

Fábio Penno Callía

Implantação de Sistemas de Retenção e Contenção de Produtos Perigosos em
Rodovias Brasileiras:

- Levantamento e Análise -.

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do
Estado de São Paulo - IPT, como parte dos
requisitos para a obtenção do título de
Mestre em Tecnologia Ambiental

Data da aprovação ____/____/____

Prof^a. Dra. Amarilis L. C. F. Gallardo
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
do Estado de São Paulo

Membros da Banca Examinadora:

Prof^a. Dra. Amarilis L. C. F. Gallardo (Orientadora)
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Prof. Dr. Omar Yazbek Bitar (Membro)
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Prof. Dr. Pedro Umberto Romanini (Membro)
Artesp – Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados de Transporte do
Estado de São Paulo

Fábio Penno Callía

Implantação de Sistemas de Retenção e Contenção de Produtos
Perigosos em Rodovias Brasileiras:

- Levantamento e Análise -

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de
Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo –
IPT, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Área de Concentração: Tecnologia Ambiental

Orientador: Prof^ª. Dra. Amarilis L. C. F. Gallardo

São Paulo
Março /2011

Ficha Catalográfica

Elaborada pelo Departamento de Acervo e Informação Tecnológica - DAIT
do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT

C158i

Callía, Fábio Penno

Implantação de sistemas de retenção e contenção de produtos perigosos em rodovias brasileiras: levantamento e análise. / Fábio Penno Callía. São Paulo, 2011. 293 p.

Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Área de concentração: Mitigação de Impactos Ambientais.

Orientador: Profa. Dra. Amarilis L. C. F. Gallardo

1. Transporte de carga perigosa 2. Rodovia 3. Poluição por derramamento 4. Drenagem 5. Recursos hídricos 6. Qualidade da água 7. Tese I. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Coordenadoria de Ensino Tecnológico II. Título

11-50

CDU 628.515:656(043)

DEDICATÓRIA

À minha família, minhas amadas esposa Clélia e filha Rafaela, pelas horas que pacientemente aguardaram por mim na elaboração deste estudo.

À minha querida mãe, Clery, por todo o esforço e dedicação.

Aos meus irmãos, Édo e Marcos, meus “*anjos da guarda*”.

Em memória de meu pai, Edmundo Callía, e de meu tio, Vinicius, engenheiros da Politécnica da Universidade de São Paulo e antigos pesquisadores do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por mais esta bênção recebida. A todos que colaboraram na execução deste estudo e a todos meus amigos.

Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) Superintendência de São Paulo, aos meus colegas do Núcleo de Licenciamento Ambiental onde trabalho, pelo apoio necessário, especialmente aos amigos João de Munno Junior e Murilo Reple Penteadro Rocha. Também à Superintendente Analice de Novaes Pereira pela oportunidade.

À empresa pública Dersa, representada pelos departamentos de meio ambiente e projetos, representada por Marcelo Areguy Barbosa, Agnaldo Gonçalves de Almeida Junior, Solange Pollan e Antonio Cavagliano, pelas informações e entrevistas prestadas no estudo de caso do Rodoanel.

Aos colegas do setor de operações e emergências da Cetesb, Mauro Teixeira, Marco Lainha e Edson Haddad. Aos setores de meio ambiente da Artesp, Pedro Umberto Romanini e Paula de Brito Carneiro pelas entrevistas e informações prestadas.

Ao pessoal das concessionárias Ecovias e Ecorodovias, representadas por Valdir Ribeiro, Jairo Luiz Silveira e Alexandre Ribeiro. Também da concessionária Colinas, representada por Robson Fábio Lopes e ao pessoal da engenharia da Engelog, representada por Nilo Horn e Luis Gustavo Bento de Frias.

Aos colegas pesquisadores do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) de Lisboa, Teresa E. Leitão, Ana Estela Barbosa e Malva Mancuso, pela colaboração e envio de material.

Pela ajuda, dicas e revisão de texto à minha prima Eneyda Rosa. Ao primo Cláudio Callía pelo material da Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA). Aos consultores Ricardo Rodrigues Serpa e Ana Maria Iversson de Piazza.

De forma especial, gostaria de agradecer a toda a equipe do IPT, e a minha orientadora Doutora Amarilis Gallardo pelo incentivo, dicas, boa vontade e paciência, e aos professores Doutor Wolney Castilho Alves e Omar Yazbek Bitar, e colegas do mestrado pelo apoio e incentivo à escolha do tema.

RESUMO

As rodovias são fontes geradoras de poluição pontual e difusa. Existe o risco do derrame de substâncias perigosas na pista, oriundas de acidentes que envolvam veículos que transportam essas cargas. Como consequência, o escoamento dessas substâncias pelos dispositivos dos sistemas de drenagem direcionados aos corpos hídricos, podem causar impactos significativos à qualidade da água e ecossistemas.

Esta pesquisa enfoca o uso dos sistemas de retenção e contenção para a mitigação de derramamentos de produtos perigosos em rodovias, conhecidos internacionalmente como “Hazardous Materials Traps” (HMTs), projetados e implantados em conjunto com os sistemas de drenagem dessas vias.

O empreendimento rodoviário Trecho Sul do Rodoanel Mario Covas, localizado na região metropolitana de São Paulo, atravessa importantes áreas de mananciais. A relevância da área afetada e as medidas propostas para sua mitigação envolvendo o uso destes sistemas, corroboraram para a escolha desse empreendimento como estudo de caso.

A pesquisa levantou a bibliografia internacional e nacional sobre o tema e abordou assuntos correlatos importantes para o desenvolvimento da hipótese de estudo levantada como rodovias, acidentes, poluição, produtos perigosos, Plano Ação Emergência (PAE), marcos legais, dentre outros. Os sistemas brasileiros foram localizados, classificados, e então analisados segundo suas principais características. Outros aspectos emergiram da análise como: a terminologia utilizada, conceitos a serem ampliados, indicadores de localização, e sua separação dos sistemas tipo “Best Management Practices” (BMPs).

Aos órgãos e empresas do setor, bem como aos de meio ambiente, essa pesquisa oferece subsídios para a compreensão da operacionalidade desses sistemas e indicadores de sua aplicação em processos de licenciamento de rodovias. Por fim, são propostas recomendações que podem ser utilizadas em políticas públicas com a finalidade de subsidiar a implantação desses, aumentar a sustentabilidade ambiental de rodovias e colaborar em novas pesquisas.

Palavras Chave: drenagem; transporte; produtos perigosos; derrames; recursos hídricos.

ABSTRACT

Systems Implementation of Retention and Containment of Dangerous Goods in Brazilian Highways: Survey and Analysis.

The roads are sources of point and diffuse pollution. There is a risk of spillage of hazardous substances on the track, arising from accidents involving vehicles carrying these loads. As a consequence, the runoff of these substances by the drainage devices systems targeted at water bodies, can cause significant impacts to water quality and ecosystems.

This research focuses on the use of restraint systems for the mitigation and containment of spills of dangerous goods on highways, known internationally as "Hazardous Materials Traps" (HMTs), designed and deployed in conjunction with the drainage systems of these land routes.

The southern stretch of road venture Mario Covas Ring Road, located in the metropolitan region of São Paulo, crosses important watershed areas. The relevance of the affected area and proposed measures for mitigation, involving the use of these systems, corroborate the choice of this project as a case study.

The research raised the national and international literature on the subject and addressed important issues related to the development of the study hypothesis raised such as highways, accidents, pollution, dangerous products, Emergency Action Plan (EAP), legal frameworks, among others. The Brazilian systems were located, classified, and then analyzed according to their main characteristics. Other aspects of the analysis emerged as the terminology, concepts to be expanded, location indicators, and his separation from systems such as "Best Mangement Practices" (BMPs).

For companies and agencies in the sector, as well as the environment, this research provides insights for understanding the operability of systems and indicators of its application in the licensing process for highways. Finally, recommendations are proposals that can be used in public policy in order to subsidize the deployment of these systems, increase the environmental sustainability of roads and help in further research.

Keywords: drainage; transport; hazardous materials; spills; water resources.

Lista de ilustrações - figuras

Figura 1	Disponibilidade de Água Superficial.	20
Figura 2	Disponibilidade de Água Superficial x Demanda em 2020.	20
Figura 3	Estudo vê risco de colapso de água em São Paulo.	21
Figura 4	Problema e necessidades.	22
Figura 5	Licenças e autorizações ambientais federais por empreendimento	24
Figura 6	Demanda por licenças e autorizações ambientais federais	25
Figura 7	Número de Acidentes/Mês no Brasil com produtos perigosos.	26
Figura 8	Número de Acidentes/Ano por tipologia no Brasil.	27
Figura 9	Número de Acidentes/Ano por Classe de Risco no Brasil.	27
Figura 10	Acidentes Ambientais Registrados pelo IBAMA em maio de 2010.	28
Figura 11	Distribuição anual de acidentes no transporte rodoviário/SP de 1983 a 2008.	29
Figura 12	Emergências químicas de 2007 classificadas por atividade geradora/SP.	29
Figura 13	Distribuição Percentual por Classe de Risco em SP.	30
Figura 14	Resumo do contexto atual sobre o Modal Rodoviário e Recursos Hídricos.	33
Figura 15	Localização do traçado do Rodoanel	35
Figura 16	Fluxograma da hidrologia, vazão de projeto.	45
Figura 17	Carta de Vulnerabilidade (detalhe)	75
Figura 18	Carta Situacional (detalhe)	76
Figura 19	Acidentes com produtos perigosos por rodovia paulista	79
Figura 20	Acidentes com produtos perigosos em rodovias paulistas	79
Figura 21	Acidentes com produtos perigosos por classes de risco	80
Figura 22	Caixa de captura com Inserts (Catchbasin Inserts)	95
Figura 23	Tanque de Captura (Trapping Catchbasins)	96
Figura 24	Caixa de areia típica (Silt traps). Corte.	97
Figura 25	Separadores de óleo e areia típico (Full Retention Separator). Corte.	98
Figura 26	Separadores de óleo e areia com bypass (Bypass Separator). Corte.	98
Figura 27	Separadores de óleo e água tipo “Baffle”(Baffle Oil/Water Separator).	99
Figura 28	Dispositivos com marca registrada (Proprietary Treatment Devices)	100
Figura 29	Detalhe do sifão automático TxDOT (Typical TxDOT Automatic Siphon Detail)	103
Figura 30	Projeto do protótipo da caixa para hidrocarbonetos.	107
Figura 31	Princípio de Drenagem: diferentes tipos de suscetibilidade ambiental.	112
Figura 32	Caixa de retenção de areia e óleo em pátios.	119
Figura 33	Caixa de retenção esquemática	121
Figura 34	Baixada gramada (Grassed Swale)	127
Figura 35	Bacia de infiltração Planta.	130
Figura 36	Bacia de infiltração Corte.	130
Figura 37	Bacia de Filtração “Austin First Flush” – Concepção para sedimentação total	132
Figura 38	Bacia de Filtração.	132
Figura 39	Trincheira Filtrante.	133
Figura 40	Bacias ou lagoas de Detenção Seca (Dry Detention Basins) Planta	135
Figura 41	Bacias ou lagoas de Detenção Seca (Dry Detention Basins) Corte	135

Figura 42	Bacias de Retenção Úmidas (Wet Detention Ponds) Planta.	137
Figura 43	Bacias de Retenção Úmidas (Wet Detention Ponds) Corte.	138
Figura 44	Banhados construídos (constructed wetlands) Planta.	140
Figura 45	Banhados construídos (constructed wetlands) Corte.	141
Figura 46	Configurações típicas de uma wetland de fluxo superficial e subsuperficial.	142
Figura 47	Biofiltração, Planta e Corte.	143
Figura 48	Bacias de decantação Covilhã Norte.	150
Figura 49	Bacias de decantação Covilhã Norte, Bacia 3, locais de amostragem	151
Figura 50	Principais parâmetros utilizados no modelo de simulação.	166
Figura 51	Pontos de derrame, utilizados no modelo de simulação.	166
Figura 52	Mapa de Localização das Caixas de Retenção no Rodoanel Sul.	176
Figura 53	Detalhe de caixa do tipo 1, densidades. – Corte AA.	177
Figura 54	Detalhe Esquemático da Caixa de Contenção do Tipo CC-04 – Corte AA	178
Figura 55	Detalhe sobre a implantação de caixa do tipo CC-04 –Planta.	178
Figura 56	Sistemas mistos, classificação geral dos dispositivos.	183
Figura 57	Talude e Banqueta	189
Figura 58	HMT de Baía. Uma área anexa a rodovia.	195
Figura 59	HMT de Pista. Drenagem da pista de rolamento.	196
Figura 60	Caixas de Retenção/Contenção pesquisadas. Mapa da localização.	207
Figura 61	Sistema de Contenção tipo B.Tq .	213
Figura 62	Sistema de Contenção tipo Sistema de Contenção tipo S.A.O. v.	213
Figura 63	Avaliação comparativa entre os tempos nos sistemas de contenção/retenção	218
Figura 64	Fluxo da água superficial	242
Figura 65	Sistema de drenagem em pista simples	244
Figura C1	Esquema de uma Bacia de Retenção de águas superficiais.	276
Figura C2	Esquema de uma filtragem de substâncias oleosas.	277
Figura C3	Caixa separadora, Saxônia, Alemanha	278
Figura D1	Implantação das Barragens para Retenção de Sólidos.	279
Figura D2	Projeto executivo da Caixa de Contenção de Produtos Perigosa Tipo CP-1.	280
Figura D3	Projeto executivo da Caixa de Meio Ambiente Padrão.	281
Figura D4	Projeto executivo da Caixa de Contenção de Carga Perigosa Tipo 1A.	282
Figura D5	Projeto executivo da Caixa de Contenção de Carga Perigosa Tipo 2.	283
Figura D6	Projeto executivo da Caixa de Contenção de Líquidos Perigosos.	284
Figura D7	Caixa de Contenção nº 2.	285
Figura D8	Caixas de Contenção 8, 9, 10, 11 e 12, implantação.	286
Figura D9	Situações de implantação das Caixas de Contenção 1B e 2.	287
Figura D10	Caixa de Retenção, no prolongamento da Bandeirantes.	288
Figura D11	Caixa Retenção Tipo - Produtos Perigosos.	289
Figura D12	Caixa Retenção Produtos Perigosos, Projeto Padrão.	290
Figura D13	Caixa de Retenção, SP-270.	291
Figura D14	Caixas de Retenção, SP-270, implantação. .	292
Figura D15	Caixas de Retenção, SP-348, implantação. .	292
Figura D16	Caixa de Retenção, SP-348, implantação.	293

Lista de ilustrações - fotografias

Foto 1	Caixa de produtos perigosos, sob a pista descendente da Imigrantes.	32
Foto 2	Caixa de produtos perigosos, em pátio de caminhões.	32
Foto 3	Bacias de detenção alinhadas (Lined Detention Basins).	102
Foto 4	Separação de substâncias no fim do ensaio 5.	108
Foto 5	Pátio de estacionamento de caminhões com área separada para cargas perigosas.	114
Foto 6	Detalhe da caixa de contenção no pátio de estacionamento de caminhões.	115
Foto 7	Imagem aérea do pátio de estacionamento de caminhões na Rodovia Anchieta.	115
Foto 8	Detalhe do paradoro na Rodovia Anchieta, com uma caixa de brita.	116
Foto 9	Caixa de contenção no paradoro da Rodovia Anchieta.	116
Foto 10	Imagem aérea do paradoro na Rodovia Anchieta, com uma caixa de brita.	117
Foto 11	Detalhe do mecanismo de separação, no paradoro da Rodovia Anchieta.	117
Foto 12	Bacia de infiltração em 77 Narin Dr., Estados Unidos.	129
Foto 13	Bacia de decantação Covilhã Norte.	151
Foto 14	Pista ascendente da imigrantes. Buzinotes.	188
Foto 15	Pista descendente da imigrantes. Segregação de drenagem.	188
Foto A1	Texas, Estados Unidos. Bacia de retenção na “503 Mesa Verde Court”.	268
Foto A2	Texas, Estados Unidos. Sistema misto na “U.S. 290 Academy”.	268
Foto A3	Texas, Estados Unidos. Bacias na “MoPac Best Buy”.	269
Foto A4	Texas, Estados Unidos. Bacias e filtros na “MoPac, Gaines Creek Bridge”.	269
Foto B1	Prolongamento da Rodovia dos Bandeirantes - SP 348	270
Foto B2	Prolongamento da Rodovia dos Bandeirantes - SP 348	270
Foto B3	Prolongamento da Rodovia dos Bandeirantes - SP 348	270
Foto B4	Prolongamento da Rodovia dos Bandeirantes - SP 348	271
Foto B5	Prolongamento da Rodovia dos Bandeirantes - SP 348	271
Foto B6	Prolongamento da Rodovia dos Bandeirantes - SP 348	271
Foto B7	Concessionária Colinas	272
Foto B8	Concessionária Colinas	272
Foto B9	Concessionária Colinas	272
Foto B10	Concessionária Colinas	273
Foto B11	Rodovia Dr. Celso Charuri - SP - 091/270, Concessionária Via Oeste	273
Foto B12	Rodovia Dr. Celso Charuri - SP - 091/270, Concessionária Via Oeste	273
Foto B13	Rodovia Dr. Celso Charuri - SP - 091/270, Concessionária Via Oeste	274
Foto B14	Rodovia Dr. Celso Charuri - SP - 091/270, Concessionária Via Oeste	274
Foto B15	Rodovia dos Imigrantes - Pista Descendente	274
Foto B16	Rodovia dos Imigrantes - Pista Descendente	275
Foto B17	Rodoanel Mario Covas – Trecho Sul	275
Foto B18	Rodoanel Mario Covas – Trecho Sul	275

Lista de ilustrações - quadros

Quadro 1	Síntese de poluentes presentes no ambiente rodoviário e origens.	53
Quadro 2	Parâmetros monitorados por três agências americanas.	58
Quadro 3	Classificação dos produtos perigosos no transporte rodoviário.	62
Quadro 4	Produtos perigosos mais comuns no transporte rodoviário em SP.	63
Quadro 5	Revisão bibliográfica: conceitos aproximados e terminologia utilizada nos sistemas BMP, HMT e misto.	87
Quadro 6	Características das principais substâncias perigosas em Portugal.	105
Quadro 7	Caixas de Retenção/Contenção pesquisadas.	122
Quadro 8	Média anual da capacidade de remoção de poluentes.	126
Quadro 9	Porcentagem típica de remoção de poluentes em BMPs.	146
Quadro 10	Porcentagem recomendada para a remoção de poluentes em projeto.	146
Quadro 11	Bacias de decantação Covilhã Norte, Concentrações.	152
Quadro 12	Conceitos e Terminologia: Sistemas de Captura HMTs no Brasil.	186
Quadro 13	Resumo de termos, características e dispositivos HMT.	205
Quadro 14	Caixas de Retenção/Contenção pesquisadas. Finalidade, área.	208
Quadro 15	Caixas de Retenção/Contenção pesquisadas. Tipo, dispositivo.	209
Quadro 16	Caixas de Retenção/Contenção pesquisadas. Status, rodovia.	210
Quadro 17	Caixas de Retenção/Contenção pesquisadas. Características.	211
Quadro 18	Comparação entre os principais sistemas de contenção e retenção.	214
Quadro 19	Critérios de classificação de rodovias.	241
Quadro 20	Metais pesados por tipo de via.	254

Lista de tabelas

Tabela 1	Crescimento populacional na Região Metropolitana de São Paulo	19
Tabela 2	Análise da Situação dos Sistemas Produtores	162
Tabela 3	Concentrações Limites para Toxicidade de Organismos Aquáticos	165
Tabela 4	Localização das caixas e volume detido, no Rodoanel Sul	179

Lista de abreviaturas e siglas

AAE	Avaliação Ambiental Estratégica
Abiquim	Associação Brasileira da Indústria Química
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABTLP	Associação Brasileira dos Transportes de Cargas Líquidas e Produtos Perigosos
ADA	Avaliação de Desempenho Ambiental
ANP	Agência Nacional de Petróleo
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
APP	Área de Preservação Permanente
APRM-G	Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais da Bacia Hidrográfica do Guarapiranga
Artesp	Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados de Transporte do Estado de São Paulo
ASCE	American Society of Civil Engineers
ASTM	Organização Internacional de Normalização
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BIRD	Banco Mundial
B.Tq	Dispositivo com “bypass” e reservatório tipo tanque ou bacia
Cadac	Cadastro de Acidentes Ambientais
CBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
CCO	Centro de Coordenação de Operações do Plano de Emergência da Rodovia
Cetesb	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Copaem	Comitê de Prevenção e Atendimento a Acidentes e Emergências Ambientais
Conama	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPA	Camada Porosa de Atrito
D.B.O.	Demanda Biológica de Oxigênio
D.Q.O	Demanda Química de Oxigênio
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DER/SP	Departamento Estadual de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo
Dersa	Desenvolvimento Rodoviário S.A.
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes
DOT	United State Department of Transportation
Ecovias	Concessionária Ecovias dos Imigrantes S/A
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EIS	Environmental Impact Statement
EPA	Environmental Protection Agency
ERG	Emergency Response Guidebook
FHWA	Federal Highway Administration
HMTs	Hazardous Materials Traps
IA	Índice de acidentes

IAS	Impacto ambiental significativo
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
IRU	International Road Transport Union
ISA	Instrução para serviço ambiental
ISO	International Organization for Standardization
LCRA	Lower Colorado River Authority
LI	Licença de Instalação
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Lisboa
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MT	Ministério dos Transportes
NBR	Norma Brasileira da ABNT
NURP	Nationwide Urban Runoff Program
ONU/UN	Organização das Nações Unidas/ United Nations
PAE	Plano de Ação de Emergência
P2R2	Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos
PBA	Plano Básico Ambiental
PGR	Programa de Gerenciamento de Riscos
pH	Potencial hidrogeniônico
Proconve	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
RTQ	Regulamento Técnico da Qualidade do INMETRO
Sabesp	Empresa Pública de Distribuição de Água e Saneamento Básico do Estado de São Paulo
S.A.O	Dispositivo separador de Areia e Oleo
S.A.O.v	Dispositivo separador de Areia e Oleo com valvula agregada
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SIG\GIS	Sistemas de Informação Geográfica
SIIPP	Sistema Integrado de Informações para Atendimento de Ocorrências no Transporte de Produtos Perigosos
SIRGH	Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos
Sisnama	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente (Estado de São Paulo)
ST	Secretaria dos Transportes do Estado de São Paulo
TNRCC	Texas Natural Resource Conservation Commission's
TR	Tempo de Retorno, período em que anos em que uma chuva retorna com a mesma intensidade
TR	Termo de referência
TxDOT	Texas Department of Transportation
UBA	Unidade Básica de Atendimento
UC	Unidade de Conservação
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UNEP	United Nations Environment Programm

USA/EUA	United States of America / Estados Unidos da América
Usepa	United States Environmental Protection Agency
USP	Universidade de São Paulo
VDM	Volume diário médio de veículos
V.Tb	Dispositivo com válvula de fechamento e reservatório em tubulação
WES	Waterways Experiment Station

Sumário

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Estrutura do Texto	17
1.2	Tema-problema	18
1.3	O modal rodoviário	22
1.4	Acidentes no transporte de produtos perigosos em rodovias	25
1.5	Foco: Sistemas para a proteção dos recursos hídricos	28
2	PESQUISA : TEMA, OBJETIVOS E MÉTODOS	36
2.1	Escolha do tema	36
2.2	Objetivos	36
2.3	Métodos	37
2.4	Procedimentos metodológicos	39
3	COMPONENTES BÁSICOS: RODOVIAS, IMPACTOS, RISCOS	43
3.1	Rodovias e o Sistema de Drenagem	43
3.2	Impactos, EIA e o Licenciamento Ambiental	46
3.3	Riscos e poluição na fase operacional	52
3.4	Monitoramento e qualidade da água	55
3.5	Instrumentos de gestão ambiental aplicáveis à fase de operação	59
4	ACIDENTES RODOVIÁRIOS E PRODUTOS PERIGOSOS	61
4.1	Produtos perigosos e restrições à sua circulação	61
4.2	Medidas emergenciais de controle após o derramamento	65
4.3	Velocidade de propagação da contaminação no solo	66
4.4	Plano de Ação de Emergência - PAE	67
4.5	Pontos sensíveis, vulnerabilidade ambiental	70
4.6	Roteamento, Projeto SIIPP e dados do DER/SP	73
4.7	Bancos de dados	77
5	SISTEMAS DE PRÉ-TRATAMENTO E DE CAPTURA (HMTs)	84
5.1	Terminologia e Conceitos	84
5.2	Classificações	90
5.3	Dispositivos de captura (Hazardous Materials Traps)	91
5.4	Caixa para hidrocarbonetos em Portugal	104
5.5	Sistemas em Portugal	109
5.6	Manual de implantação de rodovias do DAER/RS	111
5.7	Manuais do DNIT e DER/SP	112
5.8	Sistemas adotados pelas empresas brasileiras	118
6	SISTEMAS MISTOS E DE TRATAMENTO (BMPs)	123
6.1	Tratamentos por cobertura vegetal: baixada gramada	127
6.2	Tratamentos por infiltração e filtração	128
6.3	Pavimentos-porosos e pavimentos-reservatório	133
6.4	Estruturas de Detenção e Retenção	134
6.5	Critérios de Instalação	146
6.6	Sistemas de monitoramento e tratamento em Portugal.	148

7	LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS	153
7.1	Transporte de produtos perigosos no Brasil	153
7.2	Normas da ABNT	155
7.3	Resoluções do INMETRO	156
7.4	Sobre a área do estudo de caso	156
8	ESTUDO DE CASO: RODOANEL MARIO COVAS TRECHO SUL	158
8.1	Traçado e áreas de influência	158
8.2	Projeto	159
8.3	Características Básicas da Área de Estudo	160
8.4	Recursos Hídricos Superficiais da área de estudo	160
8.5	EIA no rodoanel	162
8.6	Impactos Resultantes sobre os Recursos Hídricos Superficiais	163
8.7	Simulações no Trecho Sul	164
8.8	PAE no Rodoanel	167
8.9	Outros programas e medidas previstas	170
8.10	Análise de Vulnerabilidade	172
8.11	Sistemas adotados	174
8.12	Inovações	181
9	RESULTADOS E DISCUSSÃO	182
9.1	Dispositivos: HMTs x BMPs	182
9.2	Classificação geral dos Dispositivos	182
9.3	Classificação dos sistemas no Brasil	184
9.4	Terminologia	185
9.5	Drenagem tradicional e conceitos a serem ampliados	187
9.6	Sistemas mistos	190
9.7	HMTs	191
9.8	BMPs em derrames pontuais	192
9.9	HTMs no controle da poluição difusa	193
9.10	HTMs em baias e estacionamento de veículos	194
9.11	HTMs em pistas de rolamento	195
9.12	Volumes dos sistemas	197
9.13	Regulamentação	198
9.14	Ferramentas	199
9.15	Sobre as fases do licenciamento	200
9.16	Indicadores de macro localização	201
9.17	Indicadores de micro localização	202
9.18	Análise geral dos sistemas nacionais	203
9.19	Comparação entre os principais sistemas nacionais de pista	212
9.20	Fator tempo	217
10	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	223
10.1	Conclusões finais da pesquisa	223
10.2	Recomendações	224

REFERÊNCIAS	228
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	236
APÊNDICE 1- RODOVIAS: CLASSIFICAÇÃO, PAVIMENTO	240
APÊNDICE 2 – IMPACTOS, POLUIÇÃO, EIA, ÁGUA E GESTÃO	248
APÊNDICE 3 - PRINCÍPIOS E MEIO AMBIENTE NA LEGISLAÇÃO	265
ANEXO A – FOTOS DE SISTEMAS NOS EUA	268
ANEXO B – FOTOS DE SISTEMAS EM SÃO PAULO - BRASIL	270
ANEXO C – PROJETOS E ESQUEMAS NA ALEMANHA	276
ANEXO D – PROJETOS NO BRASIL	279

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho analisa o tema de proteção de recursos hídricos em rodovias. As estruturas de mitigação de impactos por derrames de produtos perigosos e a poluição difusa ganham destaque quando rodovias atravessam regiões ambientalmente sensíveis ou áreas onde é necessária a manutenção da qualidade das águas. O desenvolvimento contempla a análise dos sistemas utilizados principalmente no estado de São Paulo, sua localização e principais características.

