção de um muro de contenção atirantado, o retaludamento do restante da encosta, a construção de escadas hidráulicas, a execução de revestimento vegetal e a reconstituição e ampliação das drenagens superficial e profunda.



**Figura 10 – Registro do passivo ambiental na rodovia SP – 88, km 46,3
Na Serra do Itapeti em Mogi das Cruzes – SP**

Na **Figura 11**, foi registrado um passivo ambiental na rodovia SP – 70 (Rodovia Carvalho Pinto) junto ao trevo de acesso a Caçapava, motivado pela inexistência ou insuficiência de drenagem profunda e por inclinação inadequada do talude, em função do tipo de solo local. Para a solução do escorregamento verificado nesse local são necessárias obras de remoção do solo, execução de drenos profundos, retaludamento e revestimento vegetal por gramíneas.



Figura 11 – Registro fotográfico do passivo ambiental na Rodovia Carvalho Pinto junto ao acesso ao município de Caçapava – SP

Na *Figura 12* caracteriza-se um passivo ambiental que teve origem há mais de vinte anos, quando da construção da Rodovia Ayrton Senna e demonstra o descaso reinante à época com os impactos ambientais, oriundos de uma área de bota – fora localizada à margem da referida rodovia, junto à praça de pedágio, em Guararema.

A falta de conformação do relevo do local e o lançamento sem critério do solo inservível excedente da construção da rodovia, faz com que os amontoados de solo se instabilizem, desmoronando e possibilitando que suas partículas sejam carreadas pelas águas das chuvas, provocando assoreamentos de nascentes e do córrego existente no local.

As obras que possibilitam a melhoria local caracterizam-se por obras de terraplanagem com o objetivo da reconformação do relevo ali existente, a execução de algumas drenagens superficiais, a execução de uma caixa de sedimentação e o revestimento superficial com gramíneas.



Figura 12 – Registro fotográfico de passivo ambiental em área de bota – fora localizada junto à praça do pedágio da Rodovia Ayrton Senna em Guararema – SP

Na *Figura 13* está registrado o passivo ambiental proveniente da extração de areia, na margem da Rodovia Carvalho Pinto, na altura do seu km 75, em Jacareí.



Figura 13 – Registro fotográfico do passivo ambiental causado por um porto de areia no km 75 da Rodovia Carvalho Pinto em Jacareí – SP

Este passivo apesar de não ter sua origem na obra de construção da rodovia, foi a sua construção que indiretamente o ocasionou, em virtude de atrair para as suas margens o empreendimento que o motivou. Este tipo de empreendimento e outros, como por exemplo a implantação de loteamentos, quer sejam residenciais ou mesmo industriais, acabam acarretando passivos ambientais significativos à margem de várias rodovias.

Não havendo como os órgãos rodoviários impedir, que empreendedores inescrupulosos, venham a provocar danos ao meio ambiente, faz-se necessário que os Municípios, os Estados e a União, revejam suas legislações para coibir a ação devassa desses empreendimentos, e tenham em conjunto com a sociedade a responsabilidade de fiscalizar, manter e preservar o meio ambiente para as futuras gerações.