Selecionou-se como estudo de caso a obra rodoviária estadual do Rodoanel Mario Covas Trecho Sul, na região metropolitana de São Paulo, que atravessa dois dos principais reservatórios que a abastecem e onde foram instaladas essas estruturas de mitigação.

1.1 Estrutura do Texto

A dissertação está organizada em capítulos, a seguir sintetizados:

- a) O Capítulo 1, apresenta a introdução ao tema, a estrutura resumida do texto, a justificativa, o contexto, e o foco da dissertação.
- b) O Capítulo 2, contém a estruturação e concepção da pesquisa. Desde os motivos para a escolha do tema pelo autor, a seleção dos objetivos, até a definição de métodos e os procedimentos adotados.
- c) O Capítulo 3 trata dos aspectos indiretamente relacionados ao tema como: empreendimento rodoviário, classificação de rodovias, drenagem de estradas, dimensionamento de dispositivos, manutenção e métodos de hidrologia para a estimativa de vazões, licenciamento ambiental, estudos de impactos ambientais das estradas sobre recursos hídricos, poluição, água, e sistemas de gestão na fase de operação de rodovias.
- d) O Capítulo 4 aborda os aspectos diretamente relacionados ao tema como: acidentes com produtos perigosos em rodovias, pontos sensíveis,

programas de resposta a emergências - PAE, roteamento¹ e bancos de dados.

- e) Os Capítulos 5 e 6 abrangem os sistemas de pré-tratamento, captura e tratamento, abordando a tipologia, e conceitos utilizados atualmente no Brasil e internacionalmente. Os sistemas de captura e tratamento de poluentes se misturam induzindo parte da pesquisa ao estudo dos sistemas de tratamento para entender seu processo e conceito.
- f) O Capítulo 7 relaciona os principais marcos legais sobre rodovias, recursos hídricos, licenciamento ambiental e do pacto federativo no que concerne a competências e sua relação com o tema.
- g) O Capítulo 8 caracteriza o objeto de estudo de caso. Apresenta o empreendimento Rodoanel Mario Covas Trecho Sul, suas fragilidades ambientais, a importância dos recursos hídricos envolvidos, as análises de risco, simulações, documentos técnicos e as medidas estruturais implantadas.
- h) No Capítulo 9 são apresentadas as análises e discussões, sobre os aspectos abordados.
- i) Conclusões e recomendações finalizam esse estudo no Capítulo 10.
- j) Outras informações e imagens complementam o estudo nos apêndices e anexos.

1.2 Tema-Problema

A proposta da pesquisa baseia-se no seguinte tema-problema: a escassez de água nos grandes centros urbanos, onde cada vez mais a demanda tende a suplantar a oferta, seja por aumento populacional² (tabela 1), ou por redução da oferta³ ou por baixa disponibilidade hídrica para determinadas regiões⁴ atual e futuramente (figuras 1 a 3).

¹ Estudo de rotas alternativas.

² O crescimento populacional dos municípios da região metropolitana do Município de São Paulo, pode ser observado em dados dos censos do IBGE, dos anos de 1980,1991 e 2000, e 2010.

³ A reportagem do Jornal Folha de São Paulo, de 2009, foi baseada em um estudo da FUSP, Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo, de 2008, e indica uma tendência de redução da captação de água bruta constatada entre 2002 à 2007, que caiu de 72,9 mil para 67,8 mil litros por segundo, em São Paulo.

Desse problema decorre a preocupação no desenvolvimento de tecnologias que visem manter a sustentabilidade de rodovias, mitigando os impactos ao meio ambiente dessas obras que atravessam áreas onde as funções ambientais dos recursos hídricos devem ser preservadas.

Tendo em vista que a legislação estabelece as obras viárias como de utilidade pública⁵, onde devem ser levadas em conta as alternativas técnicas e locais de traçado bem como medidas mitigadoras de impactos ambientais significativos, essas estruturas podem ser consideradas como uma alternativa técnica nova, que deva ser estudada e ampliada, para o caso de rodovias que atravessem recursos hídricos importantes.

No caso do estado de São Paulo, Paraná e Rio de Janeiro, algumas estruturas encontram-se em uso em trechos de rodovias, mesmo sem uma normatização estabelecida. Desta forma uma questão essencial emerge:

Onde instalá-las, e que critérios utilizar em seu dimensionamento?

Tabela 1 – Crescimento populacional na Região Metropolitana de São Paulo

IBGE	POPULAÇÃO			
	1980	1991	2000	2010
MUNICIPIOS				
COTIA	62.948	107.453	148.967	201.150
DIADEMA	228.683	305.267	357.064	386.089
EMBU	95.800	155.990	207.563	240.230
EMBU GUAÇU	21.038	26.277	58.916	62.769
FERRAZ DE VASCONCELOS	56.046	96.166	142.377	168.306
ITAPECERICA DA SERRA	60.473	93.146	129.685	152.614
MAUÁ	205.736	294.998	363.392	417.064
POÁ	52.787	76.302	95.801	106.013
RIBEIRÃO PIRES	56.530	85.085	104.508	113.068
RIO GRANDE DA SERRA	20.091	29.901	37.091	43.974
SANTO ANDRÉ	553077	616.991	649.331	676.407
SÃO BERNARDO DO CAMPO	425.611	586.893	703.177	765.463
SÃO CAETANO	163.086	149.519	140.159	149.263
SÃO PAULO	4.512.951	5.634.752	6.441.493	11.253.503
SUZANO	101.056	158.639	226.890	262.480
TABOÃO DA SERRA	97.656	160.084	197.544	244.528

Fonte: Adaptado de IBGE, 2010.

⁴ A análise do DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica, Projeto Água Limpa, indica a situação atual da disponibilidade hídrica de água superficial por bacia, e projeta para 2020 a demanda versus a disponibilidade, indicando as bacias deficitárias em vermelho.

⁵ A Lei nº4.771/65, o Código Florestal, que estabeleceu o conceito de áreas protegidas como o da Área de Preservação Permanente, APP, também previu, em seu artigo 4º, as obras que podem intervir nestas áreas, como as de infra-estrutura de transporte, desde que apresentadas as alternativas técnicas e locais.

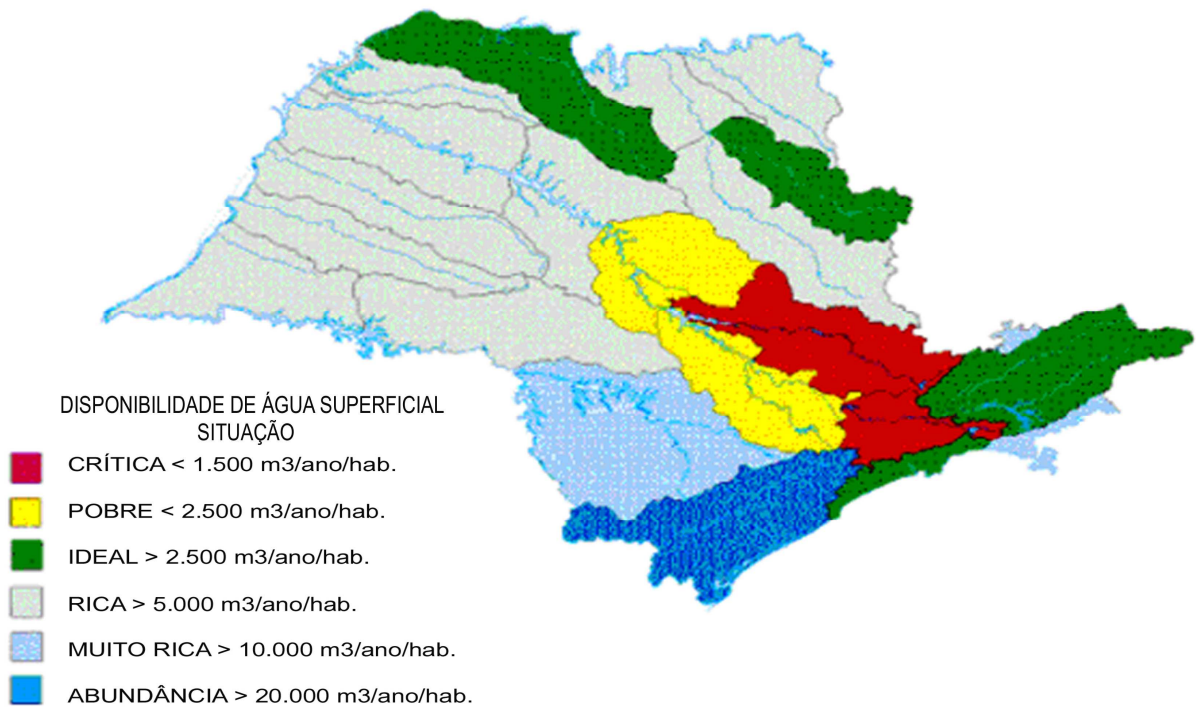


Figura 1 – Disponibilidade de Água Superficial.
Fonte: Adaptado de DAEE, 2010.

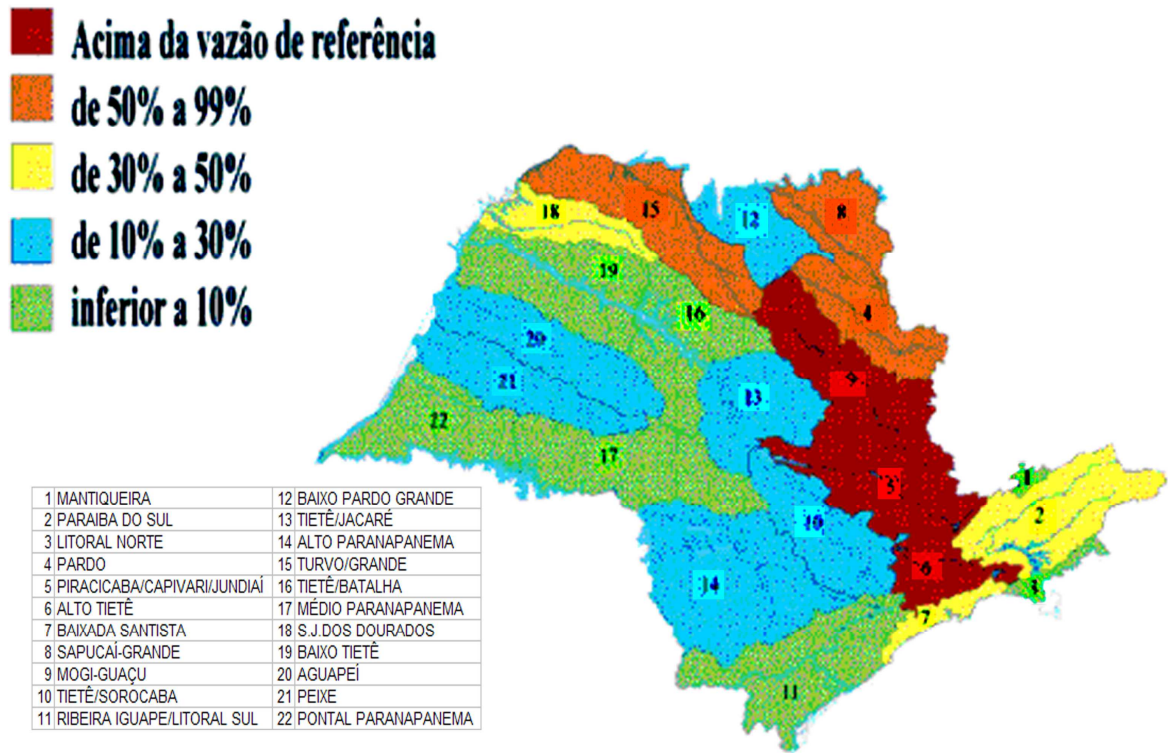


Figura 2 – Disponibilidade de Água Superficial x Demanda em 2020.
Fonte: Adaptado de DAEE, 2010.

GRANDE SÃO PAULO REDUZ A OFERTA DE ÁGUA

Região tem 5.100 litros por segundo a menos para explorar.

1 COMO FUNCIONA

Sistemas responsáveis pelo abastecimento de SP desagüam em sistemas maiores, onde são retiradas para a irrigação, abastecimento, etc..

2 O PROBLEMA

Tais sistemas estão captando menor quantidade de água a cada ano, o que compromete a chamada "vazão garantida".

3 OS MOTIVOS

Não é possível definir apenas um motivo principal, um fato que contribui para essa diminuição é o uso em maior quantidade.

4 CONSEQUÊNCIAS

Com menor oferta de água, surge a necessidade de buscar outros pontos de captação, como por exemplo o Vale do Ribeira.

NÍVEIS DE VAZÃO

(em mil litros/seg)

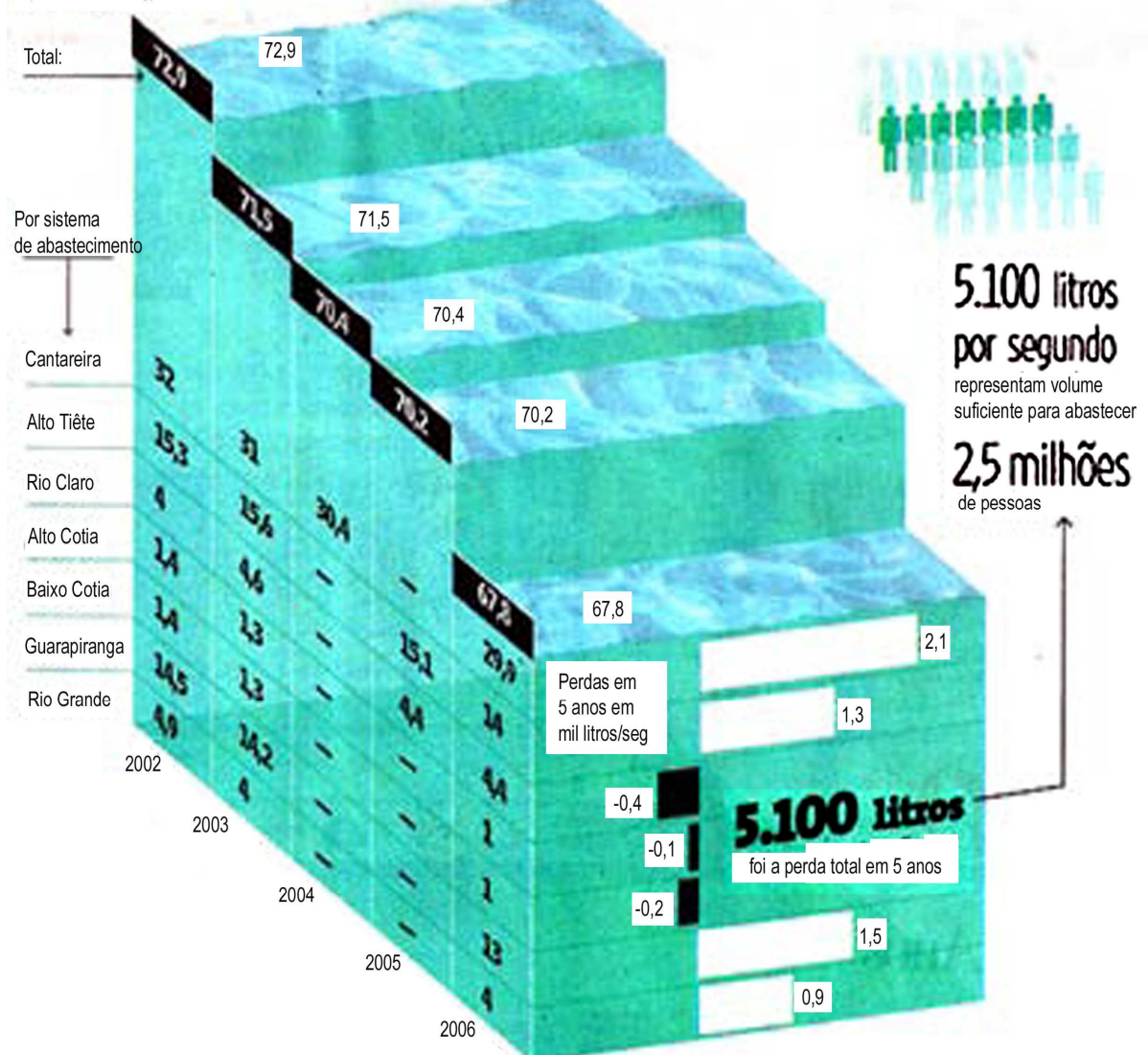


Figura 3 – Estudo vê risco de colapso de água em São Paulo. Reportagem do jornal Folha de São Paulo.

Fonte: Adaptado de CREDENDIO, 2009.

As rodovias convencionais são projetadas com sistemas de drenagem superficial, cuja função básica é de captar e retirar rapidamente o excesso de águas pluviais da pista. A água retirada da pista deve ser conduzida a uma velocidade que evite a erosão e não promova o assoreamento dos dispositivos. Deve manter a segurança do tráfego em situações de chuva, permitindo-se a manutenção de determinada velocidade de projeto para a circulação de veículos, direcionando essa água captada para os corpos d'água naturais ou talvegues mais próximos (DNIT, 2006).

Para atender ao problema de transporte de cargas perigosas e de proteção aos recursos hídricos surgem as necessidades de pesquisa de novas tecnologias e de aumento da sustentabilidade das rodovias na fase de operação.

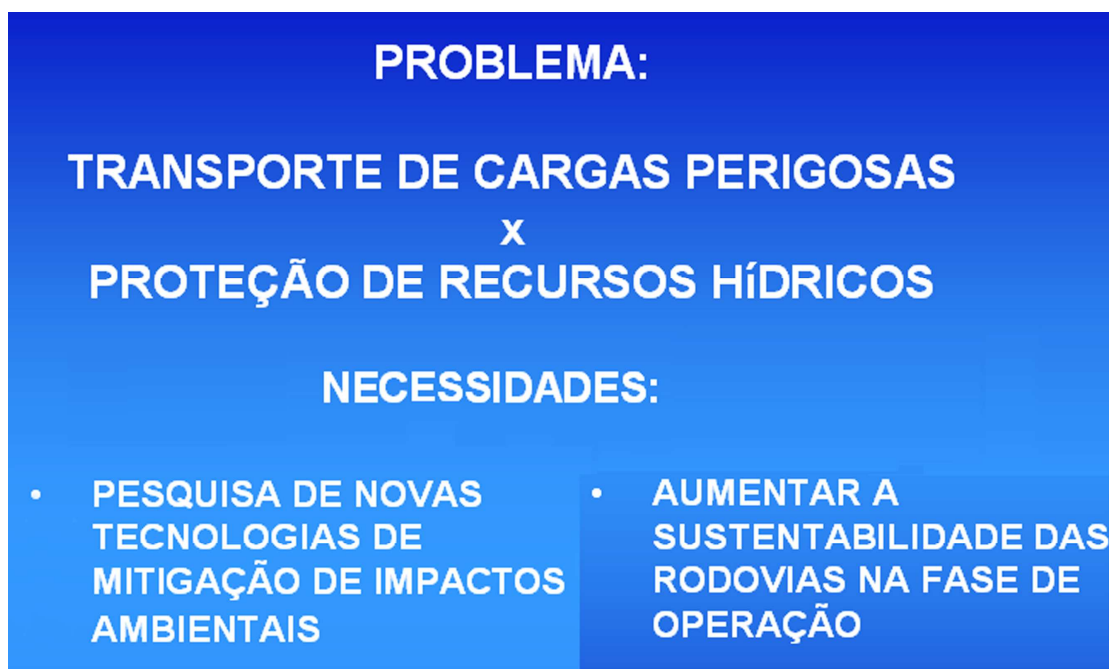


Figura 4 – Problema e necessidades. Transporte de cargas perigosas em contraposição à proteção dos recursos hídricos gerando necessidades.
Fonte: Elaborado pelo autor.

1.3 O modal rodoviário

O transporte rodoviário passou a evidenciar a sua importância no processo de integração nacional a partir dos anos quarenta, em especial após o término da segunda Guerra Mundial (DNIT, 2010).

Como opção de modal brasileiro de transporte, o rodoviarismo teve seu grande crescimento a partir de 1956, com a implantação de onze empresas

automotivas estrangeiras no Brasil, impulsionadas por facilidades fiscais e pelo “Plano de Metas” que estabelecia a construção de novas rodovias (COSTA, ALONSO & TAMIOKA, 2001).

A malha rodoviária brasileira apresentou sua maior expansão nas décadas de 60 e 70, somando 20% do total de gastos do setor público, conforme Relatório do Banco Mundial, foram destinados à construção e manutenção de estradas (DNIT, 2010).

A tendência histórica de priorizar investimentos públicos no modal rodoviário não constituiu apenas uma peculiaridade brasileira. Na Europa, apesar do apoio governamental de incentivo à intermodalidade, principalmente do setor ferroviário, os dados da “International Road Transport Union” (IRU, 2010) demonstram que as rodovias avançam e ganham cada vez mais espaço no meio urbano ou no rural.

A malha viária pavimentada do estado de São Paulo tem um total de 35 mil quilômetros – sendo 22 mil estaduais, com 1.050 federais e quase 12 mil em estradas vicinais pavimentadas. Esse sistema possibilita que mais de 90% da população do estado de São Paulo esteja a menos de 5 km de uma rodovia pavimentada. De toda a carga movimentada no estado, 93% é transportada por esse modal (ST, 2010).

De acordo com David (2002, apud COSTA, 2010), 80% do total de toneladas de carga do país é concentrado em São Paulo, na região inserida no polígono entre Santos, São Jose dos Campos, Campinas e Sorocaba.

Segundo Costa (2010), nos países subdesenvolvidos a maior parte do investimento financeiro em empreendimentos rodoviários está concentrada nas fases de concepção e implantação. Por causa de problemas orçamentários constantes, não desenvolvem as fases subseqüentes de manutenção e recuperação. A falta de manutenção e recuperação aumenta o número de acidentes e reduz a capacidade de tráfego das rodovias, incrementando assim o chamado “custo Brasil”, que compõe o custo indireto inserido nos preços relativos a esses problemas de falta de infra-estrutura adequada, cujo efeito é a redução da competitividade internacional.

Segundo Fogliatti, Filippo & Goudard (2004), a utilização do modal rodoviário, apesar de apresentar vantagens competitivas e o diferencial de transportar produtos,

porta a porta, contribui para a criação e ampliação das fontes poluidoras, sendo o combustível utilizado sua principal causa.

As rodovias representaram 24,3 % de todas as licenças e autorizações federais emitidas pelo IBAMA em 2010, como ilustra a figura 5. Isso ressalta a importância desse tipo de licença entre as atividades potencialmente poluidoras.

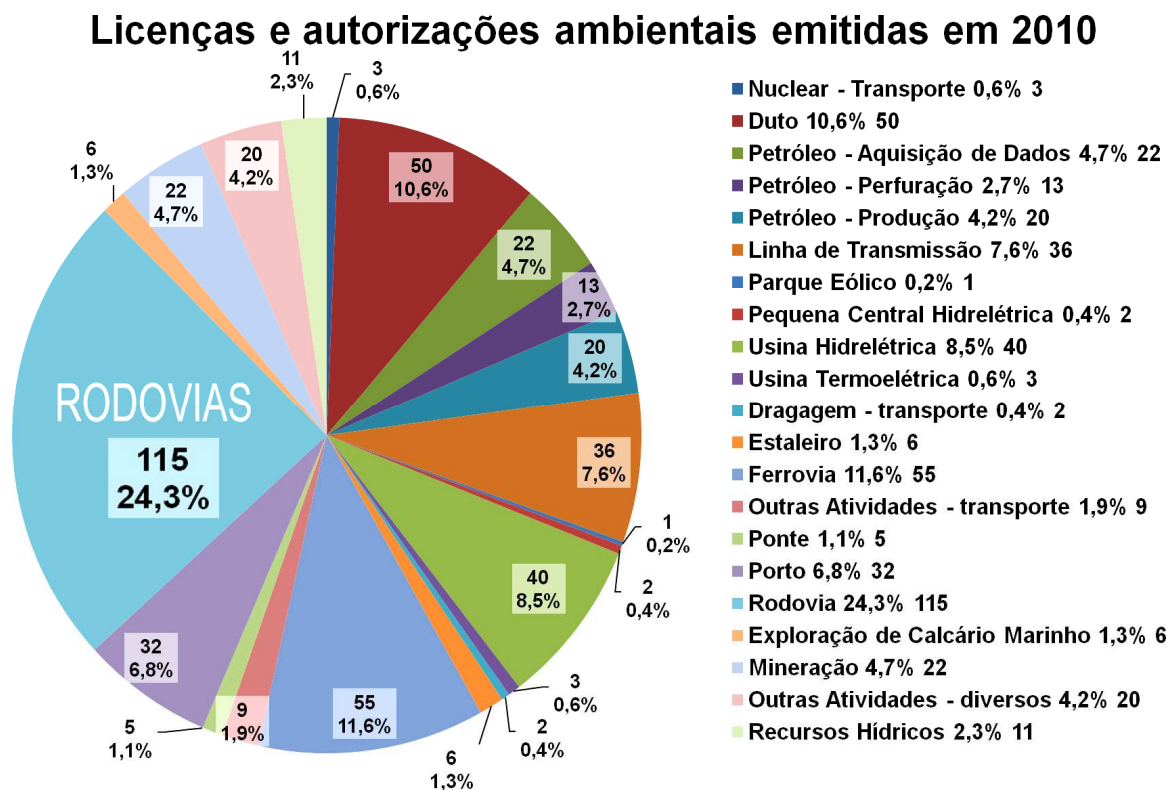


Figura 5 – Licenças e autorizações ambientais federais por empreendimento, emitidas pelo Sistema de Licenciamento Federal em 2010.
 Fonte: adaptado de Costa, Forattini & Queiroz, 2011.

A demanda histórica de empreendimentos potencialmente poluidores por licenciamento ambiental federal pode ser observada na figura 6, que ilustra a evolução dos processos/ano de licenciamento em tramite no IBAMA, desde 1988 com 1 processo, até 2010 com 1675 processos. A curva indica uma demanda crescente no licenciamento ambiental federal.