- BRASIL. Grupo Executivo de Estudos e Planejamento Rodoviário. Diretoria de Engenharia Rodoviária. 1976.
- DNPR. Normas de projeto executivo das obras de drenagem e saneamento das rodovias federais. Diretoria de Engenharia Rodoviária. 1976.
- DNPR. Manual técnico de construção, planejamento e controle ambiental. Diretoria de Engenharia Rodoviária. 1976.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES-GEPLAN. Anuário Estatístico dos Transportes. Brasília, 1978.
- FORMASARI, F.Z. - Normas de projeto executivo das obras de drenagem. São Paulo, IPT, 1972.
- GALVES, Maria Lídia. Condicionantes Geométricas em Projetos de Rodovias. Tese de doutorado. São Paulo, USP, 1975.
- HELENE, Paulo. Manual para Projeto, Redução e Projeto de Estradas de Concreto. São Paulo, IPT, 1972.
- LEGISLAÇÃO AMBIENTAL. Decreto nº 79274. Brasília, DO UNIÃO, 1968.
- LEGISLAÇÃO AMBIENTAL. Lei nº 6031. Brasília, DO UNIÃO, 1968.
- LEGISLAÇÃO AMBIENTAL. Lei nº 6035. Brasília, DO UNIÃO, 1968.
- MARTINS, Nelson Franco. Impacto Rodoviário - Ambiente das Interseções Urbanas Rodoviárias. Dissertação de mestrado. São Paulo, USP, 1976.
- MELIANK, J.L. - A comprehensive highway noise reduction method. Highway Research Record n. 246, p. 1-15, 1968.
- NATIONAL ENVIRONMENTAL BOARD-NEB. Manual of Noise Guidelines for Preparation of environmental impact evaluation. Wash. DC, 1975.
- NORONHA, Carlos Henrique Lima de. Planejamento Ambiental. Workshop Planejamento Ambiental de Programa de Capacitação Técnica em Avaliação Ambiental de Empreendimentos Rodoviários. Tese de Mestrado. USP, 1974.
- OLIVEIRA, Heil Alves de. Legislação Ambiental Aplicada em Empreendimentos Rodoviários. Workshop Planejamento Ambiental. Tese de Mestrado. USP, 1974.
- PREISSLER, Franco Simeão. Desenvolvimento e Implantação de sistemas de Gestão Rodoviária. 1º Simpósio de Gestão Rodoviária. Anais. São Paulo, ANEP, 1974, p. 43-54.
- SÁNCHEZ, Luis Enrique. Avaliação de Impacto Ambiental. Situação Atual e Perspectivas. Simpósio Avaliação de Impacto Ambiental. Situação Atual e Perspectivas. São Paulo, EPUSP, 1973.
- SENCO. Whistler de Planejamento. São Paulo, Gráfica Politécnica-GRAP, 1969.
- SENCO. Whistler de Estudos de Tráfego. São Paulo, Gráfica Politécnica-GRAP, 1969.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT, Degradação do solo - terminologia , Norma NBR 10703, 1989.
- BISSET, R., Introduction to EIA Methods, Apostila de curso de aperfeiçoamento, São Paulo, USP, 1985.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, Resolução CONAMA n° 001, Brasília, 1986.
- DNER. Manual para ordenamento do uso do solo nas faixas de domínio e lindeiras das rodovias federais. Diretoria de Engenharia Rodoviária. 1996.
- DNER. Corpo normativo ambiental para empreendimentos rodoviários. Diretoria de Engenharia Rodoviária. 1996.
- DNER. Instruções de proteção ambiental nas faixas de domínio e lindeiras das rodovias federais. Diretoria de Engenharia Rodoviária. 1996.
- DNER. Manual rodoviário de conservação, monitoramento e controle ambiental. Diretoria de Engenharia Rodoviária. 1996.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES-GEIPOT, Anuário Estatístico dos Transportes, Brasília, 1998.
- FORMASARI, F..N. Alterações do meio físico decorrente das obras de engenharia. São Paulo, IPT, boletim 61, 1992.
- GALVES, Maria Lúcia, Condicionantes Geotécnicos no Traçado de Rodovias, Tese de doutorado, São Paulo, USP, 1995.
- HELENE, Paulo, Manual para Reparos, Reforços e Proteção de Estruturas de Concreto, São Paulo, IPT, 1992.
- LEGISLAÇÃO AMBIENTAL, Decreto n° 99274, Brasília, DO UNIÃO, 1990.
- LEGISLAÇÃO AMBIENTAL, Lei n° 6938, Brasília, DO UNIÃO, 1981.
- LEGISLAÇÃO AMBIENTAL, Lei n° 9605, Brasília, DO UNIÃO, 1998.
- MARTINS, Nilson Franco, Interação Rodovia - Ambiente nas Interfaces Urbano - Rodoviárias, Dissertação de mestrado, São Paulo, USP, 1998.
- McHARG, J.L., A comprehensive highway route selection method. Highway Research Record n. 246, p. 1-15, 1968.
- NATIONAL ENVIRONMENTAL BOARD-NEB, Manual of NEB: Guidelines for Preparation of environmental impact evaluations, Washington, 1979.
- NORONHA, Carlos Henrique Lima de, Planejamento Ambiental, Workshop: Planejamento Ambiental do Programa de Capacitação Técnica na Avaliação Ambiental de Empreendimentos Rodoviários, Taubaté, DER-SP, 1998.
- OLIVEIRA, Heli Alves de, Legislação Ambiental Aplicada em Empreendimento Rodoviário, Workshop: Planejamento Ambiental, Taubaté, DER-SP, 1998.
- PREUSSLER, Ernesto Simões, Desenvolvimento e Implantação de Sistemas de Gerência Rodoviária, 1° Simpósio de Obras Rodoviárias, Anais, São Paulo, ABGE, 1998, p. 03-14.
- SÁNCHEZ, Luis Enrique, Avaliação de Impacto Ambiental: Situação Atual e Perspectivas. Simpósio Avaliação de Impacto Ambiental: Situação Atual e Perspectivas, São Paulo, EPUSP, 1993.
- SENÇO, Wlastermiler de, Terraplenagem, São Paulo, Grêmio Politécnico-DLP, 1980.
- SENÇO, Wlastermiler de. Estradas de Rodagem: Projeto. São Paulo: Grêmio Politécnico - DLP, 1980.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- ABITANTE, M Edgar, DIAS, Regina Davison, TRICHES, Glicélio, Cartografia Geotécnica e a Engenharia Rodoviária, 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, Florianópolis, 1998.
- AGUIAR, Renê Levy e GANDOLFI, Nilson, Zoneamento Geotécnico Geral e sua Inserção no Processo de Gestão Ambiental, 3º. Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, Anais. Florianópolis, 1998.
- AL-MASAEID, Hashem R., SINHA, Kumares C. and KUCZEK, Thomas, Evaluation of Safety Impact of Highway Projects, Transportation Research Record nº 1401, Washington, 1993, p. 9-16.
- ALMEIDA, Luciana Togeiro de. Política Ambiental: Uma Análise Econômica. São Paulo: UNESP, 1998.
- ALVES, Maria da Glória e BARROSO, Josué Alves, Técnicas de geoprocessamento aplicadas ao diagnóstico de impactos ambientais e ao uso e ocupação do solo, 9º. Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Anais, São Pedro – SP, 1999.
- AUGUSTO FILHO, Oswaldo e VIRGILI, José Carlos, Estabilidade de Taludes, Geologia de Engenharia, São Paulo, ABGE, 1998, p. 243-269.
- BACKER, Paul de. Gestão Ambiental: A Administração Verde. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1995.
- BAPTISTA, Milton Pizante e VIEIRA, Ana Maria, Elaboração do RAP e do EIA/RIMA, Workshop: Planejamento Ambiental, Taubaté, DER-SP, 1998.
- BELLIA, Vitor, BIDONE, Edson D., Rodovias, Recursos Naturais e Meio Ambiente. WorkShop. DER-SP. Florianópolis, 1992.
- BELLIA, Vitor, Introdução à Economia do Meio Ambiente (Notas de Aula), 1992.
- BITAR, Omar Yazbek, Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente, São Paulo, ABGE-IPT, 1995.
- BITAR, Omar Yazbek, e outros, Indicadores Geológico-Geotécnicos na Recuperação Ambiental de Áreas Degradadas em Regiões Urbanas, 7º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Anais. p. 177-183.
- BITAR, Omar Yazbek, Gestão Ambiental, Geologia de Engenharia, São Paulo, ABGE, 1998, p.499-508.
- BITAR, Omar Yazbek, e outros, O meio físico em estudos de impactos ambientais, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. IPT no.1823, São Paulo, 1990.
- BOLEA, M. Teresa Estevan. Evaluacion del Impacto Ambiental. 2. Ed. Madrid: Fundación Mapfre, 1989.
- BRAGA, João Batista Silva e SANTOS, Márcio Costa F.Vaz dos, Meio Ambiente e Rodovias, Workshop: Meio Ambiente, Terezina, DER-PI e IPC, 1996.
- BRANCO, Samuel Murgel e ROCHA, Aristides Almeida, Elementos de Ciências do Ambiente. 2 Ed. São Paulo: CETESB, 1987.
- BRUNET, Normand. Écosystème urbain et flux d'information, Thèse du doctorat en sciences de l'environnement, Université du Québec. Montréal, 1995.
- BUSSAMRA, Hélio Rubens Vieira, Estabilização Química de Solos, Realidade de um Novo Conceito em Pavimentação, I Simpósio Internacional de Pavimentação de Rodovias de Baixo Volume de Tráfego, Rio de Janeiro, FISTEC, 1997.
- CALDERON, Enrique G., Impacto de las Carreteras sobre los Habitats Humanos: Su Evaluación y Corrección. Simposio sobre Impacto Ambiental de las Carreteras. Anais. San Sebastián, 1988, p. 319-327.

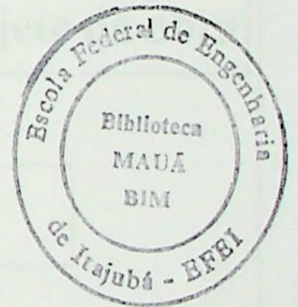
- CAMPOS, Vicente Falconi. TQC: Gerenciamento da Rotina do Trabalho do dia-a-dia, 2. Ed. Belo Horizonte. Editora Littera Maciel Ltda, Fundação Christiano Ottoni, 1994.
- CAMPOS, Vicente Falconi. TQC: Controle da Qualidade Total. 6. Ed. Rio de Janeiro: Fundação Christiano Ottoni, 1995.
- CANOSSA, Jorge, SALOMÃO, Teresa. A Certificação de Sistemas de Gestão do Ambiente, ISO 14000, Revista, ABNT.
- CARVALHO, Pedro Alexandre Sawaya de, Taludes de Rodovias: Orientação para Diagnóstico e Soluções de seus Problemas, São Paulo, IPT/DER, 1991.
- CASTRO, B. V. J. Bases para a formulação de estratégias de integração, Fundação do Desenvolvimento Administrativo – FUNDAP e Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, Gestão integrada dos recursos ambientais, hídricos e sanitários. Seminário Técnico. São Paulo, 1991.
- CELLA, Paulo Roberto Costa, Alternativas de Projeto de Transposição Viária Subterrânea de Regiões Serranas. 1º Simpósio de Obras Rodoviárias. Anais. São Paulo, 1998, p. 119-131.
- CERRI, L. E. S. Risco geológico: uma nova área de atuação da geologia de engenharia no Brasil, 6º. Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Anais. Salvador, 1990, p.319-325.
- CETESB. Legislação Federal – Controle da poluição ambiental. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Secretaria de Meio Ambiente. Documentos. São Paulo, 1992a.
- CETESB. Legislação Estadual – Controle da poluição ambiental – Estado de São Paulo. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Secretaria de Meio Ambiente. Documentos. São Paulo, 1992c.
- CHAVES, Francisco José Moreira, Abordagem para uma Análise Crítica Preparatória que Antecede à Implantação de Sistemas de Gestão Ambiental. Dissertação de mestrado, Itajubá, EFEI, 1996.
- CHIAVENATO, J. J. O massacre da natureza. 7ª. edição, Editora Moderna, São Paulo, 1989.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, Resolução nº 237, Brasília, DO UNIÃO, 1997.
- CROSBY, P.B., Qualidade é investimento, Editora José Olímpio, Rio de Janeiro, 1988.
- CUNHA, Márcio Angelieri, Aspectos a serem considerados na metodologia para a identificação de jazidas e bota – foras em projetos de estradas, 9º. Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Anais. São Pedro – SP, 1999
- DI CASTRI, F. Rio 92 et le développement durable: le point de vue d'un biologiste, Colloque Écho de Rio. Rimouski, 1993.
- DNER. Estudos de Impacto Ambiental da Duplicação da Rodovia BR-381-Fernão Dias. Tomos I, II, III, IV, V e VI. 1993.
- DNER. Guia Operacional de Segurança Ocupacional, Brasília, 1996.
- DNER/DER. Relatório gerencial da duplicação da rodovia BR.381-Fernão Dias.1993.
- EHRlich, Maurício and MITCHELL, James K. Working Stress Design Method for Reinforced Soil Walls, 1ª Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, Rio de Janeiro, 1992.
- FARINACCIO Alessandro e CERRI, Leandro Eugenio Silva, Contribuição da Geologia de Engenharia na Implantação de Sistemas de Gestão Ambiental, 9º. Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Anais. São Pedro – SP, 1999.
- FERNANDES, Carlos Eduardo de Moraes e SOUZA, José Luiz Couto de, Justificativa para o predomínio de roturas do tipo conchoidal sobre o tipo cilíndrico, nos colapsos em taludes de terraplenos, 9º. Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Anais. São Pedro – SP, 1999.
- FONSECA, Marcos Abreu, Aspectos Ambientais na Fase de Operação da Rodovia, Workshop: Planejamento Ambiental, Taubaté, DER/SP, 1998.

- GALVES, Maria Lúcia, Estudos de Impactos Ambientais e Escolha do Traçado de Rodovias, revista Construção, n. 2318, São Paulo, PINI, 1992, p. 23-25.
- GALVES, Maria Lúcia, Estudos de Traçados Integrado ao Meio Ambiente, Workshop: Planejamento Ambiental do Programa de Capacitação Técnica na Avaliação Ambiental de Empreendimentos Rodoviários, Taubaté, DER/SP, 1998.
- GALVES, Maria Lúcia, Highway Route Selection Through the Interaction Between the Environmental Impact Assessment and the Design in: Congress of the International Association of Engineering Geology, 7, Anais, Lisboa, 1994, p. 2609-2612.
- GOMEZ, Montserrat; RODRIGUEZ, Victor M.; RODRIGUEZ, Ana e CHUVIECO, José; CHUVIECO, Emílio. Diseño de carreteras mediante un sistema de información geográfica: Costes de Construcción y costes ambientales. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y medio ambiente. Revista Ciudad y Territorio: Estudios Territoriales, n.104, Espana, 1995.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Proposta de Zoneamento Ambiental, Áreas de Proteção Ambiental do Estado de São Paulo – APAs. Coordenadoria de Planejamento Ambiental, Secretaria de Meio Ambiente. São Paulo, 1992c.
- GRAY, Donald H. and SOTIR, Robbin B., Biotechnical Stabilization of Steepened Slopes, Transportation Research Record n° 1474, Washington, 1995, p. 23-29.
- GREEN, Richard and HOLTON, Peter, A35 Slip Stabilisation, Highways and Transportation, n° 4, vol. 43, England, 1996, p.15-17.
- HERBSMAN, Zohar J., CHEN, Wei Tong and EPSTEIN, William C., Time is Money: Innovative Contracting Methods in Highway Construction, Journal of Construction Engineering and Management, n° 3, vol. 121, 1995.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. Tecnologia, Ambiente e Desenvolvimento. IPT no. 1974, São Paulo, 1992a.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. Estradas vicinais de terra – Manual técnico para conservação e recuperação, 2ª. edição. São Paulo, 1988.
- ISO - de Gestão Ambiental. Revista CQ-Qualidade, 1996.
- ISO.14000. Gerenciamento Ambiental, 1994.
- JORGE, Francisco N. e MARQUES, Marcos Antonio M., Cuidados ambientais no planejamento e execução de bota – fora de obras viárias, 9º. Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Anais. São Pedro – SP, 1999.
- KERTZMAN, Fernando F., AKIOSSI, Adriano e GOMES, Felício C.C., Projeto e Recuperação de Área Degradada pela Exploração de Solo Utilizado em Obras de Duplicação da Rodovia Fernão Dias (BR-381), 6º Simpósio Nacional de Controle de Erosão, São Paulo, 1998.
- LABEGALINI, José A.. Levantamento dos impactos das atividades antrópicas em regiões cársticas - Estudo de caso: Proposta de mínimo impacto para implantação de infraestrutura turística na gruta do Lago Azul, Bonito-MS. Dissertação de mestrado, EE São Carlos. 1996.
- LEAL, J. A gestão do meio ambiente na América Latina: problemas e possibilidades. Fundação do Desenvolvimento Administrativo. Ano 9 n°. 16. São Paulo, 1989.
- LIANG, Wei Lien, KYTE, Michael, KITCHENER, Fred and SHANNON, Patrick, Effect of Environmental Factors on Driver Speed, Transportation Research Record n° 1635, Washington, 1998, p. 155-161.
- LIAUSU, Phillip and JURAN, Ilan, Texsol: Material Properties and Engineering Performance, Transportation Research Record n° 1474, Washington, 1995, p. 3-12.
- LIPORACI, Silvana Ribeiro, ZUQUETE, Lazaro V. e SOUZA, Marcelo Pereira, Carta de potencial de escoamento superficial – Metodologia de obtenção e suas aplicações em