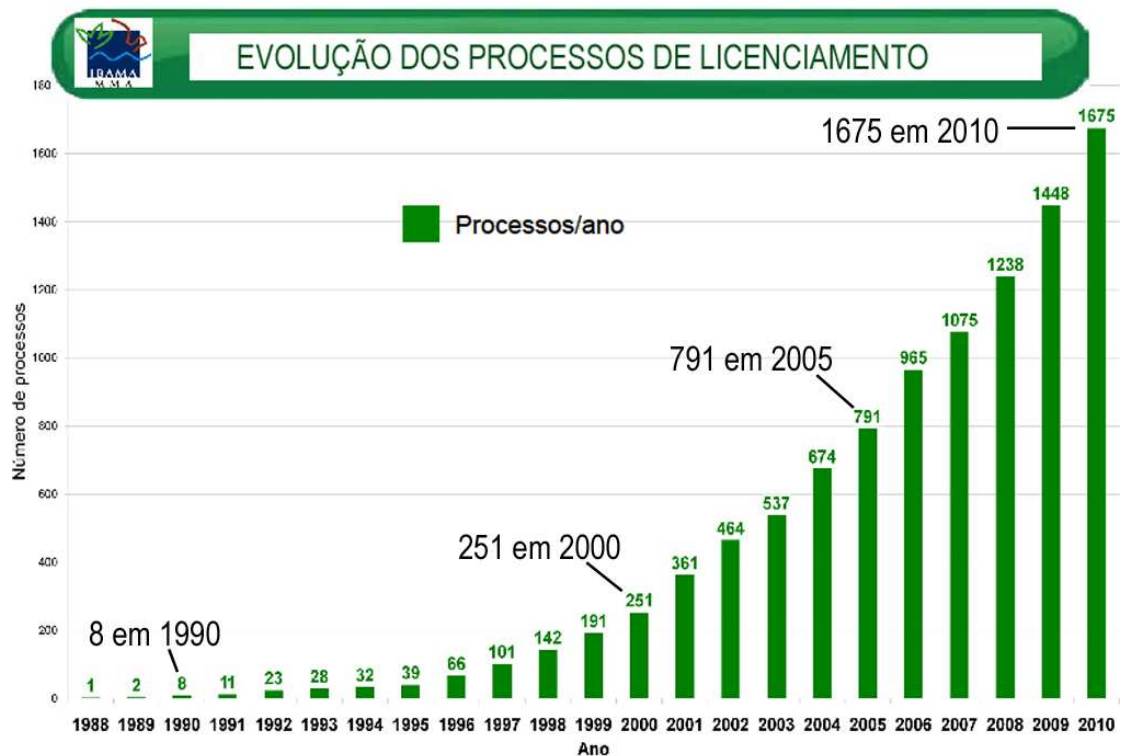


Figura 6 – Demanda por licenças e autorizações ambientais federais emitidas pelo Sistema de Licenciamento Federal do IBAMA em 2010.
 Fonte: adaptado de Costa, Forattini & Queiroz, 2011.

1.4 Acidentes no transporte de produtos perigosos em rodovias

Os acidentes rodoviários com veículos que transportam produtos perigosos são importante fonte de contaminação de recursos hídricos e ao contrário da poluição difusa, que é constante e de baixa intensidade, a poluição por derrames de produtos perigosos pode ter conseqüências catastróficas.

O desenvolvimento econômico impõe como imprescindível a movimentação pelos diversos tipos de transportes de produtos e rejeitos, que por suas características, são potencialmente agressivos ao meio ambiente. Essa movimentação ocorre em todas as modalidades de transporte em volumes cada vez maiores. Isto acontece, por exemplo, com o transporte de cloro, derivados de petróleo, com rejeitos industriais, rejeitos hospitalares, etc. Cabe à sociedade disciplinar e controlar a circulação desses, uma vez que sempre existe o risco de acidentes com os veículos que os transportam.

Assim, devem os projetistas buscar soluções para diminuir e/ou eliminar estas possibilidades, tanto no segmento construtivo como no operativo, por meio de planos de contingência e emergência, de monitoramento e ainda de medidas

mitigatórias. Portanto, podem acontecer ocorrências catastróficas, apesar das providências adotadas de proteção (CETESB, 2010a).

Atualmente, estima-se que existam cerca de vinte milhões de formulações químicas; aproximadamente um milhão delas representam substâncias ou produtos perigosos. Dos produtos classificados pela ONU, somente 800 possuem estudos sobre seus efeitos na saúde ocupacional do homem (CETESB, 2010a).

O risco de possíveis derramamentos de produtos químicos perigosos em rodovias, motivados por acidentes automobilísticos já são bem conhecidos (CETESB, 2010a). Levando-se em conta o sistema de drenagem convencional das rodovias, as áreas de manancial, ou de importância ambiental relevante, é possível que seja gerado um desastre de grandes proporções se os produtos perigosos chegarem até o ponto da captação d'água.

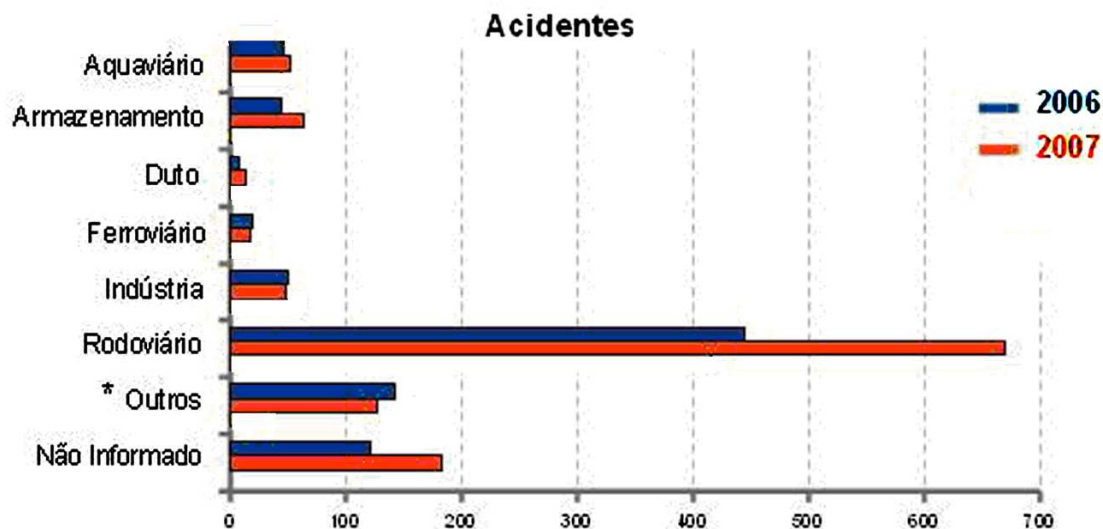
Mesmo que estes produtos não alcancem a captação deve-se considerar os impactos que possam ocorrer nos ecossistemas aquáticos (IAIA, 2010).

Nas figuras 7, 8 e 9 apresenta-se o levantamento de acidentes com produtos perigosos cadastrados para o Brasil em 2006 e 2007, em dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2007).

Na figura 7, pode-se observar a quantidade de acidentes, que evoluíram de 875 ocorrências em 2006, para 1.171 em 2007. Na figura 8 os acidentes foram separados por tipologia, com o modal rodoviário como líder isolado, e na figura 9 a quantidade de acidentes por classe de risco em classificação da ONU, onde os líquidos inflamáveis lideram.

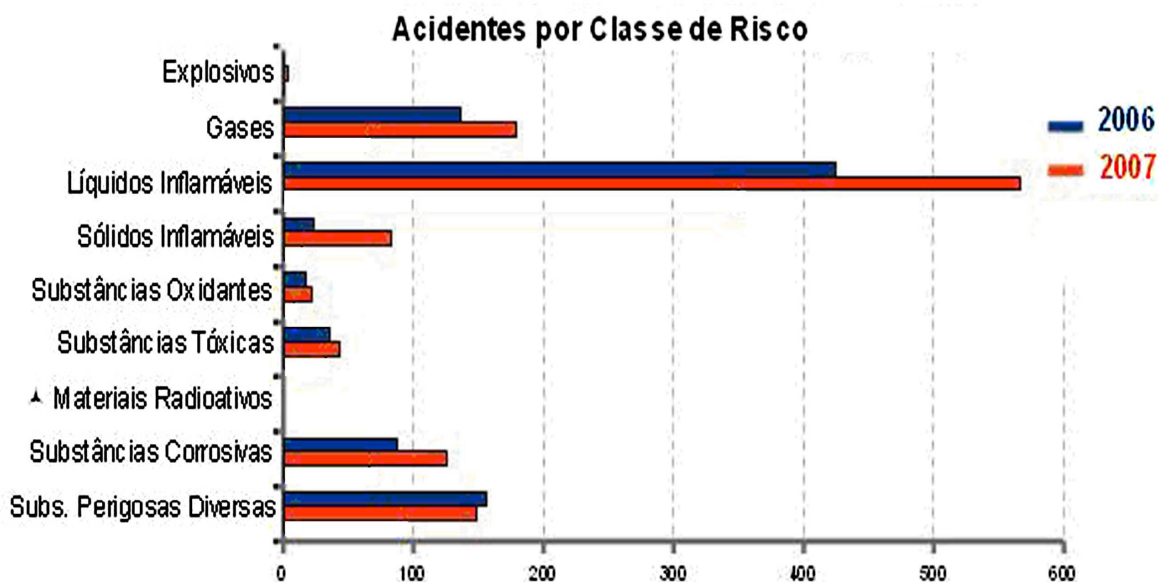


Figura 7 - Número de Acidentes/Mês no Brasil com produtos perigosos, e totais dos anos de 2006 e 2007. Evolução nacional.
Fonte: Adaptado de MMA, 2007.



* descarte, domicílio, comercial, ruas urbanas, barragens, portos, mineração, etc.

Figura 8 - Número de Acidentes/Ano por tipologia, no Brasil, em 2006 e 2007. Modal rodoviário na liderança.
Fonte: Adaptado de MMA, 2007.



▲ não está no escopo do P2R2

Figura 9 - Número de Acidentes/Ano por Classe de Risco, segundo a ONU, no Brasil. Líquidos inflamáveis lideram.
Fonte: Adaptado de MMA, 2007.

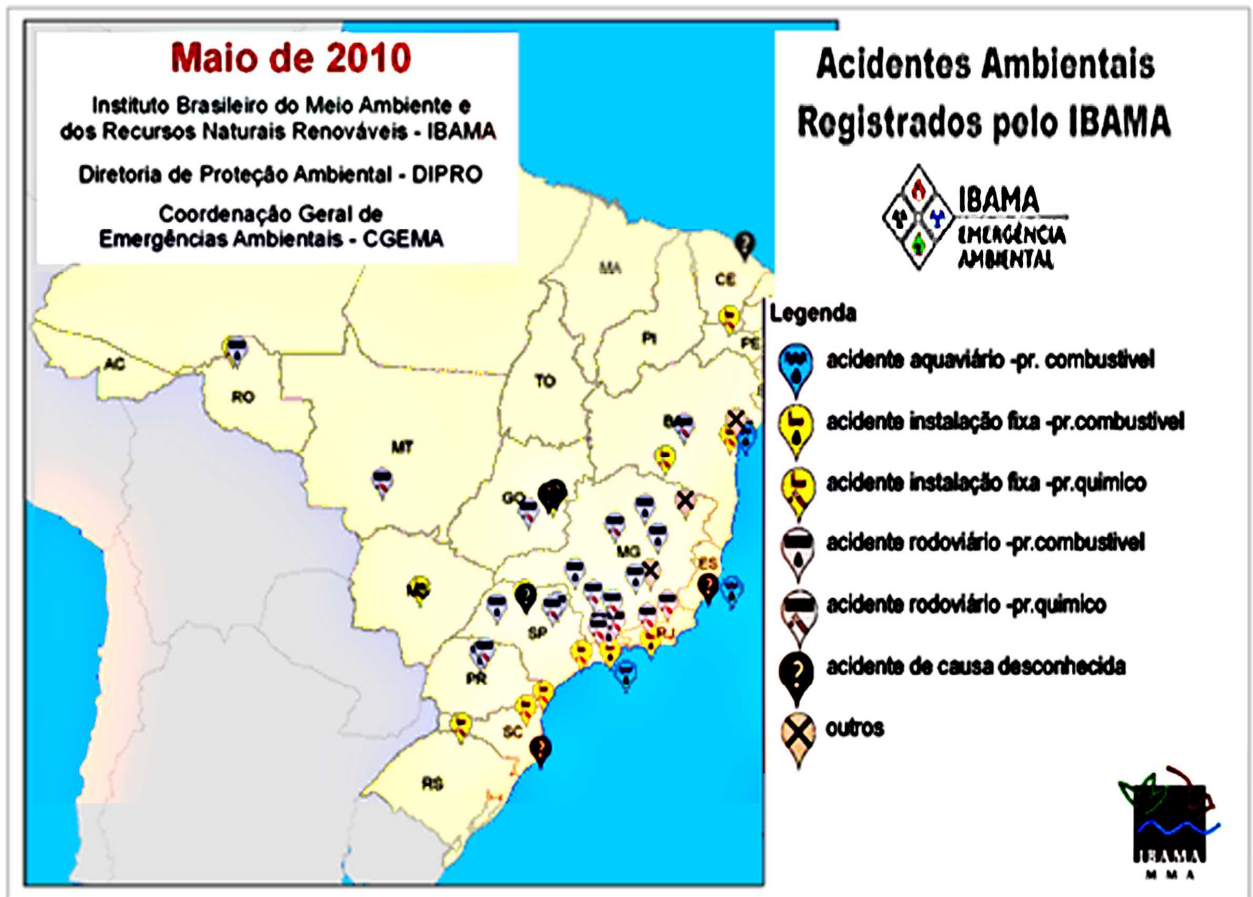


Figura 10 – Localização dos Acidentes Ambientais Registrados pelo IBAMA em maio de 2010. Grande concentração no sudeste do país.
 Fonte : Adaptado de IBAMA, 2010.

Na figura 10 apresenta-se a distribuição espacial dos acidentes pelo Brasil, em informações coletadas pelo IBAMA, em maio de 2010, pela qual se observa a maior incidência de acidentes rodoviários com produtos perigosos ocorrendo no sudeste do país.

Segundo a Cetesb (2007b), a maior incidência de acidentes no transporte rodoviário de produtos perigosos foi observada nas Rodovias Régis Bittencourt (42 acidentes), seguida pela Anhanguera (27), Presidente Dutra (17), Bandeirantes (15), Presidente Castello Branco (12) e Washington Luiz (11). No que se refere aos produtos envolvidos nos acidentes os líquidos inflamáveis (gasolina, álcool etílico, óleo diesel, entre outros), representam a grande maioria dos atendimentos, seguido dos produtos não identificados, não classificados, corrosivos (ácido sulfúrico, soda cáustica, entre outros) e pelos gases (amônia, GLP e gás natural).

A figura 11 ilustra a evolução geral do numero de acidentes no modal rodoviário, por distribuição histórica de 1983 a 2008 no estado de São Paulo.

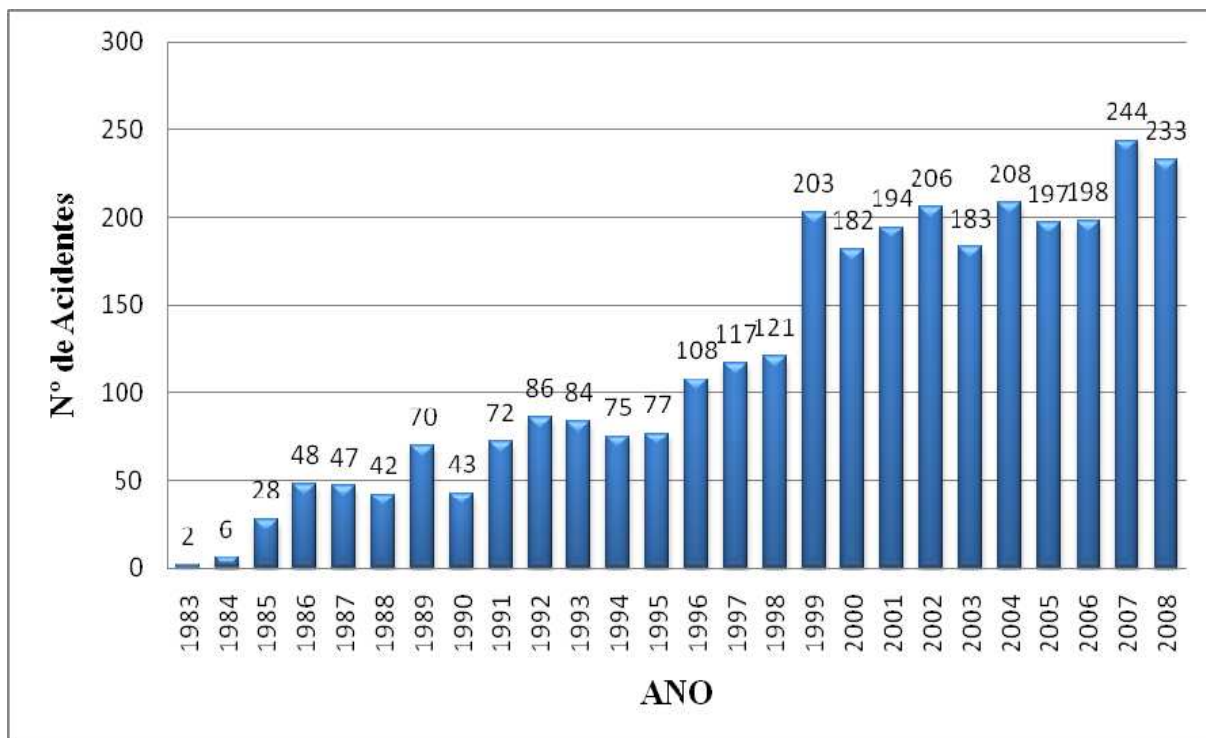


Figura 11 – Distribuição anual de acidentes no transporte rodoviário de 1983 a 2008, em SP. Aumento dos acidentes estaduais.
 Fonte: DERSA & ITSEMAP, 2010.

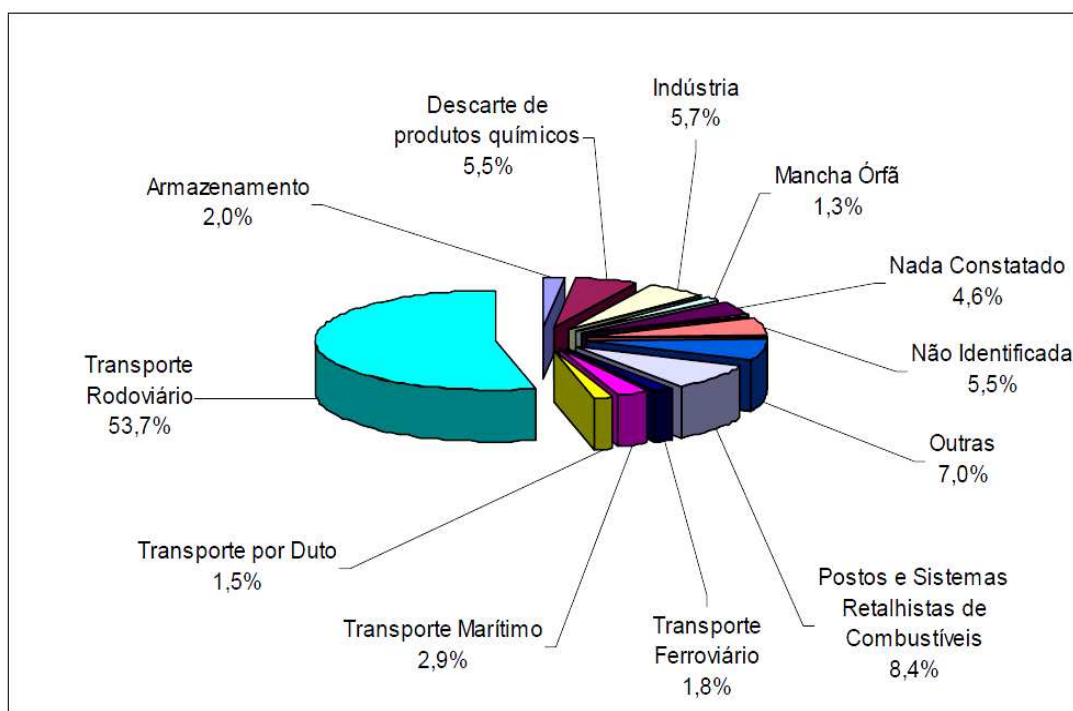


Figura 12 – Emergências químicas de 2007/SP classificadas por atividade geradora.
 Fonte: CETESB, 2007b.

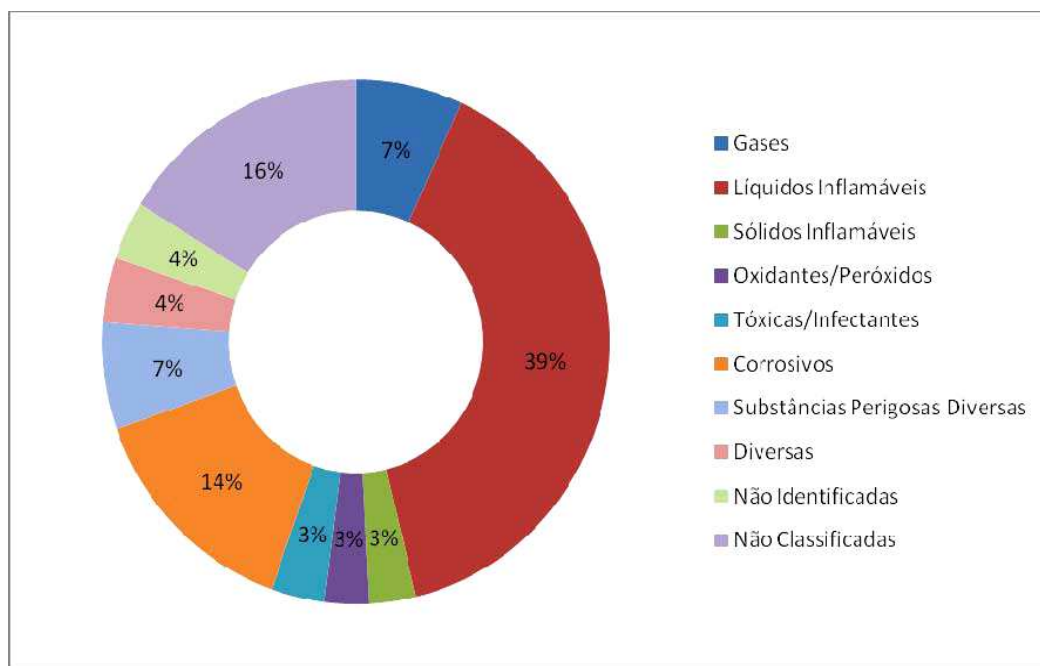


Figura 13 – Distribuição Percentual dos Acidentes no Transporte Rodoviário/SP por Classe de Risco, segundo a CETESB – 1983/2008.
 Fonte: DERSA & ITSEMAP, 2010.

Nas informações referentes a emergências químicas no ano de 2007, da Cetesb (2007b), por atividade geradora, o transporte rodoviário apresenta-se com 53,7% das ocorrências, como se pode observar na figura 12. Isso representa mais da metade dos acionamentos, seguido apenas pelos postos de combustíveis, indústrias e descarte de produtos químicos.

A figura 13, mostra o percentual de acidentes por Classe de Risco, em dados da Cetesb (DERSA & ITSEMAP, 2010), onde os líquidos inflamáveis representam a maioria com 39%.

O levantamento feito pela CETESB (2007b) sobre os compartimentos ambientais atingidos em decorrência das emergências químicas, em diversos modais no estado de São Paulo, indica que em 2007 ocorreram 318 casos (70,0%) que causaram contaminação do solo, 157 casos (34,5%) de contaminação do ar, e 88 casos (19,4%) de contaminação de recurso hídrico.

No âmbito estadual, o modal de transporte rodoviário foi o que gerou maior número de emergências químicas no estado de São Paulo. As rodovias estaduais e intermunicipais são objeto de licenciamento pelo Sistema de Meio Ambiente do Estado. Esse sistema licencia a instalação, ampliação, duplicação e operação de rodovias. Conforme a resolução SMA 81/98, exige-se da empresa administradora da

rodovia a elaboração de Plano de Ação de Emergência, o PAE⁶, para o atendimento a acidentes com produtos perigosos, os quais são analisados pela Cetesb.

Nos planos de emergência, a velocidade de resposta é uma ação preponderante para que a área afetada não se amplie exageradamente, e desta forma seja perdido o controle sobre o evento. Sob este ponto de vista a contenção para gases e líquidos apresenta problemas maiores por se espalharem rapidamente (CETESB, 2010a).

1.5 Foco da dissertação: Sistemas para a proteção dos recursos hídricos

No que se refere à proteção de recursos hídricos utilizados para captação de água para consumo humano, sabe-se que estes podem ser afetados quando da ocorrência de acidentes em rodovias. Dessa forma, há alguns anos, o órgão licenciador estadual passou a solicitar ao empreendedor como medida mitigadora para a atenuação desses impactos, a instalação de sistemas de retenção ou contenção de vazamentos de produtos químicos. A iniciativa surgiu também de setores de meio ambiente de concessionárias mesmo sem a solicitação formal da CETESB.

Esses sistemas, na maioria dos casos, são compostos de caixas de concreto instaladas no sistema de drenagem de rodovias, a montante de recursos hídricos de relevante interesse ambiental e social, cuja finalidade é de reter ou conter qualquer produto químico derramado na rodovia, evitando a contaminação do corpo hídrico. As fotos 1 e 2 ilustram exemplos dessas caixas.

Um resumo do contexto do modal rodoviário e da situação atual os recursos hídricos no Brasil pode ser observado na figura 14.

⁶ O PAE, será analisado mais detalhadamente no próximo capítulo.



Foto 01 – Caixa de produtos perigosos, instalada na estrada de serviço, sob a pista descendente da Rodovia dos Imigrantes. Observa-se a tubulação de entrada fixada à obra de arte.

Fonte: Elaborado pelo autor.



Foto 02 – Caixa de produtos perigosos, em pátio de caminhões no entroncamento da Rodovia Anchieta com a interligação para a rodovia dos Imigrantes.

Fonte: Elaborado pelo autor.

MODAL RODOVIÁRIO NO BRASIL

- Principal modal de transporte
- Crescimento da malha viária
- Crescimento do número de acidentes
- Maior interferência com áreas protegidas
- Atividade poluidora (na operação)
- Produtos perigosos (risco)

RECURSOS HÍDRICOS

- Crescimento populacional (maior demanda)
- Redução da oferta de água (vários motivos)
- Conflito de usos (necessidade de gestão)
- Necessidade de conservação (eficiência)

Figura 14 – Resumo do contexto atual sobre o Modal Rodoviário e Recursos Hídricos.

Fonte: Elaborado pelo autor

As conseqüências dos acidentes com produtos perigosos podem ser minimizadas pela capacidade de resposta dos órgãos envolvidos. São elementos essenciais para uma adequada ação de combate, segundo a CETESB (2007b):

- a integração entre as instituições;
- planejamento das ações;
- capacitação das equipes de resposta;
- e disponibilidade de recursos materiais compatíveis com os diversos cenários acidentais em potencial.