- estudos visando planejamento ambiental, 9º. Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Anais. São Pedro – SP, 1999.
- LIU, X., Scarpas A., BLAAUWENDRAAD, J. and GENSKE, D.D., Geogrid Reinforcing of Recycled Aggregate Materials for Road Construction. Transportation Research Record n° 1611, Washington, 1998, p. 78-85.
- LOLLO, José Augusto de, ZUQUETTE, Lazaro V. Uso de Redes Neurais Artificiais para Identificação Preliminar de Unidades do Meio Físico, 3º. Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, Anais. Florianópolis, 1998
- LOPES, José Antônio Urroz, Condicionantes Geológico-Geotécnicas em Projetos Rodoviários. 1º Simpósio de Obras Rodoviárias. Anais. São Paulo, 1998, p. 103-117.
- LUZ, Paulo Afonso C. , PIMENTA, João Augusto de M., Gerenciamento Geotécnico de Taludes e Fundações. 1º Simpósio de Obras Rodoviárias. Anais. São Paulo, 1998, p. 29-38.
- MACIEL FILHO, Carlos L., BRESSANI, Luiz Antônio e FIGUERÔ, João Eduardo, Mapeamento Geotécnico da RS-486, Rota do Sol, no Rio Grande do Sul, 3º. Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, Anais. Florianópolis, 1998.
- MAGLIO, I.C. Análise ambiental: uma visão multidisciplinar, Editora da Universidade Estadual Paulista – FAPESP, São Paulo, 1991.
- MARQUES, Marcos Antônio M., ROSA, Celina F.Bragança, OPEDEBEECK, Lúcia Carmen C. e TEIXEIRA, Marisa Manfrinato, O Licenciamento Ambiental de Empreendimentos Rodoviários na Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. 1º Simpósio de Obras Rodoviárias. Anais. São Paulo, 1998, p. 193-202.
- McHARG, I. Design with Nature, Natural History Press. New York, 1969.
- MEDINA, Jacques de, Um engenheiro geotécnico face à geologia, 9º. Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Anais. São Pedro – SP, 1999.
- MOTTA, José Paes Leme da, LIMA, Mônica Porto e MACHADO, Nancy Medeiros. Rodovia e Meio Ambiente: RJ-165 (Rodovia Paraty-RJ Cunha-SP), Revista Transportes. n° 1, ANPET, 1993, p. 50-64.
- MOYA, Carlos A., Ambiente. Revista ,Rodoviarismo n.47 (Associação Rodoviária do Brasil). 1994.
- MUKAI, T. Direito ambiental sistematizado, Forense Universitária. Rio de Janeiro, 1992.
- MUNFAKH, George A., Contracting for Mechanically Stabilized Backfill Walls, Transportation Research Record n° 1474, Washington, 1995, p. 46-52.
- NEPAL. Environmentally friendly highway engineering in Nepal. Periódico, Highways & Transportation, v.43, n.10, England, 1996.
- NORDFELT, Charles R., Estabilización de Laderas Por Medio de Pozos, The Highway (Revista de Carreteras), n° 6, Middletown, 1956, p. 2-5.
- OLIVEIRA, Heli Alves de, Legislação Ambiental, Workshop: Planejamento Ambiental do Programa de Capacitação Técnica na Avaliação Ambiental de Empreendimentos Rodoviários, Taubaté, DER-SP, 1998.
- ODUM., Eugene P., Ecologia, Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Koogan, 1988.
- OLIVEIRA, Luis Artur K. de, GEHLING, Wai Ying Yuk e SCHNAID, Fernando, Aspectos geológicos e geotécnicos da estabilidade de um talude em solo residual de granito, 9º. Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Anais. São Pedro – SP, 1999.
- PAULINO, Luiz Antônio e SANTOS, Glaci Trevisan, A Utilização de Fotografias Aéreas no Mapeamento Geotécnico em Grandes Escalas, 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. Florianópolis, 1998.
- PITTA, Renan Azzi, Projeto Rodoviário, Implantação das Obras e Impactos Ambientais, Workshop: Planejamento Ambiental do Programa de Capacitação Técnica na Avaliação Ambiental de Empreendimentos Rodoviários, Taubaté, DER/SP, 1998.

- RELATÓRIO AMBIENTAL. Modernização da Rodovia Fernão Dias - Etapa II, São Paulo, ST, 1997.
- RELATÓRIO GERENCIAL, Projeto Final de Engenharia da Duplicação da Rodovia Fernão Dias (BR-381), DNER/DER-SP, São Paulo, 1993.
- REVISTA HIGHWAYS AND TRANSPORTATION, Environmental Considerations in the Construction of the A3 Milford Bypass, v.40, n° 9, England, 1993, p. 24-26.
- RILLET, Laurence R. and BENEDEK, Christine M., Traffic Assignment Under Environmental and Equity Objectives, Transportation Research Record n° 1443, Washington, 1994, p. 92-99.
- RODRIGUES, João Roberto. A Efetividade da Avaliação de Impacto Ambiental no Estado de São Paulo: Uma análise a partir de estudos de caso da Duplicação da Rodovia Fernão Dias. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Coordenadoria de Planejamento Ambiental. São Paulo: 1995, p. 27-34.
- RODRIGUES, Roberto e LOPES, José Antônio Urroz, Rodovias, Geologia de Engenharia, São Paulo, ABGE, 1998, p.419-430.
- RUIZ, Rosa M. Arce, Metodologias y Criterios Generales de Deteccion y Evaluacion de Impactos Ambientales. Simposio sobre Impacto Ambiental de las Carreteras. Anais. San Sebastián, 1988, p. 9-26.
- RUTKOWSKI, Emília e JORGE, Francisco Nogueira de, Aspectos Gerais do Meio Ambiente e Rodovias, Workshop: Planejamento Ambiental, Taubaté, DER/SP, 1998.
- SÁNCHEZ, Luis Enrique. Avaliação de Impacto Ambiental: Situação Atual e Perspectivas. Simpósio Avaliação de Impacto Ambiental: Situação Atual e Perspectivas, São Paulo: EPUSP, 1993.
- SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE-SP, Estudo de Impacto Ambiental-EIA, Relatório de Impacto Ambiental-RIMA: Manual de Orientação. 3 Ed. São Paulo, 1994.
- SHELL. Diretrizes de auditoria ambiental: International Petroleum. Maatschappij-SIPM. Comitê de segurança de produtos e conservação ambiental da Shell, 1989.
- SIGNER, Shoshana, Avaliação de Impactos Ambientais em Rodovias, Workshop: Planejamento Ambiental, Taubaté, DER/SP, 1998.
- SILVA, W. S. e FORNASARI FILHO, N. Unidades de conservação ambiental e áreas correlatas no Estado de São Paulo, 2ª. edição, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, 1992.
- SMA - Secretaria do Meio Ambiente. Manual de Orientação para Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). São Paulo. 1994.
- SULLIVAN, Edward C. and HARAKE Joe El, California Route 91 Toll Lanes Impacts and Other Observations, Transportation Research Record n° 1649, Washington, 1998, p. 55-62.
- TAUK-TORNISIELO, Sâmia Maria, GOBBI, Nivar, FOWLER, Harold Gordon. Análise Ambiental: Uma visão multidisciplinar. 2. Ed. São Paulo: UNESP, 1995.
- TORRE, Juan Ruiz de la, Impacto de las Carreteras sobre la Flora, la Fauna y los Ecosistemas: Su evaluacion y Correccion. Simposio sobre Impacto Ambiental de las Carreteras. Anais. San Sebastián, 1988, p. 223-268.
- VALENTE FILHO, João, Planejamento da Paisagem Rodoviária, Workshop: Planejamento Ambiental, Taubaté, DER/SP, 1998.
- VALLVE, José Luis G., Experiencias Europeas en los Procesos de Gestión y Evaluación del Impacto Ambiental de las Carreteras. Simposio sobre Impacto Ambiental de las Carreteras. Anais. San Sebastián, 1988, p. 345-349.
- VIEZZER, Moema L. e OVALLES, Omar, Manual Latino-Americano de Educ-Ação Ambiental, São Paulo, Gaia, 1995.

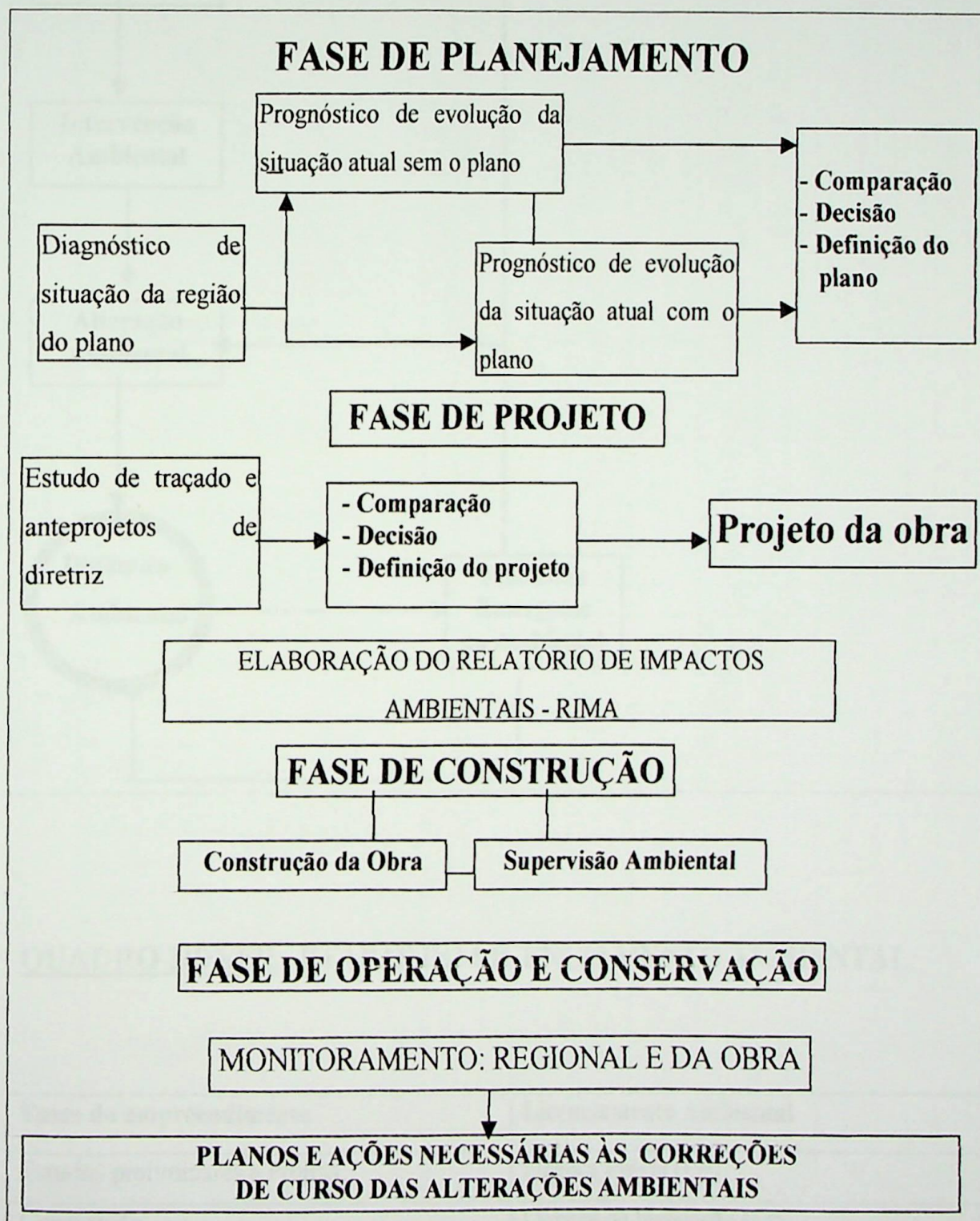
- VIVIANI, Eliane, SÓRIA, Manoel Henrique Alba e SILVA, Antonio Nelson Rodrigues da, O uso de um Sistema de Informações Geográficas na Análise das Estradas Rurais não Pavimentadas, 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, Florianópolis, 1998.
- WERKEMA, Maria Cristina Catarino. As Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos. Belo Horizonte. Fundação Christiano Ottoni, Ed. Littera Maciel Ltda, 1995.
- WORD BANK, Environmental Assessment Sourcebook, World Bank Technical paper, Policies, Procedures, and Cross-Sectoral Issues, Environmental Department, The World Bank Washington, v. 1, n. 139, 1991.
- WORLD BANK, Environmental Assessment Sourcebook, World Bank Technical paper Guidelines for Environmental Assessment of Energy and Industry Projects, Environmental Department, The World Bank Washington, v. 3, n. 154, 1991.
- XIDIEH, Roberto, Qualidade Ambiental, Mogi das Cruzes. UBC, 1995.