Desse modo o foco da pesquisa de dissertação consiste na avaliação dessas estruturas de mitigação que compõe o sistema de drenagem da rodovia. Essas estruturas podem reter ou conter os poluentes por um lapso de tempo suficiente para que se tomem outras providências emergenciais, minimizando os impactos ambientais decorrentes.

A escolha do tema justifica-se em função da sua relevância e da necessidade de estudos mais aprofundados. Em um levantamento preliminar, percebe-se que não existem normas técnicas, há pouca legislação, e que a construção destas estruturas

foi adotada apenas em alguns locais da Europa, dos EUA e parcialmente em algumas estradas brasileiras.

Na obra do Rodoanel optou-se pelo uso desses sistemas, com adaptações e inovações. No trecho sul foram adotados por indicação do diagnóstico ambiental do estudo de impactos ambientais (DERSA & FESPSP, 2004b), uma vez que o traçado atravessa importante área de mananciais que abastece a região metropolitana de São Paulo.

Concentra-se a pesquisa no derramamento de substâncias líquidas consideradas perigosas as quais são responsáveis por acidentes potencialmente mais graves. Não estão incluídos aqui os materiais poluentes, provenientes de acidentes automobilísticos, que se volatilizem rapidamente ou gasosos que não possam ser transportados aos corpos d'água pelos sistemas de drenagem.

De modo geral a utilização de estruturas de mitigação proposta para essa estrada ocorreu em virtude de pressões da sociedade, seja por estabelecimento de legislações de proteção ambiental, como também em função de legislações específicas voltadas à proteção local. Desta forma, pela região e pela etapa em que se encontrava a obra do Rodoanel, estavam reunidas condições propícias para a observação da implantação dessas estruturas.

Foram adotadas as seguintes premissas para o problema:

- a) Projeção de aumento de demanda de água para consumo humano;
- b) Necessidade do uso eficiente do recurso hídrico;
- c) Diminuição da oferta de água em regiões metropolitanas por pressão antrópica;
- d) Aumento e ampliação dos sistemas de transportes como rodovias sobre áreas protegidas;
- e) Necessidade de desenvolvimento de novas tecnologias de proteção ou mitigação;
- f) Necessidade de se aprimorar a sustentabilidade das rodovias;
- g) Proposição de novas alternativas técnicas para a mitigação de impactos ambientais em recursos hídricos na operação de rodovias, em contribuição aos processos de licenciamento;

2 PESQUISA: TEMA, OBJETIVOS E MÉTODOS

Esse capítulo trata da estruturação e concepção da pesquisa. Desde os motivos para a escolha do tema, a seleção dos objetivos, até a definição de métodos e procedimentos adotados.

2.1 Escolha do tema

A escolha do tema e a seleção dos objetivos envolveu a experiência do autor, com formação acadêmica em engenharia civil e administração de empresas, com atuação no setor de obras e projetos por 18 anos, e na área de meio ambiente durante os últimos 8 anos. A experiência como analista ambiental do IBAMA, na Superintendência de São Paulo ocorreu em setores como o de emergências, o da divisão técnica, e no núcleo de licenciamento. Especificamente na área de licenciamento, a oportunidade de participação no processo estadual do Rodoanel Mario Covas, e a participação em licenciamentos federais do IBAMA, permitiram uma visão integrada e crítica aos processos de licenciamento estaduais e federais.

Em relação aos dispositivos estudados, o autor buscou uma visão multidisciplinar entre o licenciamento, emergência, engenharia e meio ambiente.

2.2 Objetivos

Os objetivos da pesquisa são subdivididos em geral e específicos.

O objetivo geral da pesquisa é o de localizar, identificar e analisar os sistemas e seus critérios de instalação, ou seja executar o levantamento e a avaliação dos sistemas nacionais. Este objetivo encaminha o estudo à identificação de parâmetros significativos referentes a sua implantação, o que fornece subsídios aos órgãos ambientais licenciadores ou a outros interessados no tema, contribuindo para a consolidação e disseminação dessas tecnologias.

O próprio processo de pesquisa e análise já visa a atingir alguns dos objetivos específicos, outros são conseqüências do objetivo principal.

Os objetivos específicos são os seguintes:

- a) Levantar o “estado da arte” em que se encontram estas tecnologias, internacionalmente e no Brasil;

- b) Identificar os marcos legais ligados ao tema;
- c) Identificar o que é indicado nos manuais de projetos rodoviários oficiais;
- d) Analisar um estudo de caso onde são utilizadas essas estruturas;
- e) Identificar as soluções que vêm sendo utilizadas nas rodovias brasileiras;
- f) Localizar e reunir informações técnicas e projetos dos sistemas nacionais;
- g) Identificar quais aspectos, ferramentas, ou processos que são significativos para a implantação desses dispositivos por meio do estudo de caso.
- h) Analisar e propor medidas para a consolidação e melhoria desses sistemas.

2.3 Métodos

O desenvolvimento dessa pesquisa iniciou-se pela análise do Estudo de Impacto Ambiental - EIA, do Trecho Sul do Rodoanel Mario Covas, quanto à identificação dos impactos que levaram à adoção dos sistemas de retenção como medida mitigadora. Em seguida houve a identificação dos locais onde foram implantados e os tipos de sistemas adotados. Segundo Vargas (1985), o método científico adotado para essa fase foi o indutivo.

Como esses dispositivos incorporam-se aos sistemas de drenagem convencional, a pesquisa foi direcionada aos manuais de projetos de estradas, conceitos básicos e modelos de projeto. Dessa forma além de revisar os conceitos que influem no projeto de drenagem como ponto de partida, tentou-se identificar também, qualquer menção aos sistemas, com a finalidade de se saber a que ponto esses conceitos haviam sido absorvidos pela área técnica de projetos de estradas no Brasil. Para a revisão de terminologia e conceitos utilizou-se o método dedutivo (VARGAS, 1985).

Uma vez que esses sistemas entram em funcionamento efetivo na fase de operação das rodovias, a pesquisa prosseguiu pela investigação da inclusão desses como parte integrante do Plano de Ação e Emergências - PAE, e documentos correlatos como o Plano de Gerenciamento de Riscos - PGR e Análises de Vulnerabilidade.

Como esses sistemas são voltados à mitigação de impactos e da poluição dos recursos hídricos, foi necessária uma abordagem sobre temas “de fundo” como impacto, poluição, qualidade de água e monitoramento. O item monitoramento é ligado principalmente à fase de obra, onde os impactos previstos são maiores, entretanto ocorrem também na fase de operação.

Para se levantar o estado da arte no Brasil, em termos de obras que utilizaram esses sistemas, procedeu-se a entrevistas com a Artesp, concessionárias paulistas, e Cetesb. No Dersa foram contatados os departamentos de meio ambiente e projetos, onde se questionou sobre a necessidade da implantação, os locais e os projetos.

Na busca pela base conceitual sobre o funcionamento desses, e para proceder a uma análise crítica dos sistemas adotados no Brasil, foi pesquisada a bibliografia internacional sobre o assunto. Esses conceitos envolvem o estudo e separação entre sistemas de tratamento voltados à poluição difusa e à poluição pontual, e também de outras soluções adotadas para drenagem, de locais indicados para a sua aplicação, tipologia, eficiência, e tendências.

A revisão bibliográfica sobre o transporte de produtos perigosos, sua classificação, classes de risco, normas e legislação, também foi realizada, bem como um capítulo para os principais marcos legais envolvidos com o tema.

Após a reunião dos dados de projeto das diversas empresas pesquisadas, foi feita a análise pelo método dedutivo (VARGAS, 1985).

Sobre os principais problemas encontrados durante a pesquisa, destacam-se a dificuldade de obtenção de projetos, o acesso aos bancos de dados sobre acidentes e pareceres técnicos, e a obtenção de informações técnicas e bibliografia em órgãos de pesquisa estrangeiros. A figura do orientador mostrou-se fundamental para a continuidade da pesquisa, quando encontradas as dificuldades relatadas acima, além das dicas sobre itens a abordar e a organização de idéias.

As atividades, etapas e procedimentos metodológicos da pesquisa são descritas nos itens subseqüentes deste capítulo.

2.4 Procedimentos metodológicos

As atividades, etapas e procedimentos metodológicos da pesquisa são descritas nos itens subseqüentes deste capítulo.

a) Procedimentos para a conceituação teórica dos sistemas

Com a finalidade da obtenção de uma base de informações conceitual e teórica, para ser utilizada na classificação dos sistemas nacionais foram adotados os seguintes procedimentos metodológicos:

- levantamento da bibliografia nacional e internacional relevante sobre o tema, a partir dos manuais de projetos de rodovias nacionais, sobre drenagem, meio ambiente, produtos perigosos e legislação vigente relacionada. O levantamento foi iniciado por meio de buscas na internet visando relatórios técnicos. Foram consultados os acervos técnicos da biblioteca do IPT, da Escola Politécnica da USP e do IBAMA/SP para a busca de dissertações, teses, e relatórios técnicos, bem como indicações de bibliografia referentes a essas pesquisas.
- triagem do material, leitura, consolidação e análise de informações com a ordenação dos dados relevantes sobre o tema, com a realimentação do processo de pesquisa.

b) Procedimentos para os sistemas utilizados em rodovias brasileiras

Para identificar-se parâmetros comuns e inovações entre as soluções adotadas nas rodovia paulistas, foi realizada a localização destes diversos sistemas, que foram classificados pela sua finalidade⁷ e comparados de modo a verificar os pontos comuns e diferenças, para a dedução das conclusões.

Esses conceitos freqüentemente misturam-se entre os de pré-tratamento, tratamento e contenção, possuindo vários tipos de classificação. Após o entendimento dos conceitos internacionais e da nomenclatura em uso nos sistemas paulistas, foi proposto o uso de termos específicos mais claros para futura utilização.

Adotou-se a seguinte seqüência de procedimentos:

⁷ Namy, 1999, analisou o conceito destes sistemas, adotados em rodovias nos Estados Unidos.

- Contatou-se o órgão ambiental licenciador, no caso a Secretaria do Estado do Meio Ambiente (SMA), em entrevista verbal, sobre os critérios adotados no processo de licenciamento. Isto direcionou a pesquisa ao setor de emergências da Cetesb, onde houve novas entrevistas relativas à legislação, critérios adotados, localização em vias implantadas ou em licenciamento. O setor de emergências forneceu informações e parte do material fotográfico utilizado.
- Foram localizadas as estruturas implantadas ou em implantação nas rodovias paulistas, identificadas as empresas envolvidas, e levantado o contato com o responsável pelo setor de meio ambiente, por meio da internet, com o uso de e-mails ou contato telefônico. Isto direcionou a pesquisa a Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados de Transporte do Estado de São Paulo (Artesp), agência governamental que controla as concessões rodoviárias do estado, e aos setores de projeto ou meio ambiente de cada empresa, onde houve o questionamento verbal sobre os critérios adotados e problemas encontrados na implantação ou manutenção.
- Identificou-se o órgão governamental ou empresa responsável pelo empreendimento. Dos empreendimentos rodoviários instalados no estado foram identificados: o Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes (DNIT); o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER); o Desenvolvimento Rodoviário S/A (Dersa); a Artesp; e as concessionárias de rodovias.
- A obtenção de informações disponíveis junto a estes órgãos ou empresas, sobre o projeto, a implantação, localização, manutenção e informações pertinentes foi obtida de várias maneiras. Sobre desenhos e plantas: no caso de órgãos públicos como o DNIT e DER, verificou-se as informações disponíveis em manuais de estradas, modelos de projetos e meio ambiente; e no caso de concessionária ou empresa pública, após o contato verbal, foi enviado a cada empresa por meio de ofício, uma solicitação para a disponibilização de material para esta pesquisa. O conteúdo do ofício enviado foi elaborado em conjunto com o orientador. O apoio de órgãos como a Artesp, IBAMA, Cetesb e IPT, foram fundamentais para a colaboração das empresas.

- Realização de vistorias de campo. Observação da implantação das estruturas da construção até sua conclusão, para o Rodoanel Trecho Sul e vistoria na Rodovia dos Imigrantes e Anchieta, para observar os sistemas implantados. Para outras rodovias em que não houve vistoria foram anexados os documentos fornecidos pelos entrevistados.
- Entrevistas com gestores de meio ambiente de concessionárias ou empresas públicas que administram esses empreendimentos, que utilizam estes sistemas, sobre os principais problemas de implantação e manutenção. No caso os gestores das empresas Dersa, Ecorodovias, Ecovias, Colinas e CCR.
- Elaboração de mapa geo-referenciado com a localização aproximada dos trechos de rodovia cobertos, com a utilização do software Trackmaker Pro e utilização de imagens do Google Earth.

c) Procedimentos para o estudo de caso

Os itens anteriores enfocaram a base teórica e o levantamento do universo dos sistemas implantados nas rodovias paulistas. Entretanto, o estudo de caso fornece outra dimensão para a implantação. Desta forma adotaram-se os seguintes procedimentos:

- análise do EIA do Rodoanel Mario Covas Trecho Sul, e relatórios técnicos produzidos pela Dersa pertinentes ao tema, para a identificação de ferramentas pós obra, como a Análise de Vulnerabilidade, relacionados ao gerenciamento de riscos e ações de emergência, selecionados os aspectos relacionados ao tema;
- entrevistas com projetistas da Dersa, que participaram da concepção e do projeto executivo de implantação, sobre os critérios, premissas adotadas e principais problemas de implantação.

d) Sistematização e análise das informações coletadas

Da triagem, e leitura do material pesquisado foram escolhidos alguns aspectos considerados importantes relacionados ao tema como:

- Licenciamento;
- Projeto de drenagem;

- Estudos hidrológicos de projeto;
- Sistemas previstos nos manuais nacionais;
- Estudos de Impacto ambiental;
- Impactos e poluição pontual;
- Monitoramento ambiental e de qualidade de água;
- Produtos perigosos;
- PAE;
- Pontos sensíveis e de vulnerabilidade ambiental;
- Rotas e depósitos de produtos perigosos;
- Bancos de dados;
- Sistemas internacionais de tratamento e contenção.

Após o entendimento desses conceitos, foi feita uma avaliação do grau de integração desses aos projetos e manuais nacionais.

3 COMPONENTES BÁSICOS: RODOVIAS, IMPACTOS, RISCOS E ÁGUA

Neste capítulo são apresentados aspectos indiretamente relacionados ao tema, como “pano de fundo” da pesquisa, que compõe a base sobre a qual será iniciada a análise.

Esses aspectos são: o empreendimento rodoviário, a classificação de rodovias, a drenagem de estradas, o dimensionamento e manutenção de dispositivos, os métodos de hidrologia para a estimativa de vazões, licenciamento ambiental, EIA, impactos ambientais das estradas sobre recursos hídricos, poluição, água, e sistemas de gestão na fase de operação de rodovias.

3.1 Rodovias e o Sistema de Drenagem

Neste sub-item abordam-se aspectos como: a classe de projeto, pavimento, drenagem, estudos hidrológicos, dimensionamento e manutenção dos dispositivos de drenagem, pesquisados em manuais do Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes (DNIT, 2010) adotados no Brasil.

Do manual de implantação básica de rodovias do DNIT (2010) têm-se:

[...]Na forma do disposto na legislação específica, o empreendimento rodoviário, aqui entendido como o complexo da atividade rodoviária, abrangendo as ações inerentes à infra-estrutura viária e à operação de rodovia, deve enquadrar-se dentro das premissas do desenvolvimento sustentável. [...]

Existem alguns critérios para a classificação das rodovias, detalhados no Apêndice 1- Rodovias, mas o que diz respeito aos sistemas em análise é o de padrão técnico. Este critério classifica a rodovia em classes de 0 (zero) a IV, onde 0 corresponde a rodovias de acesso controlado de grande vazão e alta velocidade e a IV a aquelas sem controle de acesso, baixa vazão e velocidade. Na pesquisa observou-se a classe de rodovia relacionada com a implantação de sistemas.

O tipo de pavimento utilizado na rodovia, especialmente seu acabamento, ou seja as últimas camadas, são constituídas por materiais e métodos construtivos que proporcionam baixa permeabilidade à superfície à exceção de algumas tecnologias como a camada porosa de atrito – CPA (FARIA, 2009), ou os pavimentos porosos (NAMY, 1999) que são drenantes, mas pouco utilizados. Esse aspecto é importante

sob o ponto de vista da velocidade da frente de contaminação abordada mais adiante e no dimensionamento dos dispositivos de drenagem.

O encaminhamento da água de escoamento constitui o objetivo da drenagem superficial, e o da água de infiltração é o objetivo da drenagem profunda, também conhecida como sub-drenagem ou drenagem subterrânea. Assim, o sistema de drenagem tem por objetivo a captação, a condução e o deságüe, de forma rápida e eficiente, das águas que, precipitando-se sobre a pista e/ou as áreas adjacentes, por infiltração ou escoamento superficial, podem comprometer o conforto e a segurança dos usuários e a durabilidade da rodovia (DNIT, 2010).

O projeto de drenagem superficial possui vários dispositivos com finalidades específicas funcionando de forma integrada, em cadeia. Os sistemas de retenção e contenção inserem-se nesse contexto como dispositivos adicionais.

O termo “obra de arte” é utilizado na construção civil quando se refere a determinado elemento construtivo que necessite de adaptações ao local onde é implantado pela equipe construtora. Isto ocorre em função das características locais do terreno, topografia etc. resultando em uma construção única. As obras de arte subdividem-se em correntes e especiais.

O objetivo dos estudos hidrológicos para o projeto de drenagem de uma rodovia é o de avaliar a vazão das bacias de contribuição para os diversos dispositivos de drenagem como: pontes, pontilhões, bueiros, valetas, sarjetas, descidas de água e caixas coletoras, usados na implantação básica (Namy, 1999).

Os estudos hidrológicos envolvem aspectos como pluviometria, fluviometria, área da bacia, parâmetros de projeto, período de retorno, tempo de concentração e métodos, entre outros (DNIT, 2010).

O Manual do DAEE (2005) define o método a ser utilizado para o cálculo da vazão. Na figura 16 têm-se um fluxograma ilustrando a escolha do método a ser utilizado. O cálculo do volume e vazão previstos para o funcionamento dos dispositivos é fundamental para o projeto de drenagem.

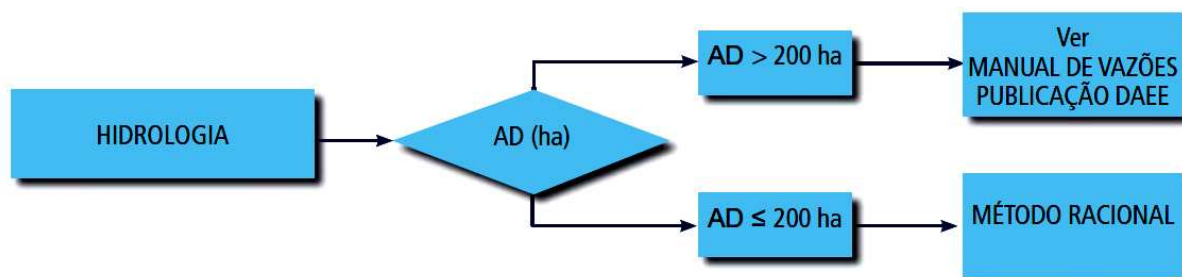


Figura 16 – Fluxograma da hidrologia, vazão de projeto.
Fonte: DAEE, 2005.

O DNIT (2005a) e o Departamento Estadual de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER, 2002), elaboraram normas sobre Estudos Hidrológicos onde se verifica também a utilização do método racional, para o estabelecimento de vazões de projeto em pequenas bacias.

O manual de drenagem do DNIT recomenda a execução periódica de inspeções para verificação do acúmulo de materiais, tais como pedras, solo, ou vegetação no fundo da caixa, feita principalmente após grandes precipitações.

O volume de sedimento produzido a partir de uma rodovia depende do estoque de sedimento e capacidade de transporte. A produção de sedimento é determinada pela geometria da rodovia, inclinação, comprimento, largura, superfície, manutenção, e veículos em adição às propriedades do solo e cobertura vegetal (ANDERSON & SIMONS, 1983 apud ROMANINI, 2000).

O acúmulo de materiais nas caixas por sedimentação é responsável pela redução da vazão de esgotamento das estruturas. Em alguns casos, pode até provocar seu entupimento. A limpeza e disposição apropriada desses resíduos serve como uma primeira filtragem da poluição difusa de drenagem de pista em estradas, além da redução do volume e da possível periculosidade dos resíduos líquidos. Segundo Namy (1999) e todos os manuais de drenagem, é sempre recomendada a manutenção periódica de todos os dispositivos de drenagem.

Outros detalhes sobre os pavimentos utilizados, os tipos de dispositivos tradicionais de drenagem, obras de arte, estudos hidrológicos, dimensionamento e manutenção de dispositivos podem ser observados no Apêndice 1 - Rodovias.

3.2 Impactos, EIA e o Licenciamento Ambiental

Neste sub-item, são abordados aspectos relacionados à fase de operação de rodovias. De acordo com Sánchez (2006), impacto ambiental pode ser definido como: alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana.

A avaliação de impacto ambiental (AIA), é um dos instrumentos de gestão ambiental mais difundidos e utilizados no mundo inteiro, e seu processo abrange desde a fase de concepção do projeto, até sua desativação, no fim do seu ciclo de vida (GALLARDO, 2004).

O processo de AIA, de acordo com Sánchez (1995 apud GALLARDO, 2004), subdivide-se em três principais fases:

- etapas iniciais de análise de viabilidade;
- análise detalhada com a produção de projetos executivos;
- e etapa pós-aprovação com o acompanhamento de programas.

No âmbito do processo de licenciamento ambiental, tanto estadual como federal, o enfoque das instituições está nas duas primeiras etapas, as de pré-decisão ou pré-aprovação, que envolvem a viabilidade ambiental na Licença Prévia (LP), e sua implantação de acordo com condicionantes na Licença de Instalação (LI). Sánchez (1995 apud GALLARDO, 2004) destacou que não vem sendo dada a ênfase necessária ao monitoramento dos impactos ambientais reais dos empreendimentos após sua aprovação, nas fases de LI e de Licença de Operação (LO).

As fases de um empreendimento rodoviário compreendem: concepção, anteprojeto, pré-viabilidade, projeto executivo, viabilidade, construção, operação e manutenção.

A Lei 6.938/81 introduziu a AIA em âmbito nacional, e a resolução Conama 237/97, vinculou a emissão da Licença Prévia, à apresentação de Estudos de Impacto Ambiental (EIA). A resolução Conama 001/86, instituiu a obrigatoriedade de EIA, e respectivos Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA), para um rol de empreendimentos com potencial de causar significativo impacto ambiental, o que inclui as rodovias.

No caso de obras viárias federais foi estabelecido um manual com um conjunto de regras expressas sobre a determinação de um traçado menos impactante, do ponto de vista ambiental (DNER, 1996).

Os procedimentos estaduais para análise de EIA/RIMA são estabelecidos na resolução SMA 42/94. A legislação estadual de licenciamento ambiental rodoviário apresenta, ainda, resoluções específicas para rodovias instituindo estudos ambientais simplificados em substituição ao EIA, como a SMA 54/04 e a SMA 35/07, que dispõe sobre procedimentos para o licenciamento no âmbito da Secretaria do Meio Ambiente.

A resolução SMA 81/98, dispõe sobre intervenções destinadas à conservação, melhorias de rodovias e sobre o atendimento de emergências decorrentes do transporte de produtos perigosos em rodovias e que dispensa algumas atividades de licenciamento ambiental. Sobre a recuperação de estradas vicinais a resolução SMA 32/02, dispõe sobre a simplificação do licenciamento para determinadas atividades. Não raras vezes, as legislações ambientais federais e estaduais suscitam conflitos de interpretação e aplicação.

a) Impactos em rodovias

Projetos rodoviários sempre envolvem impactos ambientais consideráveis sobre a qualidade ambiental da área onde são construídos e em seu entorno. A construção de uma rodovia causa irreversíveis mudanças pela sua presença física. Os tipos de atividades que geram os impactos são variados e essas ações necessitam de medidas de mitigação e compensação, cuja eficácia deve ser monitorada, após e durante suas execuções (GALLARDO, 2004).

Tucci & Mendes (2006) indicam a proximidade de estradas como um componente a ser considerado na avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica, que analisa aspectos como a ocupação da bacia, escoamento, assoreamentos, inundações e impactos associados.

A alteração do fluxo da água pela implantação de rodovias podem ocasionar efeitos físicos e químicos sobre os ecossistemas aquáticos. As forças externas da gravidade e resistência produzem fluxos que cavam canais, transportam materiais e produtos químicos e mudam a paisagem. Assim, o escoamento superficial da água e produção de sedimentos são os processos físicos chave, por meio dos quais as

rodovias causam impactos sobre os rios e outros ecossistemas aquáticos. As distâncias dos efeitos resultantes variam amplamente. Estudos de monitoramento do escoamento superficial em auto-estradas tem evidenciado os tipos de poluentes presentes, e demonstrado como muitos poluentes carregados e suas concentrações dependem das características das rodovias e do padrão de precipitação (HAMILTON, 1987 apud ROMANINI, 2000).

Picos de descarga ou enchentes reestruturam áreas ribeirinhas através do rearranjo de canais, troncos de árvores, braços de rios, seixos rolados, depósitos de sedimentos finos e poças. Em áreas de floresta, a combinação de desmatamento e rodovias aumenta os picos de descarga e inundações rio abaixo (WEMPLE, 1996 apud ROMANINI, 2000).

Sobre a avaliação de impactos, sua finalidade, e importância, existem programas internacionais como o “United Nations Environment Programm”, a UNEP (SADLER, 2002), e manuais desenvolvidos para sua identificação e avaliação (IAIA, 2010).

Em Sánchez (2000 apud ROMANINI, 2000) e Sánchez (2006), são apontados os principais impactos sócio-ambientais para os diversos ciclos de vida ou fases de empreendimentos rodoviários, onde são mencionados para a fase de operação:

- alteração da qualidade do ar;
- alteração do ambiente sonoro;
- alteração da qualidade das águas superficiais;
- risco de poluição da água e do solo com substâncias químicas;
- estresse sobre vegetação natural devido à poluição do ar;
- perda de espécimes da fauna por atropelamento;
- valorização e desvalorização imobiliária;
- adensamento da ocupação nas margens e área de influência;
- aumento do tráfego nas vias interconectadas;
- interferência com caminhos e passagens preexistentes.

Em Sánchez (2003 apud GALLARDO, 2004) há uma “*ordem de preferência para as medidas mitigadoras: evitar impactos e prevenir riscos; reduzir ou minimizar impactos negativos; compensar impactos negativos que não podem ser evitados ou reduzidos; recuperar o ambiente degradado ao final do ciclo de vida ou durante o funcionamento do empreendimento*”.

Um maior detalhamento sobre os impactos de estradas em outras fases do empreendimento pode ser encontrado no Apêndice -2.

b) Estudo de Impacto Ambiental

Após a apresentação do empreendimento ao órgão ambiental licenciador competente, em processo de licenciamento, este elabora um roteiro de estudos denominado como Termo de Referência (TR), onde são listados os estudos que deverão constar do EIA a ser elaborado pelo empreendedor.

O estabelecimento de um Termo de Referência, para o direcionamento dos estudos, é uma etapa imprescindível, para a definição dos impactos significativos (DIAS, 2001 apud GALLARDO, 2004).

O EIA é um documento técnico-científico composto por: Diagnóstico ambiental dos meios físico, biótico e socioeconômico; Análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas; Definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos e elaboração de medidas mitigadoras aos impactos negativos; e Programas de Acompanhamento e Monitoramento. O RIMA é o documento público que reflete as informações e conclusões do EIA e é apresentado de forma objetiva e adequada a compreensão de toda a população (IBAMA, 2010).

As medidas compensatórias são previstas para contrabalançar os impactos ambientais que não são reversíveis nem temporários, e que também não podem ser minimizados. As medidas mitigadoras e compensatórias, geralmente, são organizadas nos planos de gestão do empreendimento (CUPERUS, 2001 apud GALLARDO, 2004).

Maiores detalhes sobre os EIAs podem ser encontrados no Apêndice -2.

c) Impactos sobre recursos hídricos na fase de operação da rodovia

Sánchez (2006) esclarece a diferença entre impacto e poluição. Poluição pode advir de um impacto, mas um impacto não gera necessariamente uma poluição. Por exemplo, se o impacto de alteração da qualidade das águas superficiais for além dos limites pré-estabelecidos de qualidade, estaria caracterizada uma poluição. No entanto, para o impacto de especulação imobiliária, ficaria difícil utilizar o termo poluição.

Considerando-se o foco desta pesquisa, o presente estudo será centrado em impactos gerados para a fase de operação do empreendimento, em acidentes com produtos perigosos, especialmente na interface com os recursos hídricos.

Identificado como um impacto previsto na operação de uma rodovia, no caso, a poluição da água por acidentes com cargas perigosas, tem efeitos diretos sobre a qualidade de vida da população e sobre a biota (DNER.1996).

A água de escoamento superficial, oriunda das rodovias, pode ser responsável por sérios impactos ambientais, principalmente em longo prazo (BARBOSA & HVITVED-JACOBSEN, 1999 apud ROMANINI, 2000).

Segundo a Cetesb (2010c), a poluição das águas é gerada por:

- efluentes domésticos (poluentes orgânicos biodegradáveis, nutrientes e bactérias) com o despejo principalmente de esgotos;
- efluentes industriais (poluentes orgânicos e inorgânicos, dependendo da atividade industrial), com despejo de graxas óleos e esgotos;
- carga difusa urbana e agrícola (poluentes advindos da drenagem destas áreas: fertilizantes, defensivos agrícolas, fezes de animais e material em suspensão). Precipitação de resíduos sólidos, como hidrocarbonetos, aldeídos, resíduos de pneus, produtos caídos de cargas transportadas, etc...
- Acidentes com cargas potencialmente poluentes.

Segundo a Lei 9505/98, destaca-se que a responsabilidade direta pela mitigação dos impactos gerados por tais acidentes é de competência da cadeia produtor/importador/transportador/destinatário. Todavia cabe ao administrador da via por onde são transportados esses produtos, a adoção de uma série de medidas destinadas à redução da frequência desses eventos e, à mitigação dos impactos.

O transporte de produtos perigosos pelo modal rodoviário é uma fonte efetiva de poluição aguda quando da ocorrência de acidentes que ocasionem o vazamento da carga. Tais derrames podem causar impactos sócio-econômicos e ambientais, especialmente aos recursos hídricos e ao meio biótico (DERSA & ITSEMAP, 2010).

Conforme Solera (2006), quase sempre existe a possibilidade de que as cargas perigosas atinjam as drenagens:

- Diretamente, no caso de travessia de pontes;
- Indiretamente por meio dos sistemas de drenagem da pista, onde a gravidade das conseqüências será proporcional ao corpo d'água receptor e a seu uso.

Um caminhão tanque que venha a derramar este produto na rede pública, de águas pluviais, ou na drenagem de uma estrada, ou ainda diretamente em um curso d'água, causaria grande dano ao ecossistema aquático. Devido à sua elevada Demanda Química de Oxigênio (DQO), este produto retira da água o oxigênio dissolvido necessário à manutenção do ecossistema aquático, dificultando o intercâmbio de oxigênio com a atmosfera. Devido à capacidade do óleo lubrificante automotivo de espalhar-se com muita facilidade, na superfície da água, apenas um litro de óleo lubrificante automotivo pode comprometer até mil metros quadrados de uma superfície de água, com a formação de um filme na superfície, dificultando as trocas gasosas e gerando sérios danos à flora e à fauna aquática. O seu potencial poluente pode ainda aumentar em quatro vezes pela formação de uma emulsão com a água, persistindo por longos períodos no ambiente (GONÇALVES & SILVA, 2008).

Sobre a fauna aquática, o óleo lubrificante automotivo pode causar intoxicação pela presença de compostos como o tolueno, o benzeno e o xileno, entre outros ou obstruir fisicamente os tecidos, causando asfixia, por impregnar-se na pele, nas brânquias ou em outras partes vitais, impedindo a realização de diversas funções metabólicas como a respiração, alimentação, excreção, trocas gasosas, e movimentação, entre outros problemas.

Os hidrocarbonetos saturados contidos nos óleos lubrificantes não são biodegradáveis, e no mar podem ter um tempo de eliminação de até quinze anos. Apenas um litro de óleo lubrificante automotivo contamina um milhão de litros de água, afetando gravemente o desenvolvimento da fauna aquática, além da bioacumulação de metais pesados, que podem ser ingeridos pelo homem.

O DNER (1996) define os Impactos Ambientais Significativos (IAS) passíveis de monitoramento na faixa de domínio e região limdeira da rodovia, apresentando os principais parâmetros a serem monitorados na fase de operação de uma rodovia, tendo em vista um impacto ambiental significativo. Ele observa que devem ser

instalados “*dispositivos especiais em áreas críticas da rodovia*” na fase de operação, sobretudo à proteção de águas de abastecimento com relação a cargas perigosas.

Os impactos ambientais decorrentes de vazamentos de acidentes no transporte de produtos perigosos estão diretamente relacionados com os seguintes fatores (CETESB, 2010a):

- periculosidade intrínseca do produto (propriedades físico-químicas e/ou toxicológicas);
- comportamento da substância no meio ambiente (volatilização, espalhamento, dispersão, solubilidade, densidade, etc.);
- quantidade vazada ou derramada;
- condições ambientais (temperatura do ar, ventos, chuva, topografia e drenagem do local atingido, etc.); e
- tempo de contato do produto com o meio.

Maiores detalhes dos impactos sobre recursos hídricos na fase de operação da rodovia podem ser encontrados no Apêndice -2.

3.3 Riscos e poluição na fase operacional de rodovias

A poluição difusa não é o foco dessa pesquisa. Entretanto como os sistemas estudados de mitigação misturam-se, é necessário o entendimento de seu processo. Assim no Apêndice 2 – EIA e poluição, apresentam-se mais detalhes sobre esse assunto.

Segundo a Landphair, Mcfalls & Thompson (2000), a poluição difusa por drenagem das águas em rodovias é gerada por:

- veículos;
- deposição atmosférica
- material do leito da estrada

Uma variedade de componentes, incluindo nutrientes, matéria orgânica, óleos, gorduras e metais pesados são provenientes dessas fontes, podendo ser encontrados tanto em formas solúveis como de partículas (IRISH, 1995 apud LANDPHAIR, MCFALLS & THOMPSON, 2000).

Instituições como o Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Lisboa (LNEC) mantêm projetos de monitoramento de águas de drenagem de estradas. Observadas em “*Directrizes para a Gestão Integrada das Escorrências de Estradas em Portugal*” (LNEC, 2010), e autores como Leitão et al. (2002a), as substâncias poluentes são identificadas junto à poluição difusa captada pela rodovia, como ilustrado no quadro 1. Observa-se que sua origem é variada.

Tipo de poluentes	Principais origens								
	Pneus	Travões	Combustível e/ou óleo do motor	Óleos de lubrificação	Materiais da viatura	Pavimento	Lixos	Guardas de segurança	Solo, poeiras da carroçaria; vegetação, excrementos de animais, fertilizantes
Metais pesados									
Cádmio									
Chumbo									
Cobre									
Crómio									
Ferro									
Níquel									
Vanádio									
Zinco									
Hidrocarbonetos									
HAP									
Nutrientes									
Matéria orgânica									
Partículas									
Microrganismos									
Sais¹									

Quadro 1 – Síntese de poluentes presentes no ambiente rodoviário e respectivas origens.

Fonte: Leitão et al., 2002a.

Caso o sistema de drenagem da rodovia não apresente estruturas voltadas ao tratamento do escoamento superficial, a carga difusa será lançada diretamente no solo ou nas drenagens naturais (MARTINS et al., 2005).

A poluição difusa, levada pelo escoamento superficial, representa a contribuição mais significativa em termos de cargas totais poluentes lançadas no ambiente, durante a fase de operação de rodovias, principalmente no caso dos metais pesados, dos hidrocarbonetos e dos nutrientes (MARTINS et al., 2005).

Na França, os resultados de uma avaliação estatística sobre a probabilidade de ocorrência de uma poluição acidental (pontual), apresentou valores relativamente baixos. O risco de acidente com derramamento de produtos perigosos, em um

percurso de 100 km, em um ano, para um tráfego de 10.000 veículos/dia, é da ordem de 2% (SETRA, 1993 apud ROMANINI, 2000).

O risco principal na fase de operação é o que potencialmente envolve o transporte de produtos perigosos (pontual), que tendem a ocorrer nos chamados pontos negros das rodovias, onde o número de acidentes tende a ser maior (DERSA & ITSEMAP, 2010). Nestes pontos, merecem destaque os cruzamentos de rodovias com os cursos d'água, que devem ser monitorados, principalmente aqueles de importância crítica conforme sua utilização potencial como a captação para consumo humano. Estes são pontos prioritários para a instalação de sistemas especiais de drenagem e ações que visem aumentar sua segurança.

Conforme as definições da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), Carga Perigosa é qualquer tipo de carga sendo transportada de forma inadequada, mal acondicionada etc.. As cargas perigosas são materiais, substâncias ou artefatos que podem produzir riscos, tanto ao homem como aos animais, e prejuízos aos animais e ao meio ambiente. Os Produtos perigosos são aqueles que representam risco à saúde humana, segurança pública e para o meio ambiente.

Em resumo, produtos de qualquer procedência que coloquem em risco a segurança e o bem estar da sociedade são considerados produtos perigosos (SOLERA, 2006).

Nem toda carga poluente é considerada perigosa, mas para a legislação, toda a carga potencialmente poluente deve ser considerada perigosa e submeter-se às leis correspondentes. A classificação é efetuada em função das características físico-químicas do produto, enquadrando-o numa das classes ou subclasses de risco descritas no Regulamento, conforme as orientações contidas na Resolução ANTT 420/04. Entretanto muitas cargas consideradas não perigosas podem ser altamente danosas ao meio ambiente em função da quantidade derramada. Segundo as informações verbais da Artesp e da Ecovias, um derramamento de carga de suco concentrado de laranja ou de óleos comestíveis, etc... pode ser altamente danoso.

Na poluição pontual, que ocorre em um acidente com cargas perigosas, têm-se um evento específico e atípico, com o lançamento do produto sobre o escoamento superficial da pista, sem nenhum tratamento, sendo conduzido

diretamente aos corpos d'água, o que é, infelizmente, a prática comum e generalizada nas rodovias brasileiras (MARTINS et al., 2005).

Maiores detalhes sobre riscos e poluição na fase de operação da rodovia podem ser encontrados no Apêndice -2.

3.4 Monitoramento e qualidade da água

Existem muitos aspectos e variáveis sobre os ecossistemas aquáticos, sua fauna, flora, limnologia, eutrofização, ictiofauna, recursos pesqueiros, escassez, usos múltiplos, etc... Entretanto, não caberiam nessa dissertação.

Seria importante ressaltar várias publicações importantes pesquisadas sobre esses aspectos como: Agostinho, Gomes, e Pelicice, 2007; Carvalho & Silva, 1999; Esteves, 1998; Matsumura-Tundisi et al., 2003; Nogueira, Henry & Jorcin, 2006; Prat, Munné & Rieradevall, 1997; Tundisi & Tundisi-Matsumura, 2008; Tundisi, 2003; Tundisi, Tundisi-Matsumura & Sidagis, 2006. Estes autores estão relacionados na bibliografia, mas neste item o foco é sobre o monitoramento e a qualidade das águas.

Nas grandes enchentes as substâncias químicas são carregadas a partir das rodovias, através ou sobre o solo. Os poluentes decorrentes do carreamento superficial alteram a composição química do solo, podendo ser absorvidos por plantas e afetar o ecossistema de rios, onde são diluídos e dispersos a grandes distâncias. O escoamento superficial é a principal fonte de metais pesados encontrados em rios, especialmente Pb, Zn, Cu, Cr e Cd (BROWN, 1994 apud ROMANINI, 2000).

Aparentemente, o carreamento superficial de rodovias provoca menos impactos à vegetação do que nas comunidades aquáticas. No entanto existem evidências de que a vegetação de áreas de inundação possam ser alteradas na composição de espécies devido a esses carreamentos. Alto volume de tráfego e alta concentração de metais dos escoamentos superficiais de rodovias tem correlação com mortalidade de peixes e outros organismos aquáticos (HORNER & MAR, 1983 apud ROMANINI, 2000).

Metais pesados são relativamente estáveis e distribuídos de forma heterogênea nas faixas de domínio, especialmente devido ao sistema de drenagem

(HEWITT & RASHED, 1991 apud ROMANINI,2000). Solos adjacentes às pistas das rodovias usualmente contém as maiores concentrações de metais pesados (WUST, 1994 apud ROMANINI, 2000).

A resolução Conama 357/05 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Segundo a Cetesb (2006) a maioria dos reservatórios no estado de São Paulo enquadram-se nas classe especial, 1 e 2, da resolução 357/05 e na classe 1 do Decreto Paulista 10.755, de 1977, onde as águas destinam-se “à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas”. De acordo com a Lei 997/76, Decreto Estadual 8468/76 e resolução Conama 20/86, a proteção das comunidades aquáticas está prevista para corpos d'água enquadrados nas classes 1, 2 e 3.

Os programas de monitoramento tradicionais utilizam para a avaliação os indicadores: físicos, químicos e microbiológicos, segundo a Cetesb (2006). Mas além destes, torna-se de fundamental importância que o monitoramento da qualidade de suas águas considere também a conservação de sua biota, daí a necessidade de se utilizar medidas biológicas que, combinadas com as outras variáveis, possibilitem o levantamento de informações não apenas sobre as causas da degradação, mas também de seus efeitos para os ecossistemas aquáticos, dando maior consistência à tomada de medidas de controle (PRAT, 1997 apud CETESB, 2006). Desta forma os índices adotados pela Cetesb, foram complementados a partir de 2002, adotando este conceito.

Os reservatórios, de modo geral, são classificados como corpos de água lênticos, onde o ambiente é propício ao acúmulo de contaminantes, uma vez que suas águas exibem baixa velocidade de fluxo e longo tempo de residência. Essas características permitem a sedimentação e conseqüente deposição de partículas em seu leito, acarretando, inclusive, o acúmulo de contaminantes dentro das bacias hidrográficas a que pertencem que, sob certas condições, podem ser revolvidos e disponibilizados novamente à coluna d'água e à biota (CETESB, 2006).

Na prática, os diferentes tipos de afluentes que deságuam em corpos hídricos, tornam inexecutáveis as análises sistemáticas de todos os poluentes que

possam estar presentes nas águas superficiais. Em Cetesb (2007a) observa-se o uso de 50 variáveis de qualidade de água, divididas nas seguintes classes:

- Variáveis Físicas: absorvância⁸ no ultravioleta; cor; série de resíduos subdivididos em dissolvido, total e volátil; temperatura da água e do ar; turgidez e transparência.
- Variáveis Químicas: alumínio, bário, cádmio, carbono orgânico dissolvido, chumbo, cloreto, cobre, condutividade específica, cromo, demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}), demanda química de oxigênio (DQO), fenóis, ferro, fluoreto, fósforo total, manganês, mercúrio, níquel, óleos e graxas, ortofosfato solúvel, oxigênio dissolvido, pH, potássio, potencial de formação de trihalometanos, série de nitrogênio (kjeldahl, amoniacal, nitrato e nitrito), sódio, sulfato, surfactantes e zinco.
- Variáveis Microbiológicas: coliformes termotolerantes.
- Variáveis hidrobiológicas: clorofila a, fitoplâncton e zooplâncton (MATSUMURA-TUNDISI, 2003 apud CETESB, 2006).
- Variáveis Toxicológicas: microcistinas, ensaio de toxicidade aguda com a bactéria luminescente, *V. fischeri*; ensaio de toxicidade crônica com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia* e ensaio de mutação reversa.

E ainda, quando da necessidade de estudos específicos de qualidade de água, em determinados trechos de rios ou reservatórios, com vistas a diagnósticos mais detalhados, outras variáveis podem vir a ser determinadas, tanto em função do uso e ocupação do solo na bacia contribuinte, quanto pela ocorrência de algum evento excepcional na área em questão.

O detalhamento da metodologia de coleta e análise, com referência às variáveis, e sua importância, podem ser encontrados em Cetesb (2010).

Em Cetesb (2010) pode-se observar os índices utilizados para a avaliação da qualidade das águas no estado de São Paulo, a partir de 2002, em função da crescente urbanização e industrialização de algumas regiões devido, principalmente,

⁸ Capacidade intrínseca de absorver radiações em frequência específica.

à maior complexidade de poluentes que estão sendo lançados no meio ambiente e à deficiência do sistema de coleta e tratamento dos esgotos gerados pela população.

Os índices são compostos por vários indicadores, utilizados também individualmente para o monitoramento da água. No quadro 2 observa-se os parâmetros monitorados por três agências americanas em estradas.

City of Austin	LCRA	TNRCC
Total Suspended Solids (TSS)	Total Suspended Solids (TSS)	Total Suspended Solids (TSS)
Total Phosphorus (TP)	Total Phosphorus (TP)	Oil and Grease
Total Nitrogen (TN)	Oil and Grease	Dissolved Oxygen
Chemical Oxygen Demand (COD)		Total Dissolved Solids
Biochemical Oxygen Demand (BOD)		Metals
Total Lead (Pb)		Organics (PCB)
Fecal Coliform (FC)		Fecal Coliform (may change soon to E.Coli and primary)
Fecal Streptococci (FS)		Chloride
Total Organic Carbon (TOC)		Ph
Total Cadmium (Cd)		Sulfate
Total Zinc (Zn)		

Quadro 2 – Parâmetros monitorados por três agências americanas. Lower Colorado River Authority (LCRA), Texas Natural Resource Conservation Commission's (TNRCC).

Fonte: Landphair, Mcfalls & Thompson, 2000.

Programas da Environmental Protection Agency (EPA), como o “*Nationwide Urban Runoff Program*” (NURP), o manual do “*Federal Highway Administration*”, a “*Evaluation and Management of Highway Runoff Water Quality*”, são voltados para os seguintes indicadores (LANDPHAIR, MCFALLS & THOMPSON, 2000):

- sólidos suspensos totais ;
- demanda bioquímica de oxigênio (DBO);
- demanda química de oxigênio (DQO);
- fósforo total;

- fósforo solúvel;
- nitrogênio total kjeldahl (NTK);
- nitratos;
- cobre;
- chumbo;
- zinco.

Destes indicadores, o relativo aos sólidos suspensos totais é considerado o principal pela “*Texas Natural Resource Conservation Commission’s*”, a TNRCC, por sua facilidade de execução, baixo custo e alta relação com os poluentes em geral (LANDPHAIR, MCFALLS & THOMPSON, 2000).

Os indicadores mencionados acima são detalhados no Apêndice 2.

3.5 Instrumentos de gestão ambiental aplicáveis à fase de operação

Após a liberação da operação da rodovia, são iniciados os monitoramentos ambientais específicos para esta fase, conforme estabelecidos nos PBAs.

O acompanhamento ambiental em conformidade do AIA, para a redução de impactos ambientais, é um elo entre a fase de pré e pós-aprovação, como também o instrumento que pode realimentar todo o processo e fornecer subsídios técnicos para consubstanciar um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), como verificado por vários autores (GALLARDO, 2004).

O instrumento associado ao acompanhamento ambiental para a fase de operação, portanto pós-obra, seguindo a mesmas bases da AIA, em geral é o SGA. O SGA é normalizado, assim como as auditorias ambientais, fazendo parte da série 14.000 da “*International Organization for Standardization*” (ISO), surgidas a partir de 1996.

A Avaliação de Desempenho Ambiental (ADA), segundo Costa (2010), também é um eficiente instrumento de gestão utilizado na fase de implantação de rodovias, visando assegurar a proteção ambiental da área do entorno da rodovia, também previsto na série de normas ISO 14.000.

A fiscalização por órgãos de licenciamento ambiental para a verificação de condicionantes, também podem ser uma prática de gestão ambiental. No entanto, fora das épocas de licenciamento ou de renovação de licenças, só se faz presente por meio de denúncias ou para o acompanhamento de programas ambientais ainda em curso, relativos às licenças.

O manual sobre o Sistema de Gestão Ambiental do DER/SP (DER, 2007), identificou entre os problemas e gargalos a resolver, no item 1.3, o seguinte:

[...] e) Há dificuldades para a obtenção de Licenças de Operação - LO face ao não cumprimento integral das exigências e compromissos, tais como, plantios compensatórios, programas de gestão de cargas perigosas e planos de ação de emergência de rodovias, entre outros.[...]

Outros aspectos sobre gestão ambiental de rodovias na fase de operação são mencionados no Apêndice 2.

4 ACIDENTES RODOVIÁRIOS E PRODUTOS PERIGOSOS

Neste capítulo são abordados os aspectos diretamente relacionados ao tema como o transporte de produtos perigosos, os acidentes, os produtos, os planos de ação e emergência (PAE), cartas temáticas e bancos de dados.

A conscientização do problema sobre a falta de infra-estrutura para a resposta aos acidentes com produtos perigosos, começou a emergir nacionalmente depois dos primeiros acidentes envolvendo mais de um estado da federação, como o rompimento de uma barragem de rejeitos em Cataguases no estado de Minas Gerais. Esse acidente afetou também o Rio de Janeiro, em março de 2003 (GONÇALVES, ALMEIDA & LINS, 2003), quando então se constatou que não havia condições para equacioná-lo de forma adequada.

Foi estabelecido então o Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos, o P2R2, visando integrar os diversos órgãos governamentais e sociedade civil envolvidos diretamente pelo problema (MMA, 2010). O P2R2 foi estabelecido para todos os setores da economia, inclusive o setor de transportes.

No âmbito federal, mas com atuação regional em cada estado da federação, foi estabelecido um Comitê de Prevenção e Atendimento a Acidentes e Emergências Ambientais (Copaem), nas diversas Superintendências do IBAMA, para auxiliar nas diversas situações de emergência (IBAMA, 2010).

4.1 Produtos perigosos e restrições à sua circulação

Devido à importância da identificação das características e perigos associados às substâncias químicas, a Organização das Nações Unidas (ONU), criou uma classificação internacional para produtos perigosos constante do “*Emergency Response Guidebook*” (ERG), desenvolvido pelo “*United State Department of Transportation*” (DOT). No Brasil esta orientação da ONU foi consolidada na tradução realizada pela Associação Brasileira da Indústria Química (Abiquim), denominada Manual para Atendimento a Emergências com Produtos Perigosos.

No quadro 3, baseado na portaria 204/97 do Ministério dos Transportes (MT), têm-se as diversas classes de produtos perigosos. Esta portaria foi complementada e retificada pelas portarias 409/97, 101/98 e 402/98.

1	–	TRANSPORTE RODOVIÁRIO
1.1	–	Classe 1 – Explosivos
1.2	–	Classe 2 – Gases
1.3	–	Classe 3 – Líquidos Inflamáveis
1.4	–	Classe 4 – Sólidos Inflamáveis – Substâncias Sujeitas a Combustão Espontânea – Substâncias que, em Contato com a Água, Emitem Gases Inflamáveis
1.5	–	Classe 5 – Substâncias Oxidantes – Peróxidos Orgânicos
1.5.1	–	Subclasse 5.1 – Substâncias Oxidantes
1.5.2	–	Subclasse 5.2 – Peróxidos Orgânicos
1.6	–	Classe 6 – Substâncias Tóxicas – Substâncias Infectantes
1.6.1	–	Subclasse 6.1 – Substâncias Tóxicas
1.6.2	–	Subclasse 6.2 – Substâncias Infectantes
1.7	–	Classe 7 – Materiais Radioativos
1.8	–	Classe 8 – Corrosivos
1.9	–	Classe 9 – Substâncias Perigosas Diversas

Quadro 3 – Classificação dos produtos perigosos no transporte rodoviário.
Fonte: Portaria 204/MT, de 26/5/97 do Ministério dos Transportes (BRASIL, 1997).

A classificação é uma ferramenta bastante útil no gerenciamento dos riscos, uma vez que as substâncias de uma mesma classe terão comportamentos semelhantes quando liberadas no meio ambiente. Assim, não é preciso dispor de medidas de controle para cada substância considerada perigosa, exceto em situações muito específicas. O quadro 4 ilustra os produtos perigosos mais comuns transportados no estado de São Paulo e o tipo de embalagem classificada.

Os produtos líquidos são os mais perigosos quanto à poluição dos recursos hídricos e contaminação dos cursos d'água. Isso porque são levados diretamente a esses, através do sistema de drenagem nas rodovias.

Também devem ser considerados os produtos solúveis em água, pois em caso de acidente com ruptura da embalagem, em contato com chuva ou curso d'água podem contaminar o recurso hídrico.

Nesta classificação estão os produtos de classe 3, líquidos inflamáveis, considerados perigosos, principalmente pelo perigo de incêndio. Os de classe 6 são as substâncias consideradas tóxicas, venenosas, e as infectantes.

ONU	Descrição	Embalagem
1049	HIDROGÊNIO, COMPRIMIDO	
1066	NITROGÊNIO, COMPRIMIDO	
1072	OXIGÊNIO, COMPRIMIDO	
1073	OXIGÊNIO, LÍQUIDO REFRIGERADO	
1075	GÁS(ES) DE PETRÓLEO, LIQUEFEITO(S)	
1114	BENZENO	II
1170	ETANOL (ÁLCOOL ETÍLICO) ou SOLUÇÃO DE ETANOL (SOLUÇÃO DE ÁLCOOL ETÍLICO)	II
1170	ETANOL (ÁLCOOL ETÍLICO) ou SOLUÇÃO DE ETANOL (SOLUÇÃO DE ÁLCOOL ETÍLICO)	III
1001	ACETILENO, DISSOLVIDO	
1005	AMÔNIA, ANIDRA	
1010	BUTADIENOS, ESTABILIZADOS	
1017	CLORO	
1202	GASÓLEO, ou ÓLEO DIESEL, ou ÓLEO PARA AQUECIMENTO, LEVE	III
1203	COMBUSTÍVEL AUTO-MOTOR, incluindo álcool-motor e gasolina	II
1223	QUEROSENE	III
1230	METANOL	II
1294	TOLUENO	II
1307	XLENOS	II
1307	XLENOS	III
1789	ÁCIDO CLORÍDRICO	II
1789	ÁCIDO CLORÍDRICO	III
1791	HIPOCLORITO, SOLUÇÃO	II
1791	HIPOCLORITO, SOLUÇÃO	III
1824	HIDRÓXIDO DE SÓDIO, SOLUÇÃO	II
1824	HIDRÓXIDO DE SÓDIO, SOLUÇÃO	III
1830	ÁCIDO SULFÚRICO, com mais de 51% de ácido	II
1977	NITROGÊNIO, LÍQUIDO REFRIGERADO	
1993	LÍQUIDO INFLAMÁVEL, N.E.	I
1993	LÍQUIDO INFLAMÁVEL, N.E.	II
1993	LÍQUIDO INFLAMÁVEL, N.E.	III
2015	PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO, ESTABILIZADO ou PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO, SOLUÇÃO AQUOSA, ESTABILIZADA, com mais de 60% de peróxido de hidrogênio	I
2031	ÁCIDO NÍTRICO, exceto fumegante, com até 70% de ácido nítrico	II
2031	ÁCIDO NÍTRICO, exceto fumegante, com mais de 70% de ácido nítrico	I
Total:	(33) produtos encontrados.	