ANEXO A

ETAPAS DOS EMPREENDIMENTOS RODOVIÁRIOS

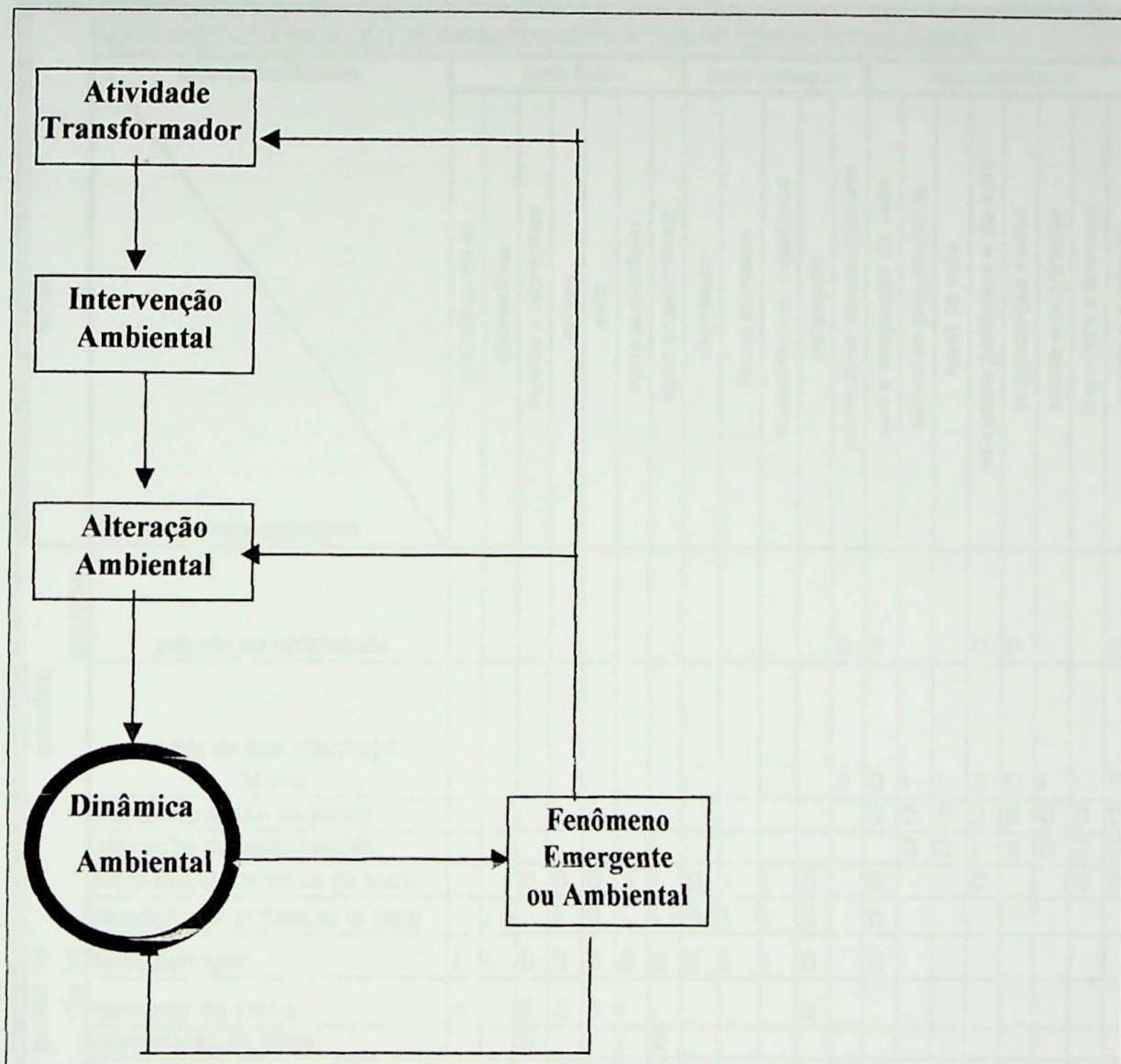
QUADRO 1 / DNER



QUADRO 2/DNER - Modelo conceitual da Transformação Ambiental

(Meio Ambiente e Rodovias)

Modelo Conceitual da Transformação Ambiental



QUADRO 3/DNER - ETAPAS DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL

Fases do empreendimento	Licenciamento Ambiental
Estudos preliminares e Projeto	Licença Prévia (LP)
Construção	Licença de Instalação (LI)
Operação	Licença de Operação (LO)

QUADRO 4/DNER - MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DE OBRAS RODOVIÁRIAS

		MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DE OBRAS RODOVIÁRIAS																			
		fatores ambientais		meio físico				meio biológico				meio antrópico									
fases	ações do empreendimento	qualidade do ar	microclima	ruidos e vibrações	relevo	solo	água superficial	água subterrânea	vegetação	fauna terrestre	ecossistemas aquáticos	paisagem	patrimônio natural/cultural	uso e ocupação do solo	dinâmica populacional	nível de vida	estrutura produtiva e de serv.	organização social	saúde e segurança	impostos e tributos	renda e emprego
		estudos	projetos	estudo de viabilidade																	
estudos	estudo de traçado/projeto básico																				
engenharia e obras		desapropriação de terras																			
		alocação de mão-de-obra																			
		infra-estrutura/obras de apoio																			
		remoção da cobertura vegetal																			
		terraplanagem																			
		remoção de rocha																			
		construção de túnel																			
		extração de minerais classe II																			
		preparação de base e pavim.																			
		acessos de serviços																			
		obras de arte																			
		obras de drenagem																			
		usina de asfalto																			
		regulamentação de tráfego																			
operação		abertura de tráfego																			
		conservação e manutenção																			
obs:	D - efeito/impacto direto																				
	I - efeito/impacto indireto																				

QUADRO 5/DNER - AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL DE OBRAS RODOVIÁRIAS - FASE DE ESTUDOS E PROJETOS

AÇÃO	IMPACTOS/EFEITOS AMBIENTAIS	ATRIBUTOS	MEDIDAS MITIGADORAS
Estudos de Viabilidade	geração de renda e emprego expectativa de desenvolvimento regional	benéfico, direto regional, temporário, imediato e reversível	
	especulação imobiliária; geração de conflitos de uso e ocupação do solo; pressão sobre o patrimônio natural e cultural; tensão social	adverso, direto/indireto, regional, temporário, curto prazo e reversível	compatibilidade com planos e programas governamentais; esclarecimento; considerações dos recursos ambientais e unidades de conservação
Estudo de Traçado/ Projeto Básico	geração de renda e emprego; perspectiva de desenvolvimento regional; melhoria de infra-estrutura	benéfico, direto/indireto, regional, estratégico, imediato, médio e longo prazo e reversível	
	especulação imobiliária; geração de conflitos de uso e ocupação do solo; pressão sobre o patrimônio natural e cultural; tensão social; aumento do fluxo de tráfego e do risco de acidentes; potencial de degradação das áreas de intervenção	adverso, direto/indireto, regional, temporário, curto prazo e reversível	compatibilidade com planos e programas governamentais; discussão das alternativas de traçado; avaliação dos conflitos de uso e ocupação do solo; análise das condicionantes físicas, biológicas e sócio-econômicas; observação dos aspectos de segurança de tráfego; plano de reabilitação das áreas degradadas.