Quadro 4 – Produtos perigosos mais comuns no transporte rodoviário em SP e embalagens⁹.

Fonte: Sistema Integrado de Informações para Atendimento de Ocorrências no Transporte de Produtos Perigosos (DER, 2010b).

⁹ Grupos de Embalagem: detalhado na resolução ANTT 420/04 e anexos; a I é para substâncias mais perigosas, e a III, menos perigosas.

As substâncias tóxicas são as capazes de provocar a morte, lesões graves, ou danos à saúde humana, se ingeridas, inaladas ou se entrarem em contato com a pele. As infectantes são aquelas que contêm microorganismos viáveis, incluindo bactérias, vírus, parasitas, fungos, ou um recombinante, híbrido ou mutante, que possam provocar doenças em seres humanos ou animais.

Então, como identificar uma substância perigosa em seu estado líquido? Segundo a portaria 204/97 tem-se a seguinte definição:

[...] exceto se houver uma indicação explícita ou implícita em contrário, os produtos perigosos com ponto de fusão igual ou inferior a 20°C, à pressão de 101,3kPa, devem ser considerados líquidos. Uma substância viscosa, de qualquer classe ou subclasse, deve ser submetida ao ensaio da Norma ASTM D 4359-1984, ou ao ensaio para determinação da fluidez prescrito no Apêndice A-3, da publicação das Nações Unidas ECE/TRANS/80 (Vol. 1) (ADR), com as seguintes modificações: o penetrômetro ali especificado deve ser substituído por um que atenda à Norma da Organização Internacional de Normalização - ISO 2137-1985 e os ensaios devem ser usados para substâncias de qualquer classe.[...]

Ou seja, para que uma substância possa ser considerada líquida deve estar em conformidade às orientações acima.

Também em complemento à portaria 204/97, têm-se a resolução 420/04, a 701/04, e respectivos anexos que listam os materiais perigosos, sua classe de risco, o tamanho da embalagem e limitações de quantidade por veículo. A classificação do produto é de responsabilidade do fabricante ou expedidor, devendo solicitar o enquadramento de produtos novos à ANTT.

O DER/SP estabelece por meio de portarias, os trechos rodoviários onde o tráfego de veículos transportando produtos perigosos é proibido (DER, 2010a). Já a Artesp estabelece os trechos onde é proibida a circulação de caminhões por risco de acidentes com determinado tipo de veículo e pelas características da rodovia, como pode ser observado na pista descendente da Imigrantes (ARTESP, 2010).

Isto ocorre em função do Decreto 96.044/88, que aprovou a regulamentação sobre o transporte de produtos perigosos, que menciona em seu artigo 11º:

[...]As autoridades com jurisdição sobre as vias poderão determinar restrições ao seu uso, ao longo de toda a sua extensão ou parte dela, sinalizando os trechos

restritos e assegurando percurso alternativo, assim como estabelecer locais e períodos com restrição para estacionamento, parada, carga e descarga. [...]

O Decreto 96.044/88, também estabelece a obrigatoriedade de comunicar a origem, o destino e a classe de risco ao DNIT, e autoriza o Inmetro a proceder a certificação dos veículos, tanques e embalagens, bem como direciona o roteiro da viagem tentando evitar áreas de manancial, de reserva ambiental, densamente povoadas ou ainda os horários de pico, além de obrigar a sinalização adequada e outras providências.

Conforme as informações verbais da Abiquim, não existem limitações de tamanhos de tanque, referentes aos granéis líquidos, com relação a volumes transportados de substâncias perigosas em rodovias, apenas para material fracionado e incompatibilidade e substâncias. A única limitação no caso de rodovias é a de tonelage permitida da estrada. O DER publicou a portaria SUP/DER-77/10 que estabelece regulamentação para a variação de peso e limites em caminhões tanque.

4.2 Medidas emergenciais de controle após o derramamento

Quando ocorre derramamento de produtos perigosos, são utilizadas as medidas de controle (CETESB, 2010a), ou técnicas de manejo para a remoção dessas substâncias, quais sejam:

- recolhimento por sucção: se o produto for líquido, poderá ser recolhido através de bombas de transferência ou caminhões vácuo.
- absorção/ adsorção: realizada através da adição de materiais que possuem estas propriedades, removendo a mistura resultante. Por exemplo, emergencialmente, pode-se adicionar terra ou areia para absorver e conter localmente o produto vazado e facilitar o recolhimento. Produtos pouco miscíveis em água como óleos são removidos com a aplicação de absorventes específicos. Podem ser utilizados na forma encapsulada (travessieiros, barreiras, mantas) ou a granel (turfa vegetal, absorventes minerais, etc.).

- neutralização: adição de substância que possua propriedade química contrária à derramada. Por exemplo, a adição de uma substância de pH básico a um produto de pH ácido, neutralizando-a.
- diluição: técnica somente utilizada nos casos em que não haja possibilidade de contenção e recolhimento do produto derramado, ou quando o seu volume seja bastante reduzido. Para obter concentrações seguras dilui-se a substância com água da ordem de 1.000 a 10.000 vezes o volume do produto vazado.

Outras medidas podem ser utilizadas visando restringir o derramamento, como a utilização de barreiras flutuantes em reservatórios, etc.. mas dependem das características da substância.

4.3 Velocidade de propagação da contaminação no solo

Após o derramamento de líquidos contaminantes, sua velocidade de percolação e contaminação do solo depende de alguns fatores e processos (DYMINSKI, 2006). Seguem-se os principais:

- a constituição dos solos e sedimentos, tamanho e composição de partículas, estrutura do solo, presença e tipo de matéria orgânica, coeficientes característicos do material como quantidade de vazios, granulométrica;
- reações soluto x solo que podem mudar a concentração da solução (solubilidade);
- mineralogia da fração argila, permeabilidade;
- temperatura do ambiente; podendo alterar a permeabilidade do solo (viscosidade do fluido), a velocidade de reações químicas e a solubilidade do contaminante.
- características do ambiente (tempo de exposição do solo ao contaminante, presença de microorganismos, condições hidrogeológicas, condições aeróbicas/anaeróbicas.
- Características do contaminante (solubilidade, densidade, concentração, pH, D.B.O, D.Q.O, etc.);

Dos diversos processos físicos, químicos e bioquímicos envolvidos, a dispersão mecânica é o processo predominante no transporte de contaminantes quando a percolação ocorre a maiores velocidades.

Esta retenção do contaminante pelo solo resulta na diminuição da velocidade da frente de contaminação. Este fenômeno é chamado de retardamento da frente de Contaminação (DYMINSKI, 2006), onde o principal processo envolvido é o da sorção (adsorção + absorção), em que:

- adsorção: as substâncias em solução aderem às partículas por forças de atração elétrica, devido a substituições iônicas na estrutura cristalina dos minerais ou quebra de ligações moleculares.
- absorção: processo que envolve retenção de substâncias nos poros do solo.

A contaminação do solo pode atingir as águas subterrâneas, mas pelas características gerais de sorção, retarda-se a frente de contaminação, principalmente a frente de contaminação superficial. Assim, sob a ótica da velocidade do tempo de resposta em emergências com o derrame de líquidos perigosos, o derramamento de líquidos sobre a pista pode ter uma velocidade de contaminação maior, e portanto pode ser mais perigosa.

Em contato com o solo, os contaminantes são transportados através da zona não saturada, podendo atingir o lençol freático. A velocidade desse processo depende principalmente da condutividade da zona não saturada do solo, do tipo de contaminante e da composição do solo, especialmente quanto ao teor de matéria orgânica e argila (POLMIT, 2002 apud MARTINS et al., 2005).

Alguns aspectos sobre a velocidade de percolação de líquidos, poluentes e o papel das drenagens foram abordados em Namy (1999). Em uma rodovia pavimentada os sistemas de drenagem e as faixas de rolamento são constituídos por materiais com pouca capacidade de absorção, ou hidrofugantes como asfaltos e concretos, o que provoca um efeito inverso do observado no fenômeno de retardamento da frente de contaminação, ou seja ocorre uma aceleração da frente de contaminação.

4.4 Plano de Ação de Emergência (PAE)

No âmbito estadual foi publicada a resolução SMA 81/98, que estabeleceu as diretrizes para a elaboração do PAE, o qual visa prevenir e minimizar os riscos. O PAE, é parte integrante do PGR, de modo que as tipologias acidentais, os recursos e as ações necessárias para minimizar os impactos possam ser adequadamente dimensionadas, sendo este instrumento particularmente importante para a fase de operação do empreendimento. O PAE relaciona as ações que devem ser tomadas

após o acidente, de caráter corretivo. O PGR analisa e tenta reduzir os riscos de forma preventiva.

A Análise de Riscos é a ferramenta fundamental para avaliação dos riscos de determinado empreendimento, principalmente na elaboração do EIA. Serve de base para a elaboração dos PGRs, PAEs, e Análises de Vulnerabilidade. Esses documentos técnicos geralmente são entregues como atendimento à exigências para a concessão da LO.

A Secretaria de Estado dos Negócios dos Transportes do Estado de São Paulo, publicou em 28 de abril de 1999, a Resolução ST-5, que dispõe sobre a criação da Comissão de Estudos e Prevenção de Acidentes no Transporte Terrestres de Produtos Perigosos. Essa comissão propôs diversas medidas para a minimização de riscos causados por acidentes no transporte terrestre de produtos perigosos.

Estes planos são de responsabilidade do empreendedor, feitos por meio de empresas especializadas, mas no caso do PGR ainda não existe um termo de referência específico elaborado pelo órgão ambiental. Em entrevista à equipe de emergências da Cetesb (HADDAD, 2010), obteve-se a informação que se encontra em fase final de discussão, o termo de referência sobre a elaboração de PGRs, onde constaria a solicitação da inclusão de sistemas de contenção e retenção em rodovias.

Para o detalhamento do roteiro proposto na resolução SMA 81/98, foi estabelecido no manual do PAE (CETESB, 2010b), em janeiro de 2001, o fornecimento de informações como perfil climatológico, áreas vulneráveis com referência ao uso e ocupação do solo às margens da rodovia, adensamentos populacionais, proximidade a mananciais, captações e cursos d'água, culturas e ambientes naturais.

Também são estabelecidas as tipologias de acidentes com referência à distância de cursos d'água e adensamentos populacionais, bem como classes de hipóteses acidentais, onde três hipóteses de dez, são relacionadas a líquidos transportados:

- Colisão ou tombamento do veículo com risco potencial de vazamento;
- Vazamento de pequeno porte de substâncias líquidas;

- Vazamento de grandes proporções de substâncias líquidas;

Segundo a Cetesb, um PAE para ser efetivo, depende essencialmente da prévia identificação dos cenários, da determinação das áreas imediatamente impactadas, do planejamento e treinamento de equipes de intervenção, da disponibilidade de recursos materiais e humanos, e da infra-estrutura local, necessários a um efetivo combate. Neste ponto inserem-se os sistemas de retenção e contenção de produtos perigosos, uma vez que estes sistemas façam parte dessa infra-estrutura e permitam que as equipes de combate ganhem tempo para chegar ao local evitando danos maiores.

O DNIT (2005c) publicou o Manual para a implementação de planos de ação de emergência para atendimento a sinistros envolvendo o transporte rodoviário de produtos perigosos, que estabeleceu também as baias e áreas de estacionamento para veículos com cargas perigosas.

Segundo o manual do DNIT (2005c) o derrame desses líquidos em rodovias, pode causar a contaminação do solo e dos recursos hídricos superficiais e profundos.

O tempo de resposta para atendimento em eventos acidentais envolvendo esses produtos pode ser calculado pelo tempo médio de deslocamento para o local do acidente, considerando-se a distância percorrida pela equipe de atendimento emergencial para produtos perigosos. O tempo considerável razoável é de 12 a 30 minutos, admitindo-se a velocidade média permissível da classe da via (DNIT, 2005c).

Assim como o tempo de resposta, a velocidade da frente de contaminação é importante para que a área afetada não aumente rapidamente. Entre outras, a variável tempo, em um acidente com produtos perigosos, é fundamental no combate de emergência, pois o acidente tem sua área multiplicada quando atinge os cursos d'água, aumentando com rapidez a área impactada, podendo assumir proporções catastróficas (CETESB, 2010a).

As ações de combate a emergências podem ser estabelecidas por classes de risco dos produtos, considerando sempre outras características importantes, tais como:

- estado físico (mobilidade no meio ambiente);

- propriedades físico-químicas e toxicológicas;
- quantidade vazada; e
- cenário da ocorrência.

O PAE institui um instrumento denominado Planta Retigráfica, com as diferentes tipologias de ocupação de solo, relacionadas à proximidade ou não de adensamentos populacionais, instalações industriais, recursos hídricos, áreas úmidas (várzea, alagadiços, etc.), áreas de cobertura vegetal suscetível ou protegida por lei, atividades agrícolas, esportivas, lazer, entre outras, estão nela identificadas.

4.5 Pontos sensíveis, e vulnerabilidade ambiental

A análise do risco, antes da construção do empreendimento, é uma ferramenta utilizada na elaboração do EIA/RIMA, e analogamente, a análise de vulnerabilidade, é adotada na elaboração dos PAEs e PGRs, para a fase de operação. A análise de vulnerabilidade é similar à análise de riscos mas com o foco na fase de operação da rodovia.

Com a finalidade de se identificar riscos e vulnerabilidades (DERSA & ITSEMAP, 2010), procede-se ao levantamento das principais informações históricas sobre acidentes disponíveis, e dos eventos ocorridos na região de interesse, denominada Análise Histórica de Acidentes, onde são levantados os seguintes dados:

- Identificação das causas e circunstâncias contribuintes responsáveis pela ocorrência de um determinado acidente;
- Tipologias acidentais que ocasionaram diferentes tipos de danos, perdas ou impactos;
- Magnitude das conseqüências;
- Probabilidade ou Frequência de ocorrência de acidentes numa determinada instalação ou atividade.

A Análise de Vulnerabilidade do Rodoanel Mario Covas, Trecho Sul, elaborada em conjunto com o PAE e PGR, aborda o aspecto da vulnerabilidade associada a riscos.

Genericamente, o risco de uma determinada atividade pode ser definido como a medida de perda econômica, danos à vida humana e/ou impactos ambientais resultantes da combinação entre a frequência de ocorrência e a magnitude das perdas ou danos, portanto das conseqüências envolvidas (DERSA & ITSEMAP, 2010). A expressão da combinação de frequência e conseqüência para a avaliação do risco é a que considera o produto das mesmas. Assim, o risco pode ser expresso pela equação:

$$\text{Risco} = \text{Frequência} \times \text{Conseqüência}$$

Para a Análise de Vulnerabilidade do Rodoanel adotou-se (DERSA & ITSEMAP, 2010):

$$\text{Vulnerabilidade} = \text{Suscetibilidade} \times \text{Sensibilidade}$$

Onde a suscetibilidade influi na frequência de ocorrência de acidentes rodoviários e a sensibilidade no grau de conseqüências de um acidente.

Entretanto, para Vedovello e Macedo (2007), o risco pode ser considerado como o grau de perdas esperadas, quer seja ele de origem natural ou induzido pelo homem. Os autores inseriram a variável vulnerabilidade na expressão do risco conforme a equação:

$$R(E) = P \times V(E) \times D$$

Onde:

R(E) = risco a que está submetido um determinado elemento (E);

P = probabilidade de ocorrência, com determinada tipologia, magnitude e localização;

V(E) = vulnerabilidade do elemento em risco; e

D = danos potenciais avaliados.

Nas equações apresentadas o fator vulnerabilidade pode variar e deve ser considerado com e sem a presença das estruturas de mitigação. Afinal qual a rodovia mais vulnerável em termos de risco, aquela que apresenta essas medidas mitigadoras, ou aquela que não as apresenta? Esse tipo de análise de risco deveria ser considerado antes da escolha da alternativa locacional da estrada, ou depois como acontece hoje?

Sobre as áreas sensíveis, a Análise de Vulnerabilidade do Rodoanel alerta que especial atenção deve ser dada às formações de vegetação associadas aos ambientes alagados, por que são aquelas que proporcionam condições de vida para a fauna mais sensível aos vazamentos de produtos perigosos. Estes ambientes são naturalmente retentores dos produtos, e muitas espécies utilizam estes ambientes para reprodução, alimentação e repouso, o que torna estes ambientes ainda mais sensíveis.

Após a identificação e quantificação de todos os indicadores, são atribuídos pesos a estes e executado um cruzamento de informações, por meio de uma matriz de interação. As frequências são classificadas de remota a muito alta, e as consequências de baixa a catastrófica.

Da análise da matriz, e sua representação espacial sobre o empreendimento, chega-se ao mapeamento de sensibilidade ou carta de riscos ambientais (MENDES, 2005 apud DERSA & ITSEMAP, 2010).

Habasque (2005) e Beadudu (2005 apud BARBOSA et al., 2008) propõe medidas para proteger os recursos hídricos das “*escorrências*” de estradas. Entre essas se têm :

- separação da drenagem de pista, pontes e viadutos das de taludes, e terrenos envolventes, quando da travessia de áreas sensíveis;
- substituição de valetas de concreto por grama ou outro tipo de vegetação para redução da velocidade de escoamento, redução da concentração de sólidos, redução de poluição difusa, e redução de velocidade da frente de contaminação por poluição pontual;
- adoção de medidas de “*proteção pesada*” em zonas consideradas sensíveis.

As medidas pesadas consistem em se adotar sistemas de decantação, separação de óleo e de tratamento, inclusive com a possibilidade de se estancar o fluxo.

As zonas consideradas sensíveis seriam áreas com:

- a presença de águas subterrâneas;
- a presença de águas superficiais;

- áreas de valor ecológico;
- ou pela necessidade de proteger alguns usos específicos da água.

Em análise dos sistemas implantados internacionalmente Barbosa et al. (2008) identifica os seguintes parâmetros inerentes ao local do projeto, a serem abordados de forma integrada:

- espaço disponível;
- declives do terreno;
- clima e precipitação;
- solo;
- geologia;
- presença de outras construções;
- plano de manutenção e monitoramento.

4.6 Roteamento, Projeto SIIPP e dados do DER/SP

O DER/SP, como parte do projeto Sistema Integrado de Informações para Atendimento de Ocorrências no Transporte de Produtos Perigosos, o SIIPP (DER, 2010b), possui como ferramentas as cartas de vulnerabilidade e situacional, subdivididos em setores que coincidem com os mapas das divisões regionais do DER.

A carta de vulnerabilidade apresenta sobre a malha rodoviária a localização das principais áreas consideradas vulneráveis como pontos de captação de água, e áreas de proteção ambiental captações, além de cursos d'água e áreas urbanas, bem como as Unidades Básicas de Atendimento (UBA) a acidentes e postos policiais.

A carta situacional apresenta basicamente as rotas de produtos perigosos e quais atendem aquele trecho de rodovia.

Teixeira (2010, apud Real, 2000) chama a atenção para o fato que, boa parte das pesquisas no mundo, dirigidas à segurança no transporte rodoviário de produtos perigosos, tem o foco voltado para as técnicas de roteamento dos veículos.

As técnicas de roteamento, citadas acima visam, por meio da seleção prévia e planejada de determinadas rotas de tráfego, reduzir os riscos de acidentes. Isto acontece porque a rota escolhida, em relação às demais, apresenta menores probabilidades de acidentes de tráfego com o vazamento do produto. Nesse caso as conseqüências tendem a ser menos severas para a população e para o meio ambiente afetados, se ocorrerem na rota pré-determinada.

Teixeira (2010, apud Real, 2000) destaca também a pouca factividade de aplicação da técnica de roteamento no Brasil, principalmente nos grandes centros urbanos, tendo em vista o fato da malha rodoviária nacional oferecer poucas opções de rotas para o transporte interestadual e intermunicipal.

O roteamento e a restrição à circulação de produtos perigosos já é previsto no Decreto 88821/83, na Seção III - Dos Itinerários:

[...]Art. 5º - Os veículos que transportem produtos perigosos devem evitar o uso de vias que atravessem ou estejam próximas de áreas densamente povoadas, de áreas de proteção de mananciais, reservatórios de água ou reservas florestais e ecológicas [...]

[...]Art. 7º - Com a finalidade de preservar as condições de segurança do transporte, de pessoas e bens, bem como de determinados trechos viários ou de obras-de-arte especiais, a autoridade de trânsito poderá determinar restrições de uso das vias ou de parte delas, indicando alternativa de percurso para o transporte de produtos perigosos, bem como estipular locais, horários e períodos destinados ao estacionamento, parada, carga e descarga.

§ 1º - A circulação, a parada ou o estacionamento de veículo que esteja transportando produtos perigosos, em via de grande fluxo de trânsito, devem ser evitados nos horários de maior intensidade de tráfego. [...]

As cartas adaptadas, respectivamente as figuras 17 e 18, ilustram uma carta de vulnerabilidade, e a situacional, na região do pólo industrial dos municípios de Paulínia e Campinas, no estado de São Paulo. Esses são exemplos de importantes ferramentas na análise de roteamento.

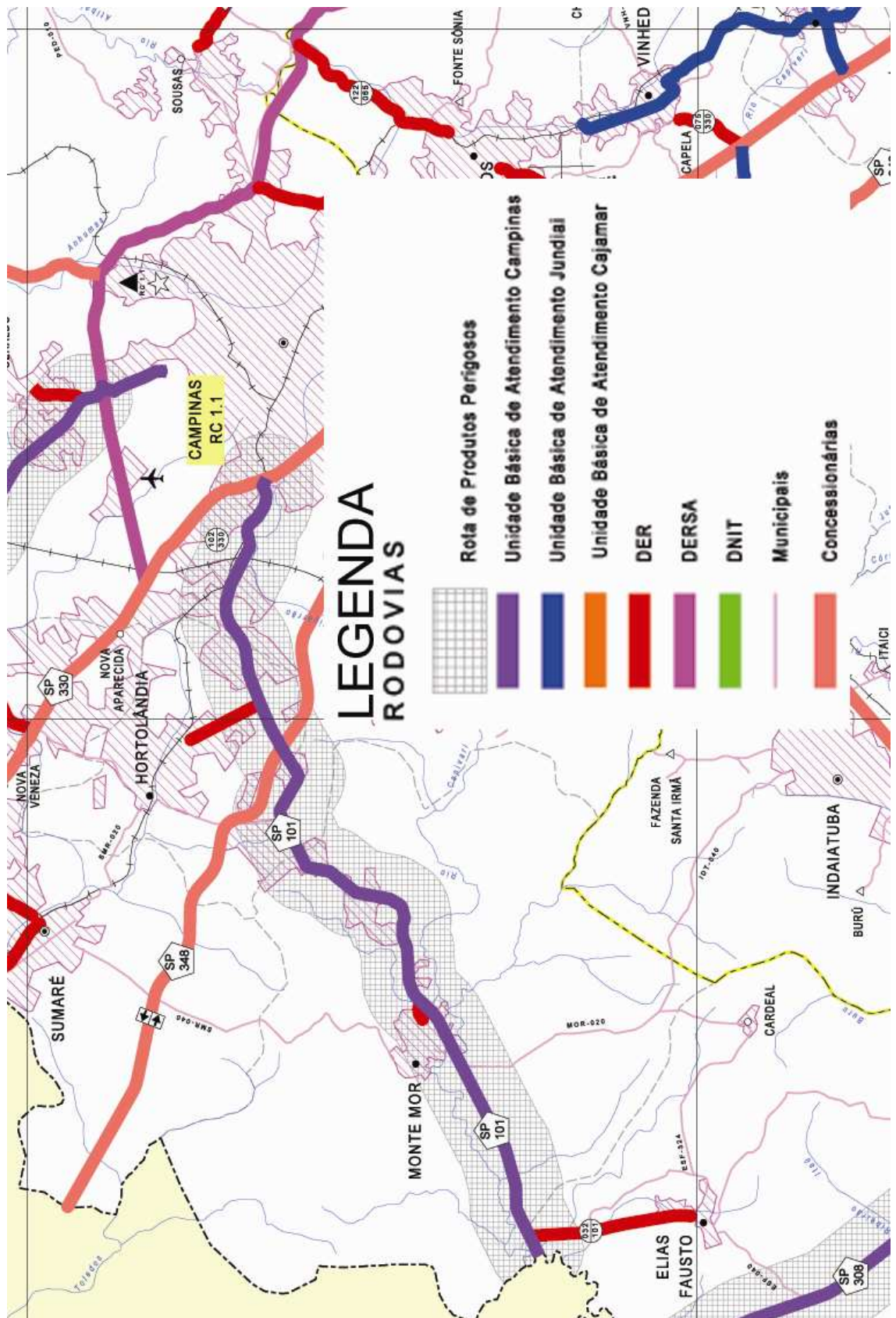


Figura 18 – Carta Situacional (detalhe). Rotas de produtos perigosos.
 Fonte: Adaptado de DER, 2010b - Sistema Integrado de Informações para Atendimento de Ocorrências no Transporte de Produtos Perigosos.

4.7 Bancos de dados

Apresenta-se a seguir os principais bancos de dados referentes aos acidentes com cargas perigosas em rodovias no estado de São Paulo. Bancos de dados são ferramentas para a análise de riscos que podem auxiliar na prevenção de acidentes. Podem ser dos tipos: histórico de acidentes; de riscos em rotas; e de propriedades de produtos perigosos (DNIT, 2005c).

Trata-se de um sistema de informações desenvolvido para suporte de cálculo de freqüências de riscos, que reúne dados históricos de acidentes ocorridos. Hoje, esses bancos estão disponíveis no mercado de análise de riscos a nível nacional e internacional, reunindo informações sobre acidentes com descrição e análise dos eventos no transporte de produtos perigosos, em todos os modais de transporte (DNIT, 2005c).

Além das finalidades acima existem bancos de dados sobre estudos de caso de estruturas mistas de captura de materiais perigosos e tratamento de poluição difusa que podem auxiliar no projeto e concepção desses sistemas.

A seguir listam-se exemplos de bancos de dados disponíveis e ilustram-se o tipo de informações que podem ser obtidas.

a) Dados da Artesp

Da solicitação direta de informações para a pesquisa, junto às concessionárias sobre acidentes com produtos perigosos e da instalação de sistemas de retenção e contenção, todos indicaram a Artesp como o órgão responsável pela compilação de tais informações.