QUADRO 6/DNER - AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL DE OBRAS RODOVIÁRIAS - FASE DE ENGENHARIA E OBRAS

AÇÃO	IMPACTOS/EFEITOS AMBIENTAIS	ATRIBUTOS	MEDIDAS MITIGADORAS
Desapropriação de Terras	parcelamento do solo e alteração de modalidade de uso; tensão social; deslocamento de população; perdas de áreas produtivas; deslocamento de infra-estrutura.	adverso, direto, local, permanente, imediato e irreversível	estudo de alternativas de traçado; avaliação real de patrimônio; planejamento de assentamento.
Alocação de Mão-de-Obra	geração de renda, emprego, impostos e tributos; incremento da estrutura produtiva e estrutura de serviços.	Benéfico, direto, local, temporário, imediato e reversível	
	potencial de atração de imigrantes; aumento do risco de doenças socialmente transmissíveis; aumento de demanda de infra-estrutura urbana; alteração de hábitos e costumes.	Adverso, direto, local, temporário, imediato e reversível	recrutamento, local de mão-de-obra; prevenção e controle de saúde humana; aplicação de recursos em investimentos sociais; melhoria dos serviços de assistência social e segurança pública.
Infra – Estrutura e Obras de Apoio (canteiro de Obras e alojamentos)	alteração do perfil das encostas; disposição de efluentes no solo; contaminação das águas superficiais e subterrâneas; remoção da cobertura vegetal; conflito de uso do solo.	Adverso, direto/indireto, local, temporário, imediato e reversível	implantação em locais adequados; terrenos favoráveis; controle de drenagem; efluentes e resíduos sólidos; reabilitação das áreas degradadas.
Remoção de Cobertura Vegetal	alteração de micro - clima; degradação dos solos; alterações de habitais e da paisagem.	adverso, direto/indireto, local, permanente, imediato/médio e longo prazo e irreversível	revegetação da faixa de domínio; desmatamento restrito às áreas de intervenção; proteção de árvores de valor paisagístico e/ou imunes de corte; obter licença junto aos órgãos florestais competentes.

Terraplanagem (cortes e aterros, botaforas e áreas de empréstimo)	emissão de material particulado, ruído e vibrações; alterações de perfil das encostas; degradação dos solos e riscos de erosão; aumento de carga sólida e redução da disponibilidade hídrica; alteração da paisagem e degradação do patrimônio natural e cultural; modificação na forma de ocupação do solo.	Adverso, direto/indireto, local, permanente, imediato/médio e longo prazo, reversível	otimização da compensação de cortes e de aterros; limitação da terraplanagem às áreas de intervenção; controle de estabilidade geotécnica de taludes; controle de erosão e reabilitação das áreas degradadas; proteção de nascentes e cursos d' água
Remoção de Rocha	emissão de gases e material particulado; ruídos e vibrações; alteração do perfil das encostas; degradação dos solos e riscos de erosão; alteração da paisagem e degradação do patrimônio natural e cultural.	adverso, direto, local, permanente, imediato, irreversível	plano de fogo adequado; controle de estabilidade geotécnica; controle de erosão e reabilitação das áreas degradadas; proteção do patrimônio natural e cultural.
Túneis	ruídos e vibrações; alteração na drenagem e recarga de aquíferos; alteração da paisagem e degradação do patrimônio natural e cultural.	Adverso, direto, local permanente, imediato, reversível/irreversível	plano de fogo adequado; controle de estabilidade geotécnica; controle da drenagem interna e externa; proteção do patrimônio natural e cultural.
Extração de Minerais Classe II (brita, areia, cascalho)	emissão de material particulado; ruídos e vibrações; alteração do perfil das encostas; degradação dos solos e riscos de erosão; poluição hídrica e degradação dos ecossistemas aquáticos; alteração da paisagem e degradação do patrimônio natural e cultural; degradação da vegetação.	adverso, direto/indireto, local, permanente, imediato/médio e longo prazo, reversível/irreversível	plano de fogo adequado; controle de estabilidade geotécnica; controle de erosão e reabilitação das áreas degradadas; proteção do patrimônio natural e cultural; avaliação ambiental dos locais dos jazimentos.

Preparação de Base e Pavimentação	alteração de micro-clima; ruídos e vibrações; alteração no “run-off”.	adverso, direto/indireto, local, temporário/permanente, imediato e reversível irreversível	revegetação adequada da faixa de domínio; dimensionamento adequado sistema de drenagem.
Acessos de Serviços	alteração do perfil das encostas; degradação dos solos e riscos de erosão; aumento de carga sólida e redução da disponibilidade hídrica; degradação da vegetação da paisagem e do patrimônio natural e cultural.	adverso, direto/indireto, local, temporário/permanente, imediato/médio e longo prazo, reversível/irreversível	restrição a abertura de vias de acesso; controle de erosão e reabilitação das áreas degradadas; proteção de nascentes e cursos d’água; proteção do patrimônio natural e cultural.
Obras e Drenagem	degradação dos solos e riscos de erosão alteração no “run-off”.	adverso, direto/indireto, local, permanente, imediato e irreversível	dimensionamento adequado do sistema de drenagem; dissipação de energia e controle de erosão.
Obras de Arte	degradação de vegetação ciliar; alteração da paisagem e degradação do patrimônio natural e cultural; alteração da modalidade de uso do solo.	Adverso, direto, local, permanente, imediato, irreversível	limitação das áreas de intervenção; redução das áreas de desmate; proteção do patrimônio natural e cultural; reabilitação das áreas degradadas.
Usina de Asfalto	emissão de gases e material particulado; ruídos e vibrações; alteração da paisagem e conflito de uso do solo local.	Adverso, direto, local, temporário, imediato, reversível	implantação de sistema de tratamento de emissões; avaliação ambiental dos locais de instalação reabilitação das áreas degradadas.

QUADRO 7/DNER - AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL DE OBRAS RODOVIÁRIAS - FASE DE ENGENHARIA E OPERAÇÃO

AÇÃO	IMPACTOS/EFEITOS AMBIENTAIS	ATRIBUTOS	MEDIDAS MITIGADORAS
Abertura de Tráfego	emissão de gases e particulados; aumento de pressão sonora; aumento do fluxo de tráfego; risco de acidente.	adverso, direto, local/regional, permanente, imediato, irreversível	monitorização e controle de ruídos e emissões atmosféricas; sinalização de segurança; fiscalização do tráfego.
	geração de impostos e tributos; fomento da estrutura produtiva e de serviços; melhoria das condições de acessibilidade; melhoria do fluxo de circulação de mercadorias e produtos; indução do crescimento econômico; melhoria do nível de vida.	Benéfico, direto/indireto, regional, permanente, imediato/médio e longo prazo irreversível	
Conservação e Manutenção	acompanhamento e controle de erosão e reabilitação de áreas degradadas; proteção e limpeza da faixa de domínio; campanhas de educação ambiental e de trânsito; proteção da sinalização de segurança.	benéfico, direto, regional, permanente, com prazo irreversível	

QUADRO 8/DNER - IMPACTO AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS - INTERFERÊNCIAS EM ÁREAS URBANAS

IAS	CONSEQÜÊNCIAS NEGATIVAS	RECOMENDAÇÕES OU MEDIDAS MITIGADORAS
1. Modificações no uso e ocupação do solo	1. Destruição ou ruptura de valores estéticos, perda da qualidade da paisagem urbana.	1. Recomposição paisagística observando, sempre que possível, suas características originais e de acordo com a vontade da comunidade afetada.
	2. Destruição de sítios de valor arquitetônico, urbanístico e/ou paisagístico.	1. Não há como mitigar este efeito negativo, evitar esta situação.
	3. Ocupação desordenada de áreas desocupadas.	1. Estabelecer mecanismos no sentido de evitar possíveis conflitos espaço viário X espaço urbano. 2. Sugerir e colaborar com a municipalidade para o desenvolvimento ou reavaliação de Plano Diretor. 3. Colaborar com a municipalidade na obtenção de recursos para implantação de infra-estrutura urbana.
	Intensificar da ocupação de áreas, alteração de uso, migração, favelização, redução de receita de pequenas empresa, desemprego.	1. Colaborar com a municipalidade no sentido de obter recursos para ampliação de infra-estrutura. 2. Desenvolvimento ou reavaliação de plano diretor.
Segregação urbana	1. Ruptura ou redução da acessibilidade a atividades (tais como escola, comércio, etc).	1. Criar canais de acesso considerando a possibilidade de rebaixamento da pista mantendo acessos na superfície. 2. Colaborar com a municipalidade no sentido de realocar atividades.

		Desenvolvimento ou reavaliação de plano diretor.
1. Intrusão visual.	1. Obstrução à paisagem urbana.	1. Propor projetos de engenharia esteticamente adequados à paisagem urbana. 2. Criar faixas de domínio em função do grau de obstrução.
	2. Desenvolvimento de paisagem esteticamente desagradável.	1. Utilização de vegetação.

QUADRO 9/DNER - IMPACTOS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS PASSÍVEIS DE MONITORAMENTO NA FAIXA DE DOMÍNIO E REGIÃO LINDEIRA DE UMA RODOVIA - FASE DE OPERAÇÃO

IMPACTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO (IAS)	FREQUÊNCIA DO MONITORAMENTO	OBSERVAÇÕES
<p>IAS envolvendo causas geotécnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escorregamentos/deslizamentos /quedas de blocos • Erosões/ravinamentos/voçorocamentos • Assoreamentos • Recalques em fundações 	<ul style="list-style-type: none"> • permanente 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizado rotineiramente em conjunto com as atividades correntes da fase de manutenção/ conservação da rodovia;
<p>IAS relacionados a doenças endêmicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Surgimento de áreas favoráveis à proliferação de vetores endêmicos (ratos, insetos, etc) 	<ul style="list-style-type: none"> • permanente 	<ul style="list-style-type: none"> • Nas proximidades de aglomerações urbanas o monitoramento atinge sua importância máxima, dando indicações de atividades preventivas à geração de focos de doenças endêmicas.
<p>IAS causadores de degradação ambiental na fase de operação:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Poluição do ar 	<ul style="list-style-type: none"> • permanente, com maior frequência temporal nos períodos de inversão térmica 	<p>Principais aspectos a serem considerados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pela sua própria natureza, a poluição atmosférica transcende a limitação física da área de influência da rodovia; • a poluição atmosférica assume aspectos críticos em zonas urbanas das rodovias onde várias fontes de poluição (rodovia, indústria, etc) são responsáveis pela degradação da qualidade do ar; • monitoramentos da qualidade do ar requerem alta especialização técnica, por isso, devem ser realizados em convênio com o órgão ambiental responsável;

		<p>e, finalmente, do ponto de vista do órgão rodoviário, o monitoramento e a fiscalização constantes das emissões gasosas dos veículos automotores usuários do empreendimento (controle da “fonte rodoviária” de degradação da qualidade do ar).</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Poluição das águas (inclui a alteração do regime hídrico) 	<ul style="list-style-type: none"> • permanente 	<p>O monitoramento da qualidade das águas na área de influência de uma rodovia envolve:</p> <ul style="list-style-type: none"> • a necessidade de identificação e classificação das águas segundo o seu uso (abastecimento, irrigação, recreação, etc); • a verificação periódica de possíveis alterações no uso das águas e do espaço (solos, recursos naturais, etc) em suas bacias de captação; e, ainda, quando possível, do seu regime/balanço hídrico • a verificação permanente de possíveis disposições inadequadas de lixo, esgotos, efluentes de oficinas e outros equipamentos e serviços ao longo da rodovia; • a necessidade de cuidados e dispositivos especiais em áreas críticas da rodovia, do ponto de vista de acidentes, sobretudo, com cargas perigosas em relação às águas de abastecimento.

<ul style="list-style-type: none"> • Poluição sonora e vibrações 	<ul style="list-style-type: none"> • permanente ou periódico 	<p>Estes impactos estão diretamente relacionados: com o funcionamento dos maquinismos dos veículos (funcionamento do motor, escapamentos, etc), com o movimento dos veículos (atritos das rodas com os eixos, dos pneus com o pavimento, etc) e com outras causas ocasionais (buzinas, frenagens, etc) seu monitoramento compreende:</p> <ul style="list-style-type: none"> • fiscalização permanente do estado de conservação dos veículos; <p>controle da propagação e a atenuação dos impactos, abrangendo medidas de acompanhamento e avaliação constantes da eficácia das medidas implantadas no projeto e a identificação de modificações e complementações que se façam necessárias.</p>
<p>IAS relacionados à segurança da população e usuários na fase de operação:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Risco de acidentes 	<ul style="list-style-type: none"> • permanente 	<p>O monitoramento deve ser permanente e estar relacionado à identificação dos pontos negros de acidentes na rodovia visando à sua eliminação.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Ocupação e/ou uso inadequados e/ou ilegais do espaço 	<ul style="list-style-type: none"> • permanente 	<ul style="list-style-type: none"> • O monitoramento reveste-se de características de fiscalização das normas legais e técnicas, preconizadoras tanto para os acessos à via, quanto para instalações na área lindeira à rodovia.