De fato, é competência da Artesp, autarquia de regime especial, criada pela Lei Complementar 914/02 conforme exigência da Lei Estadual de 7.835/92 sobre Concessões e Permissões de Serviços Públicos, regulamentar e fiscalizar todas as modalidades de serviços públicos de transporte autorizados, permitidos ou concedidos a entidades de direito privado, no âmbito da Secretaria de Estado dos Transportes (ARTESP, 2010).

Na consulta realizada junto à Artesp foram disponibilizados os dados relativos às ocorrências registradas recentemente naquela agência reguladora.

O Banco de dados apresenta os seguintes campos de pesquisa:

- mês;
- concessionária;
- lote e rodovia;
- localização dentro da rodovia;
- data, hora de início e fim;
- hipótese acidental: acidente ou avaria do veículo sem envolvimento de carga; colisão ou tombamento do veículo com risco potencial de vazamento; vazamento de pequeno porte de substância líquida; vazamento de grandes proporções de substância líquida; derramamento de substância sólida;
- origem e destino;
- nome da substância, estado físico;
- número da ONU, com a classe e número de risco;
- tipologia do acidente: local ermo e afastado de cursos d'água e população; local próximo a adensamentos populacionais; local próximo a cursos d'água; ou outras;
- danos a que compartimento ambiental: solo, água, ar;

Com a finalidade de ilustrar algumas possibilidades do uso dos dados inseridos foram elaborados alguns gráficos pelo autor.

Nas Figuras 19, 20 e 21 elaboradas com base nos dados fornecidos pela Artesp, referentes ao primeiro trimestre de 2010, observam-se respectivamente três tipos de indicadores: acidentes por rodovia, acidentes por origem ou destino, e acidentes por classe de risco. As rodovias em que foram registrados o maior número de acidentes podem indicar as principais rotas desses veículos que transportam cargas perigosas, no caso a SP-330, com 37%, seguida da SP-348, com 17%, a SP-225, com 9%.

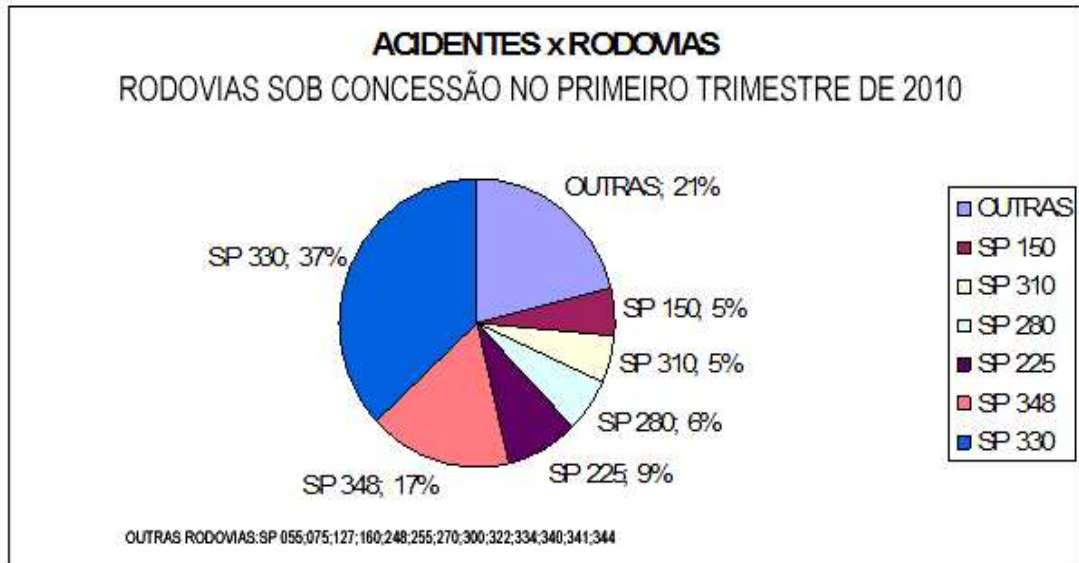


Figura 19 – Acidentes com produtos perigosos por rodovia paulista, no primeiro trimestre de 2010.
Fonte: Adaptado do banco de dados de acidentes da ARTESP, 2010.

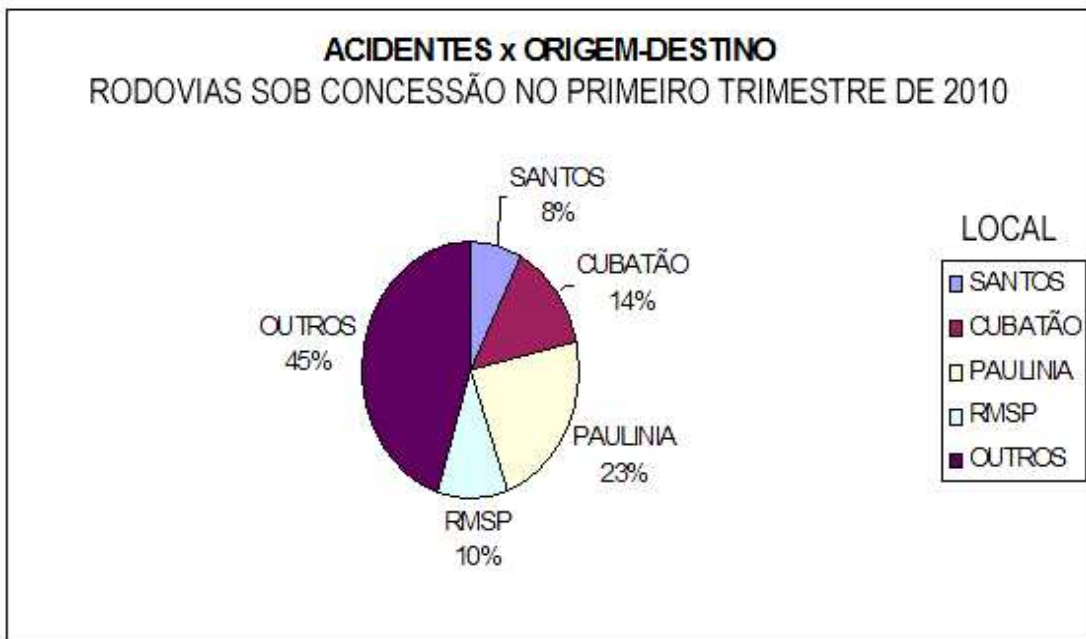


Figura 20 – Acidentes com produtos perigosos em rodovias paulistas, principais origens ou destinos de viagem, no primeiro trimestre de 2010.
Fonte: Adaptado do banco de dados de acidentes da ARTESP, 2010.

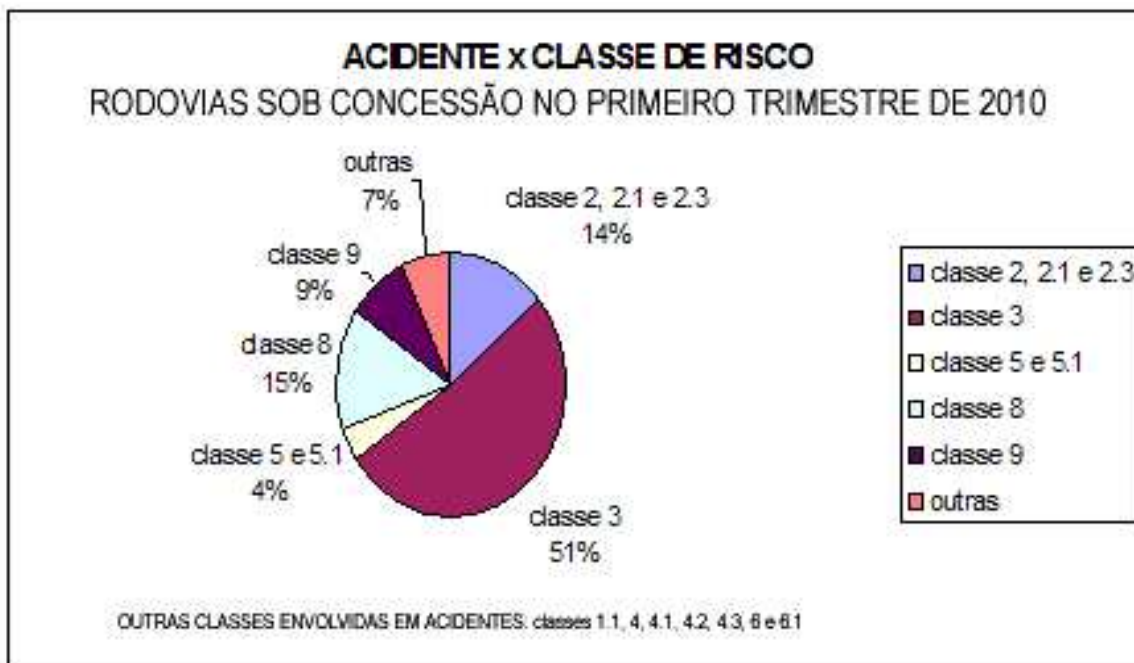


Figura 21 – Acidentes com produtos perigosos em rodovias paulistas e classes de risco, no primeiro trimestre de 2010.

Fonte: Adaptado do banco de dados de acidentes da ARTESP, 2010.

A origem e destino das viagens, por número de acidentes, indicam os principais pólos geradores e receptores de produtos perigosos, que também devem ser priorizados nos planos de emergência. No caso os principais locais, seriam as regiões com pólo industrial como Paulínia, com 23% das ocorrências, Cubatão, com 14%, e a RMSP, com 10%, e a região de Santos, devido ao terminal portuário, com 8%.

A classe de risco envolvida em acidentes, indica principalmente o tipo de produto que deve ser levado em conta nos sistemas de retenção de produtos perigosos. No caso, os produtos classificados como de classe 3, os líquidos inflamáveis que incluem a categoria dos combustíveis, solventes e hidrocarbonetos, respondendo por 51% dos acidentes; seguido pelos produtos classe 8, os corrosivos com 15%, como ácidos, substâncias alcalinas, por exemplo, o ácido sulfúrico e a soda cáustica; e os de classe 2, gases com 14%.

Como uma etapa do projeto denominado P2R2 (MMA, 2010), foi prevista a criação de um banco de dados de informações sobre as condições atuais de atendimento a emergências ambientais nos estados e municípios da federação, com a participação de órgãos de Meio Ambiente, Corpo de Bombeiros, Defesa Civil e os

diversos órgãos do Setor da Saúde, como as Secretarias de Vigilância Sanitária e de Saúde Ambiental.

b) Dados da Abiquim

Outra instituição que reúne dados sobre acidentes com produtos perigosos e sobre os próprios produtos é a Associação Brasileira da Indústria Química (Abiquim), com a participação de empresas de todos os portes, fabricantes de produtos químicos e prestadores de serviços ao setor, como transportadoras e operadoras logísticas (ABIQUIM, 2010). Merecem destaque pelo menos dois programas desenvolvidos pela Abiquim: o Pró-química e o Olho Vivo na Estrada, que fornecem informações sobre os procedimentos a serem observados em relação ao transporte e manuseio de produtos químicos, também em casos de emergência, com sua Central de Informações sendo acionada pela empresa envolvida na ocorrência, ou pelos órgãos públicos (DERSA & ITSEMAP, 2010).

No programa Olho Vivo na Estrada, por exemplo, foi feita uma compilação do comportamento observado em motoristas, nos acidentes com carga de granel líquido classificados como produtos perigosos em 2008. Na classificação observa-se:

- velocidade acima do limite, 14,07%;
- velocidade inadequada para o trecho, 8,26%;
- velocidade menor do que a mínima aceitável, 5,93%;
- não respeitar a sinalização do trânsito, 7,87%;
- sono, cansaço, falta de atenção, 6,76%;
- dirigir sem cinto de segurança, 13,24%;
- não deixar a distância segura do veículo da frente, 9,81%;
- dirigir agressivamente ou imprudentemente, 13,89%;
- ultrapassagens inseguras ou em local inadequado, 7,50%;
- amarração, travamento ou distribuição inadequada de carga, 2,60%;
- outros como o uso de chinelos, pneus etc., 10,08%.

c) Dados da Cetesb

Segundo o Banco de Dados Estatísticos da Cetesb, o Cadastro de Acidentes Ambientais (Cadac), que atua no setor de emergências desde 1978, em média, 38% dos acidentes envolvendo o transporte rodoviário de produtos perigosos, ocorrem com a classe de risco 3, líquidos inflamáveis. Assim sendo, freqüentemente nos episódios envolvendo este modal, a equipe em campo tem que desencadear ações preventivas para evitar o risco de incêndio e explosão (CETESB, 2008).

Da análise de vulnerabilidade do rodoanel sul (DERSA & ITSEMAP, 2010), com base em dados da Cetesb de 1998 a 2008, observa-se que a média de acidentes no transporte rodoviário de produtos perigosos é de aproximadamente 118 eventos por ano.

Outro aspecto a ser considerado é que nas rodovias, a grande maioria dos acidentes envolveu veículos transportando produtos perigosos a granel, enquanto que nas vias urbanas aconteceram mais acidentes com produtos perigosos embalados ou carga fracionada, em dados da Cetesb até 2003 (DERSA & ITSEMAP, 2010).

Também, na mesma fonte, em dados sobre a classe de risco, os produtos da classe 8, corrosivos, são em média 14% dos casos no estado de São Paulo. Em quase metade dos casos registrados nas rodovias (49,6%), a grande maioria dos acidentes ocorreu na faixa correspondente a vazamentos de até 500 litros. Os casos de maior porte de vazamentos em rodovias, ou seja, acidentes em que vazaram quantidades acima de 10.000 litros, representaram, segundo os dados da Cetesb, somente cerca de 20 % do total (DERSA & ITSEMAP, 2010).

d) Dados da ASCE e LNEC

A American Society of Civil Engineers (ASCE), em conjunto com a Environmental Protection Agency (EPA), dos EUA, divide as estruturas em oito grupos, classificando esses dispositivos, que variam significativamente em tamanho e complexidade. No site <<http://www.bmpdatabase.org/>>, existe um banco de dados internacionais sobre esses sistemas, com mais de 300 estudos de caso (ASCE, 2010).

O Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) em conjunto com a Estradas de Portugal S.A. elaboraram um banco de dados específico para o monitoramento da qualidade de águas em sistemas de tratamento de estradas (Barbosa et al., 2008). Constam deste banco de dados o monitoramento de 5 estradas, em 8 locais, e 35 sistemas classificados como :

- Estações de tratamento;
- Tanques de separação de hidrocarbonetos;
- Separador de hidrocarbonetos e bacia de detenção em terra;
- Bacias de decantação;
- Bacia multifuncional;
- Bacia de decantação com tanques de separação de óleos;
- Vala relvada com bacia de retenção;
- Sistema de contenção de risco;
- Bacia de retenção;
- Bacia de retenção e de infiltração;
- Bacia de retenção com leito filtrante;
- Bacia de detenção;
- Bacia de pré-tratamento;

5 SISTEMAS DE PRÉ-TRATAMENTO E DE CAPTURA (HMTs)

Neste capítulo apresentam-se os sistemas “*Hazardous Materials Traps*” (HTMs) com a classificação conceitual dos tipos de dispositivos e a identificação de parâmetros referentes à sua implantação.

Os sistemas de pré-tratamento e captura foram considerados, e ainda são por alguns autores, como parte integrante de outras medidas de controle de poluição em estradas denominadas como Melhores Práticas de Gestão ou “*Best Management Practices*” (BMPs), conforme se observa em Landphair, Mcfalls & Thompson (2000). Publicações mais recentes, como Marler, Barret & Malina (2005), já separam esses sistemas e os denominam como Dispositivos de Captura ou HTMs.

Assim os HTMs são abordados neste capítulo, e os BMPs e sistemas mistos no capítulo seguinte. Muitos dos conceitos utilizados são provenientes da revisão bibliográfica das BMPs.

Com a finalidade de facilitar a compreensão do leitor quanto à terminologia mais adequada a ser utilizada para esses sistemas, e a utilizada pelos diversos autores pesquisados, são relatadas neste item as primeiras análises do autor relevantes sobre o assunto. Muitos dos conceitos apresentados neste texto, como outros referentes a drenagem, encontram-se em constante evolução ao longo do tempo, em função do aprimoramento do conhecimento e da experiência adquirida na prática, conforme observado por Tucci & Mendes (2006).

5.1 Terminologia e Conceitos

Em meio à pesquisa, percebem-se uso de termos como “retenção, detenção e contenção” de produtos perigosos. Landphair, Mcfalls & Thompson (2000) menciona que “*a terminologia usada para descrever as BMPs estruturais são muitas vezes incoerentes*”.

Quando se importa um conceito utilizado no exterior e aplica-se a um sistema nacional corre-se o risco de erro na terminologia. Por exemplo, importa-se o conceito de “bacia de detenção” e aplica-se a uma “caixa de detenção”, mas nomeia-se com o título do conceito importado.

Outro exemplo para ilustrar o mencionado acima foi uma evolução de terminologia, detectada no estudo de caso. Foi utilizado o título “Caixa de Contenção

de Carga Perigosa Tipo 1A/B” para o projeto de uma caixa separadora de areia e óleo, apresentado no EIA. Todas as referências teóricas e menções no EIA a esse tipo de dispositivo indicam o termo “caixa de retenção”, inclusive o desenho didático denominado “Caixa de Retenção Esquemática” (DERSA & FESPSP, 2004b) utilizado para explicar seu funcionamento. O termo retenção é coerente para classificar esse dispositivo segundo a bibliografia atualizada. Nesse caso esse projeto já existia antes da confecção do EIA do Rodoanel Sul, uma vez que foi utilizado no trecho anterior oeste, daí sua nomenclatura mais antiga (contenção), diferente da utilizada pela equipe de consultoria ambiental que elaborou o EIA (retenção).

A revisão bibliográfica mostrou-se incompleta, no que tange a definição de alguns termos específicos utilizados no assunto.

a) Medidas Estruturais

As publicações americanas referem-se aos sistemas de tratamento como medidas estruturais para o controle da poluição (BMP). Estruturais porque fazem parte de uma infra-estrutura de equipamentos e instalações para o controle da poluição, fisicamente existentes.

Essa distinção é feita para separar esse tipo de medida de outras que não dependem de instalações físicas específicas como programas de educação ambiental, treinamentos etc..

Este conceito pode ser utilizado para as HMTs, que podem assim ser classificados como uma medida estrutural de mitigação de impactos. Essas instalações são um componente do PAE e auxiliam a ação das equipes de emergência.

b) Detenção x Retenção x Contenção

A compreensão destes termos é importante para a análise dos dispositivos, uma vez que possuem significados similares. Conforme a finalidade podem ter definições diferentes.

Segundo o Dicionário Web (2010), têm-se os significados de:

- Detenção; prisão provisória, preventiva, (idéia de captura);

- Retenção; delonga, demora, ou reserva (idéia de retardar o tempo);
- Contenção¹⁰; ação de impedir; imobilização, impedimento (idéia de parar).

Em análise aos textos citados, projetos e entrevistas, sobre a terminologia utilizada na bibliografia foi elaborado o quadro 5, com os conceitos mais difundidos, mas também em evolução.

O termo “tempo de detenção” é bastante encontrado na bibliografia, misturando-se com expressões como tempo de permanência ou de retenção. Em geral significa o tempo de permanência média de um afluente¹¹ no interior da estrutura para uma determinada finalidade.

Os termos detenção e retenção utilizados para estruturas tipo BMP, são apresentados de forma conjunta na bibliografia. A detenção está relacionada a captura de material suspenso ou particulado por sedimentação, decantação, estruturas contra assoreamento, de controle de enchentes e de fluxo (WATERSHED SCIENCE INSTITUTE, 2011).

O termo retenção é relacionado ao remanso do fluxo, com a segregação dos materiais, captura por densidade ou por sorção. Assim o termo retenção mostra-se mais abrangente do que o de detenção. Como exemplo pode-se citar o dispositivo “Caixa de Areia”, que se enquadra na definição de detenção e o dispositivo “Separador de Areia e Óleo – S.A.O”, que possui características de retenção. O S.A.O possui uma “Caixa de Areia” em seu interior além de outros dispositivos para a separação de óleo, enquadrando-se como um dispositivo de detenção e de retenção.

O termo contenção aparece pouco na bibliografia internacional mas seu conceito encontra-se sempre relacionado a utilização de “válvulas de contenção e bloqueio”, daí o título. Sempre que bloqueia o fluxo o dispositivo necessita de um reservatório para o depósito do afluente. Dessa forma, pode aparecer outro tipo de

¹⁰ Não deve ser confundido com contensão (forte tensão).

¹¹ Fluxo de líquido que entra no dispositivo (DAER, 1997).

válvula denominada “bypass” com a finalidade de desviar o fluxo para esse reservatório. O termo retenção é diretamente relacionado aos sistemas HMTs.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: CONCEITOS E TERMINOLOGIA UTILIZADA NOS SISTEMAS BMP, HMT E MISTO		
TERMO:	CONCEITO:	FONTE:
DETENÇÃO (1)	Tempo de permanência média de um afluente no interior de estruturas de detenção ou retenção. para tratamento, regulação de fluxo, dissipar energia evitar cheias, decantar ou sedimentar.	LANDPFAIR, MCFALLS & THOMPSON, 2000; NAMY, 1999; IPT, 2004; MARLER, BARRET & MALINA, 2005;
DETENÇÃO(2)	Estrutura que permite a captura, a remoção de sólidos e outros poluentes em suspensão de um afluente. Estrutura para controle de cheias e assoreamentos. Estrutura reguladora de fluxo. Em geral não possui um volume permanente de água.	NAMY, 1999; DERSA DE-15.04.000-H09/601; MARLER, BARRET & MALINA, 2005; IPT, 2004; VIEIRA & OLIVEIRA, 2001 apud MARTINS et al., 2005; DEBO & REESE, 1995 apud MARTINS et al., 2005; WATERSHED SCIENCE INSTITUTE, 2011;
RETENÇÃO	Estrutura que segura ou retarda um volume do afluente, por determinado tempo e capacidade, permitindo algum tipo de tratamento. Estrutura reguladora de fluxo. Pode manter um volume permanente de água, em seu interior, para facilitar o tratamento.	DAER, 1997; FHWA, 1996; SUDS, 2010; DERSA, 2004; VIEIRA & OLIVEIRA, 2001 apud MARTINS et al., 2005; GONÇALVES, 2008; LEITÃO et al., 2002; SUDS, 2010; AUTOBAN, 2004. DE-01.348.000-1 -H07/079; CETESB, 2010; LANDPFAIR, MCFALLS & THOMPSON, 2000; IPT, 2004; BARBOSA, ESCARAMEIA & CARVALHO, 2004; VIAESTE, 2010. DE- SP0000270-086-086-120-H07/001;
CONTENÇÃO	Estrutura que permite a interrupção completa do afluente por válvulas de controle e seu armazenamento temporário.	DERSA, 2004; DERSA, 2010; DER, 2010; DERSA, 2008. DE-PP-C07/802; DERSA, 2010. DE-15.30.000-H07/003; BARBOSA, ESCARAMEIA & CARVALHO, 2004; MARLER, BARRET & MALINA, 2005; CETESB, 2010;

Quadro 5 – Revisão bibliográfica: conceitos aproximados e terminologia utilizada nos sistemas BMP, HMT e misto.
Fonte: adaptado pelo autor.

Após a revisão bibliográfica dos conceitos para os sistemas existentes, entrevistas com membros da equipe de emergência da Cetesb e consultores da área, com o foco nos sistemas nacionais de captura de produtos perigosos em uma emergência, são apresentados os seguintes conceitos, em evolução:

- Detenção; sistemas que aprisionem material particulado misturado ao afluente. Em geral são bacias, barramentos ou diques temporários para instalações provisórias de drenagem em obras, ou construídos em emergências para conter um derrame, ou ainda como componente do sistema de drenagem na forma de caixa de areia. Utilizados para controle de enchentes e de assoreamento. Recebem nomes como bacia de sedimentação ou decantação. Em geral, permanecem secos até que sejam preenchidos com o afluente. São os sistemas mais simples, também utilizados para sistemas de controle ou amortização de fluxo.
- Retenção; esse sistema é utilizado para dispositivos em que os afluentes despendam determinado tempo em sua travessia, sofram algum tipo de pré-tratamento durante o tempo de permanência, e depois sigam pelo sistema tradicional de drenagem. Esses incluem os de pré-tratamento (separação por densidade, sedimentação, diluição, retirada de óleo etc..) ou de tratamento (BMP) de afluentes de estradas. Outra característica desses é a relativa autonomia de funcionamento sem a intervenção imediata da equipe de emergência. Por exemplo: uma Caixa Separadora de Óleo e Areia pode reter um determinado volume de hidrocarbonetos derramados sem a intervenção humana imediata, permitindo passagem do fluxo. Em geral não são estanques e podem manter um determinado volume permanente de água em seu interior para facilitar o tratamento. Pelo seu conceito mais amplo, ligado ao tempo, podem abranger os sistemas de detenção.
- Contenção; são os sistemas compostos por um dispositivo que sirva de reservatório associado a uma válvula de bloqueio (registro ou comporta) que torne a drenagem estanque. Também pode ser constituído por uma válvula de desvio e um reservatório sem tubulação de saída para fluxo. Identifica-se com os sistemas HMTs. Requer a ação das equipes de

emergência para o desvio ou fechamento imediato do sistema. Assim, o dispositivo que possua um sistema de obstrução, como registros, válvulas ou comportas compatível com o bloqueio de fluxo, de modo a impedir a passagem de líquido de forma estanque, associado a um local para depósito do afluyente, pode ser considerado como de retenção. Apenas os sistemas de retenção, de forma isolada, não proporcionam nenhum tipo de pré-tratamento, mas após a ação de bloqueio feita pela válvula estanque pode fazer o reservatório associado funcionar como um dispositivo de retenção.

c) Bacias, lagoas, caixas e tanques

Os termos utilizados como “bacias, lagoas, caixas e tanques” são observados em diversos textos. Todos podem ser secos ou úmidos. Quando úmidos mantêm um volume de água permanente em seu interior com a finalidade de proporcionar algum tipo de pré-tratamento inicial.

Bacias e lagoas bastante observados nos sistemas americanos indicam o uso de dispositivos com áreas relativamente grandes, se comparadas a outros sistemas, e abertos sem cobertura ou cercadura próxima. A literatura menciona, em alguns casos, dimensões em acres¹². O dimensionamento indica também baixas profundidades e aumento do comprimento, para facilitar a sedimentação. Sua construção geralmente envolve o próprio solo, com a adição ou não de uma camada impermeabilizante, em manta ou argila. O termo lagoa¹³ pode ser utilizado para dispositivos úmidos, e bacias para sistemas secos. O termo poço também é utilizado para dispositivos de pequenas dimensões e com características úmidas.

Caixas e tanques observadas nas rodovias paulistas, indicam dispositivos com capacidade média de 30m³, e relações de dimensão, como o comprimento, largura, altura, mais próximas. Podem ser subterrâneas e cobertas, ou semi-enterradas e descobertas, mas todas construídas em concreto. Quando descobertas e com profundidades superiores a um metro, devem ser providas de guarda corpo para evitar acidentes. O termo tanque pode ser utilizado para dispositivos do tipo fim de

¹² Um Acre é igual a 0,4046 hectares.

¹³ Não deve ser utilizado o termo “lago”.

linha de drenagem, e caixa quando existir uma tubulação de saída que permita a fluência da vazão.

d) Sistema x Caixa

Todos os itens observados, inclusive os nacionais, tem essas denominações como bacias, lagoas, caixas e tanques. Na realidade todos podem ser classificados como dispositivos.

Na análise do estudo de caso, observa-se a caixa do Tipo CC-04, que utiliza vários componentes além da caixa, como tubulações, bacias e diques, e mais a válvula de bloqueio.

Mesmo os dispositivos identificados na literatura utilizam canais, tubos, drenos, “bypass” e uma série de outros dispositivos de drenagem, ou seja, não são compostos por um dispositivo único, mas por um conjunto.

Dessa forma não caberia classificá-lo como caixa ou tanque, a não ser que a referência seja direcionada a um único dispositivo.

A denominação correta seria sistema, porque engloba uma série de dispositivos com funções diversificadas.

Após o adiantamento dessa parte da análise, para o melhor entendimento dos conceitos, retorna-se a pesquisa dos sistemas HMTs.

5.2 Classificações

Namy (1999) classificou esses sistemas, baseado em informações americanas. Essas medidas estruturais foram separadas em:

- Dispositivos Especiais: separadores de óleo e areia;
- Infiltração e Filtração: com bacias, filtros e pavimentos;
- Filtração vegetativa: envolvendo a utilização de grama, e drenos;
- Reservatórios: de detenção, retenção e banhados;

As caixas de retenção de produtos perigosos líquidos são dispositivos que operam em conjunto com redes de drenagem de águas pluviais de estradas, adaptadas ou construídas especificamente para esta finalidade (DERSA & ITSEMAP, 2010).

Segundo a “*Environmental Protection Agency*” (EPA), órgão do meio ambiente dos EUA, a remoção de poluentes, ou tratamentos ocorrem por um dos seguintes processos (LANDPHAIR, MCFALLS & THOMPSON, 2000):

- Infiltração - a água é captada, e se infiltra no solo. Os poluentes são capturados ao atravessar o solo ou transportados e diluídos em qualquer camada saturada inferior.
- Filtração - a água é filtrada através de meios tais como a vegetação, areia, saibro, turfa, ou mistos, para remover os poluentes das águas pluviais, sem necessariamente atravessar o solo local.
- Detenção - a água é retida e liberada para o corpo hídrico receptor com a saída controlada, após um período de tempo especificado. A remoção dos poluentes ocorre por sedimentação.

Barbosa, Escameia & Carvalho (2004), ressalta que no mesmo equipamento podem existir sistemas de tratamento de água de drenagem e de contenção de um vazamento específico. Neste caso, ambos os sistemas podem ser concebidos e dimensionados como se fossem independentes, mas devem ser instalados em série, colocando-se primeiro o sistema de retenção de derrames acidentais e posteriormente o de tratamento.

Na pesquisa realizada são encontradas referências desses sistemas em vários países como EUA, México, Portugal, França, Alemanha, Suíça, Suécia e Reino Unido. Entretanto, conforme observado em IPT (2004), sempre misturados com sistemas de tratamento para a poluição difusa (BMPs).

Nos anexos fotográficos, A e B, encontram-se imagens que ilustram alguns dos sistemas existentes nos EUA e no Brasil.

Nos anexos sobre projetos, C e D, podem-se observar alguns desenhos internacionais concebidos na Alemanha, e desenhos nacionais enviados pelas concessionárias ou presentes em relatórios técnicos.

5.3 Dispositivos de captura (*Hazardous Materials Traps*)

Poucos são os documentos disponíveis específicos sobre os dispositivos de captura. Na sua grande maioria esses dispositivos aparecem misturados com os de

tratamento de poluição difusa. Neste item adotou-se a classificação de Marler, Barret & Malina (2005) por ser a mais ampla e específica encontrada sobre o assunto.

Os dispositivos de captura de produtos perigosos internacionalmente conhecidos como HMTs, são uma ferramenta que pode ser utilizada para controlar estes derrames. Entretanto não há qualquer requisito regulamentar para a instalação desses dispositivos em estradas (MARLER, BARRET & MALINA, 2005).

A localização desses dispositivos nas rodovias do Texas, nos EUA, é determinada pela sensibilidade da bacia e pela probabilidade de uma liberação acidental de materiais perigosos. A presença de sistemas existentes nestas áreas, deve-se às ações de alguns grupos ambientais e agências de meio ambiente estaduais que solicitaram a inclusão desses controles de maneira isolada.

Os dados estatísticos sobre acidentes indicam quais os tipos de produtos que são mais comumente derramados, e dividem-se em duas categorias principais: materiais corrosivos e líquidos inflamáveis. Os tradicionais dispositivos S.A.O, que têm sido usados há anos em sistemas de drenagem para águas pluviais não são eficazes na contenção de materiais corrosivos.

A eficácia desses dispositivos para a remoção de produtos petrolíferos a partir de sistemas de drenagem de águas pluviais também é limitada. Dispositivos tipo S.A.O e outros dispositivos de tratamento de águas pluviais do mercado, muitas vezes não têm a capacidade para conter um derramamento de grande volume, que possam ocorrer ao longo de rotas rodoviárias no transporte de materiais perigosos.

Para a construção de um tanque de contenção pode ser utilizado qualquer tipo de solo argiloso compactado, membrana flexível ou bacia de captação de concreto para essa finalidade. A bacia de captação alinhada com a drenagem será capaz de conter a maioria dos tipos de derrame de materiais perigosos, e não apenas aqueles que têm um peso específico que é significativamente diferente da água (MARLER, BARRET & MALINA, 2005).

É importante a capacidade de drenar todo o sistema de contenção após a chuva para manter o volume de captura adequado. Também é importante a acessibilidade à todo o sistema para a manutenção e remoção dos materiais perigosos capturados. O posicionamento e projeto desses dispositivos de captura são ditados pela situação e restrições do local.

Estudos são necessários para desenvolver padrões de projeto, que poderiam ser aplicados em qualquer local, proporcionando um dispositivo que faria parte efetiva do sistema de drenagem de águas pluviais das estradas (MARLER, BARRET & MALINA, 2005).

O objetivo desses sistemas é o de minimizar o impacto, em caso de uma liberação de materiais perigosos, para a saúde pública e o meio ambiente, contendo o material para que ele possa ser recolhido e disposto de uma forma adequada (MARLER, BARRET & MALINA, 2005).

As regras e regulamentações para todos os órgãos estaduais no Texas, estão compilados no “*Texas Administrative Code*”, o código administrativo do estado, no capítulo intitulado “*Spill Prevention and Control*”. Nele existe a definição da situação de derrame, o plano de resposta, e delega a autoridade para intervenções e remediação.

Outras zonas de proteção especial são estabelecidas por legislação municipal, com os mais rigorosos requisitos de controle de escoamento de águas pluviais, focados em instalações onde os materiais perigosos são manipulados, incluindo as rotas de transporte desses.

A regulamentação americana limita o peso de um veículo motorizado de carga para 36.320Kg¹⁴, em peso bruto. Isto significa que um caminhão-tanque é limitado a cerca de 38 m³ de líquido¹⁵ ou menos, dependendo da densidade do material (MARLER, BARRET & MALINA, 2005). A legislação também restringe o transporte de materiais perigosos em áreas centrais congestionadas no Texas.

A “*Federal Highway Administration*” (FHWA, 1996 apud BARBOSA, ESCARAMEIA & CARVALHO, 2004) enuncia serem os óleos derivados do petróleo, transportados a granel, as substâncias perigosas com maior probabilidade de serem derramadas na Europa. A mesma fonte indicou que por um período de 6 anos na Alemanha, o volume médio derramado em acidentes deste tipo foi de 1,810 m³/acidente.

Relativamente ao aspecto específico de utilização de sistemas de proteção de derrames acidentais, a FHWA (1996) menciona que estes “*são um novo conceito e*

¹⁴ 80.000 libras.

¹⁵ 10 mil galões.

existe um histórico insuficiente sobre os seus efeitos nos acidentes e/ou na mitigação dos derrames”. O documento sugere a utilização de sistemas de separação de óleos, associados por vezes a filtros de areia e a bacias de retenção de águas pluviais. Os desenhos explicativos destes sistemas são esquemáticos, sem critérios de dimensionamento, evidenciando a abordagem bastante simplista da FHWA, no que concerne à utilização de sistemas para controlar derrames acidentais em estrada (BARBOSA, ESCARAMEIA & CARVALHO, 2004).

Os dispositivos para captura de derramamentos de materiais perigosos incluem uma variedade de tipos. Na maioria são projetados para capturar e separar líquidos imiscíveis, com uma densidade inferior à da água. Outros simplesmente capturam um volume de escoamento inicial, no caso de uma chuva, e permitem que o fluxo remanescente siga normalmente. O volume de captura destas instalações varia de 38 litros até 38 m³.

A seguir apresentam-se alguns exemplos de dispositivos tipo HMT (MARLER, BARRET & MALINA, 2005):

a) Caixa de captura com Inserts (Catchbasin Inserts)

É composto por uma caixa com grelha para o recolhimento de sedimentos grossos, e um filtro que pode reter finos e óleos. As inserções consistem em geral de um tecido de filtro em geotêxtil para coleta de poluentes.

Sua capacidade para a coleta de óleo é limitada a 38 litros. Devido à pequena capacidade, esse sistema não é prático para contenção de derramamento em grande escala, mas pode ser útil para monitoramentos ou coleta de amostras (MARLER, BARRET & MALINA, 2005). Um esquema de desse dispositivo é mostrado na figura 22.

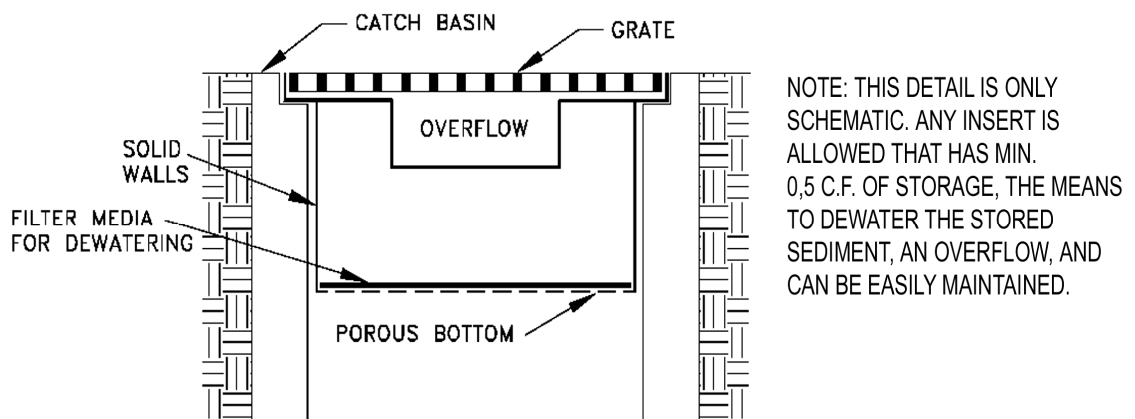


Figura 22 – Caixa de captura com Inserts, corte (Catchbasin Inserts).
 Fonte: King County, WA, 1998 apud Marler, Barret & Malina, 2005.

b) Dispositivo tipo tanque de captura (Trapping Catchbasins)

Os dispositivos tipo tanque de captura consistem em limitar ou descartar as substâncias de entrada, que incluem um depósito para a permanente coleta de sedimentos grossos, lixo, e óleo. Um exemplo é mostrado na figura 23 que usa um defletor (*baffle*) para reter o lixo e óleo na entrada da caixa.

O volume permanente de água oferece um habitat onde os mosquitos e outros organismos da biota podem se reproduzir. Conseqüentemente, os setores da sociedade preocupados com a saúde pública podem não permitir a sua instalação (MARLER, BARRET & MALINA, 2005).

O volume de líquido mais leve que a água, que pode ser retido, é da ordem de 7.570 litros. Durante a chuva, o líquido mais leve pode ser transportado para fora do tanque de captura pela turbulência criada na entrada do escoamento.

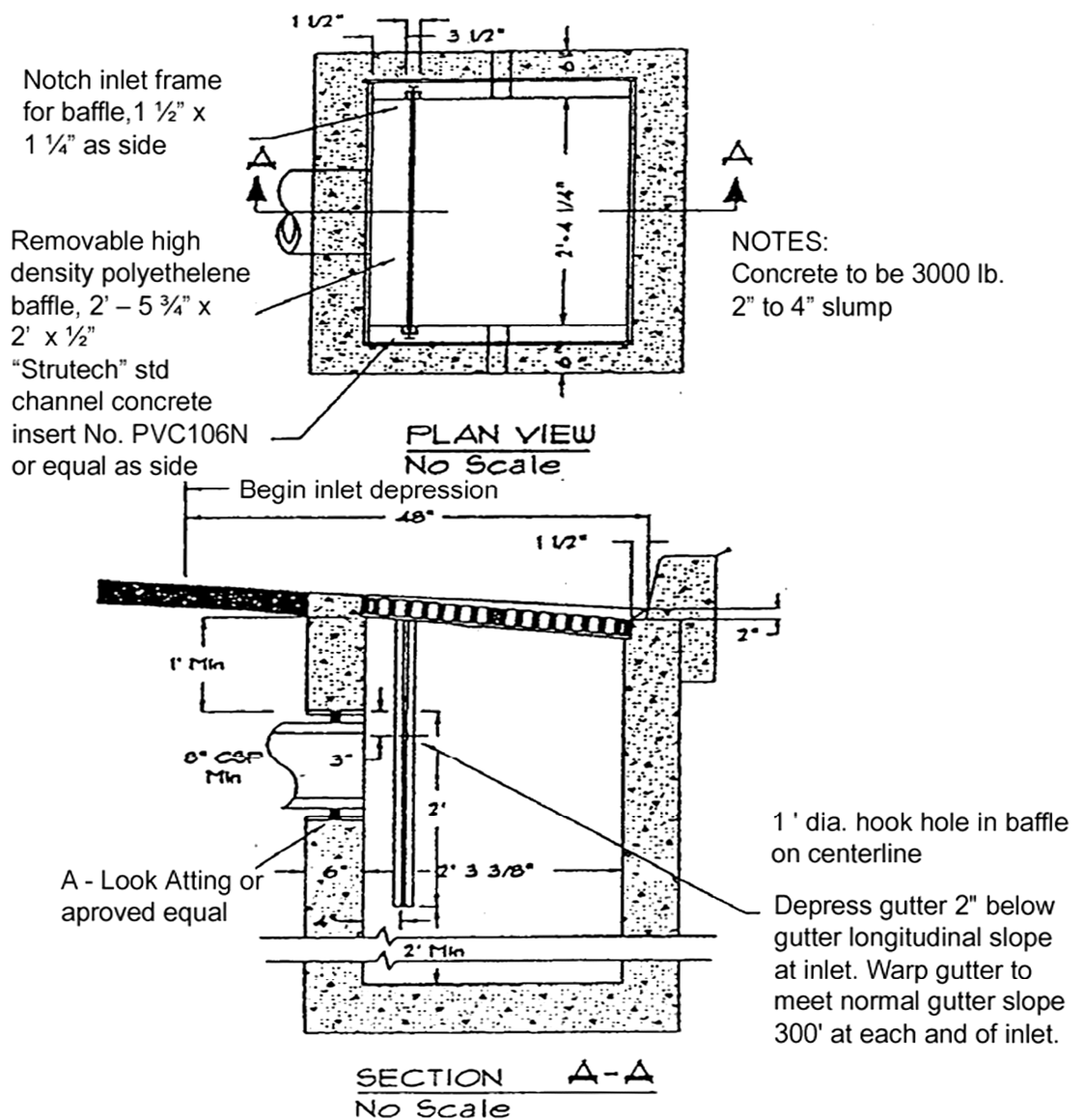


Figura 23 – Tanque de Captura (Trapping Catchbasins).

Fonte: Adaptado de City of Portland, 1995 apud Marler, Barret & Malina, 2005.

c) Caixas de areia e separadores de óleo, água e areia

As tradicionais caixas de areia utilizadas nos sistemas de drenagem são consideradas como um tipo de pré-tratamento uma vez que são utilizadas para uma separação dos materiais mais pesados que água. A figura 24 ilustra em corte uma tradicional caixa de areia.

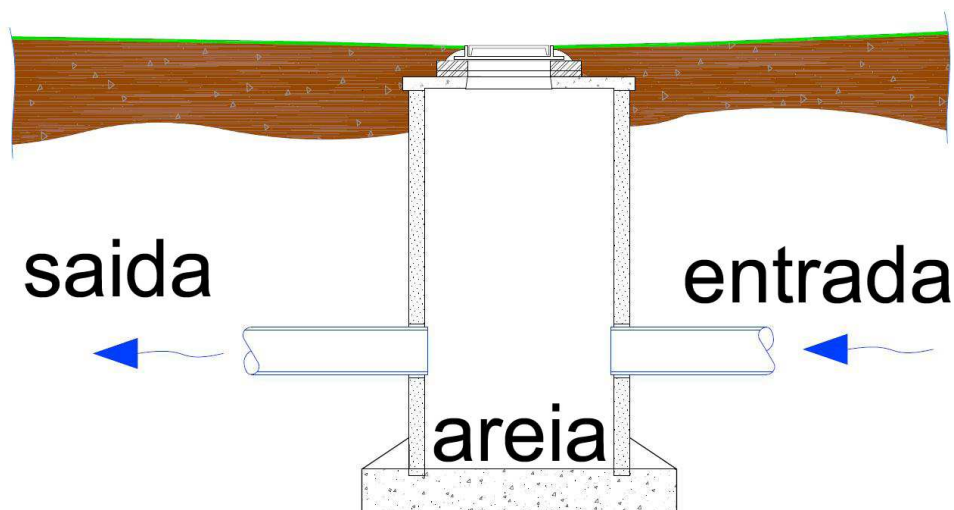


Figura 24 – Caixa de areia típica (Silt traps). Corte.
Fonte: adaptado de SUDS, 2010.

Separadores de óleo dependem de mecanismos passivos que se aproveitam da densidade do óleo ser mais leve do que água. O óleo sobe à superfície e pode ser removido periodicamente. Os elementos passíveis de sedimentação depositam-se no fundo (areia ou lodo) e a água permanece no meio. Nos EUA são utilizados três tipos de separadores de óleo e água: “baffle, coalescing, e o spill control”. Chicanas também são comumente instalados no fundo do tanque, para apanhar sólidos e lama que se acumulam ao longo do tempo.

Este tipo de projeto é capaz de capturar os derrames de líquidos que são mais leves que a água. A sua utilização para a remoção de óleos e graxas em águas pluviais tem sido considerado inadequado. A remoção desses materiais depende da fase livre do hidrocarboneto, que pode flutuar na superfície do dispositivo onde são retidos. Entretanto, no escoamento de águas pluviais, a maioria dos hidrocarbonetos é associada ao material particulado, e é atenuada apenas na medida em que esses sólidos são removidos (MARLER, BARRET & MALINA, 2005).

Por causa do tempo de detenção relativamente curto, e elevado grau de turbulência, a captura de sólidos e portanto de hidrocarbonetos, não é muito boa.

Outros desenhos para esses dispositivos junto a estradas, apresentam-se em SUDS (2010), no formato de tanques metálicos enterrados como pode ser visto nas figuras 25 e 26. Os sistemas escoceses dão ênfase aos separadores de óleo e areia.

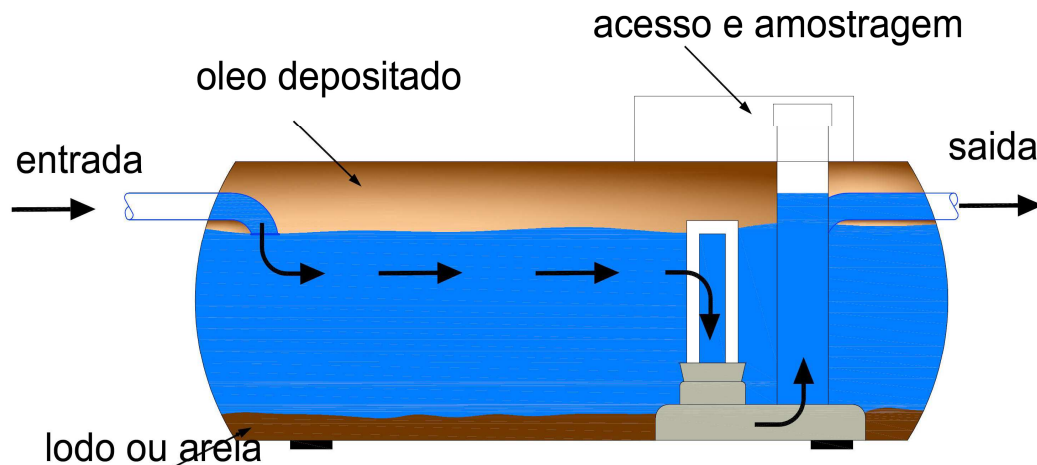


Figura 25 – Separadores de óleo e areia típico (Full Retention Separator). Corte.
 Fonte: Adaptado de SUDS, 2010.

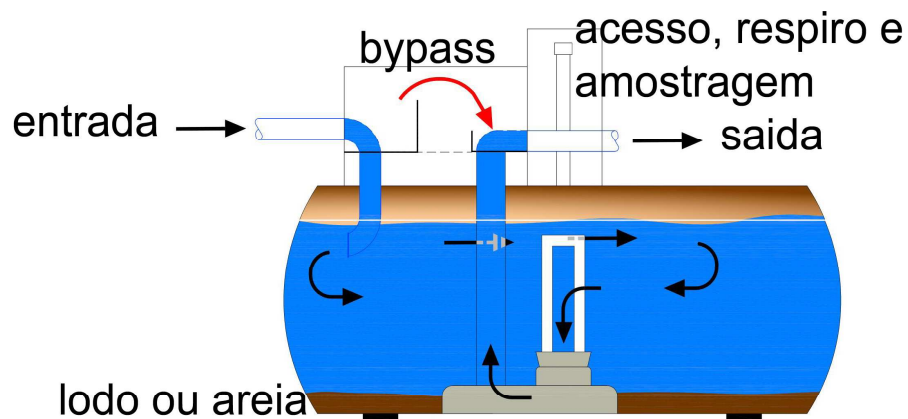


Figura 26 – Separadores de óleo e areia com “bypass” (Bypass Separator). Corte.
 Fonte: Adaptado de SUDS, 2010.

Em muitas situações são utilizados “skimmers¹⁶” flutuantes, simples ou mais sofisticados, para remover o óleo, uma vez separado da água. Um esquema para o S.A.O do tipo de “Baffle” é mostrado na figura 27.

Em IPT (2004) não é recomendado o uso desse dispositivo (S.A.O) isoladamente por servir apenas para a retenção de hidrocarbonetos, e não possuir válvula de bloqueio de fluxo.

¹⁶ Dispositivo específico para a remoção de óleos, geralmente acionado por um conjunto moto-bomba.

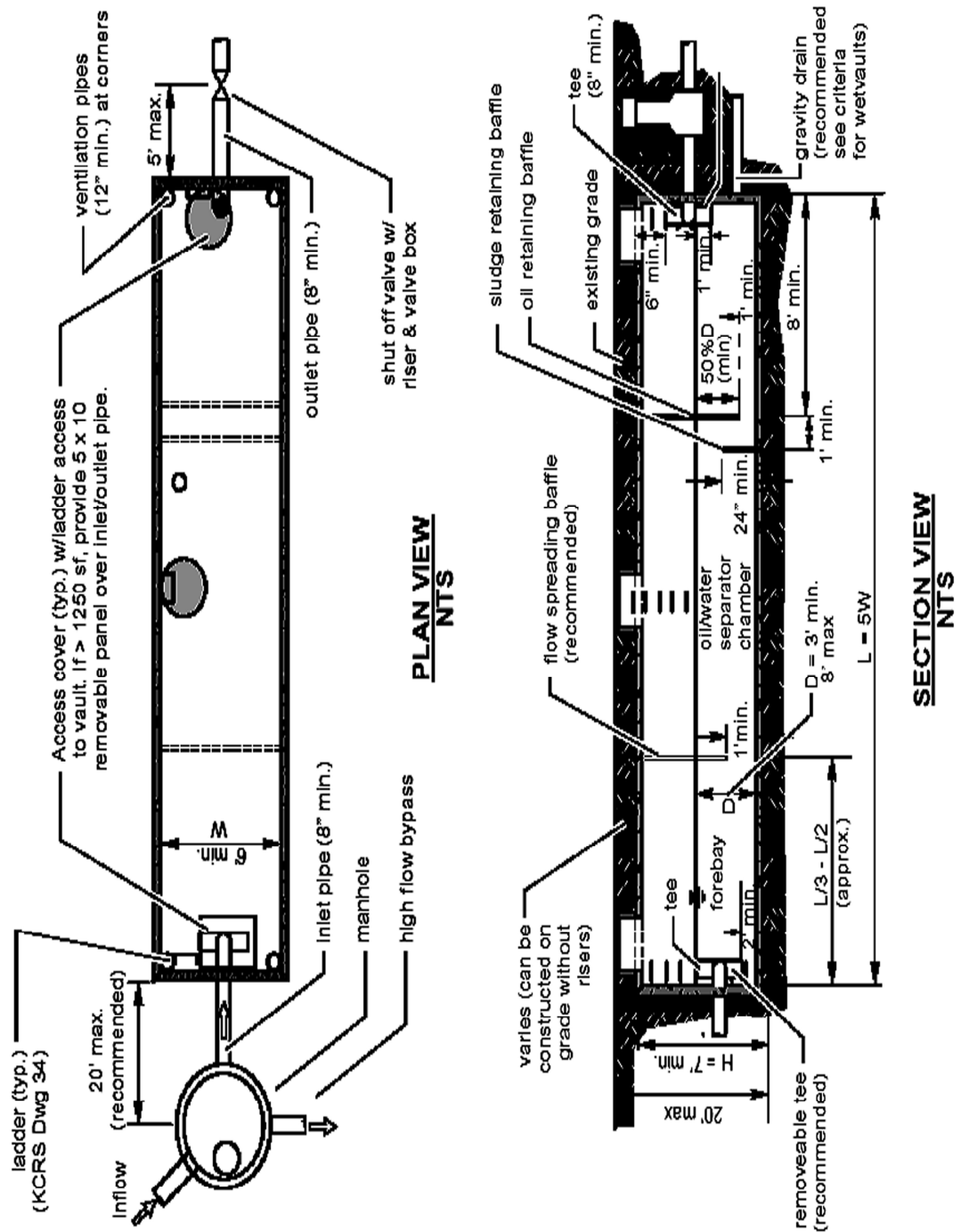


Figura 27 – Separadores de óleo e areia tipo “Baffle” Planta e Corte (Baffle Oil/Water Separator).

Fonte: King County, WA, 1998 apud Marler, Barret & Malina, 2005.

d) Dispositivos com marca registrada (Proprietary Treatment Devices)

São dispositivos encontrados no mercado, direcionados para a separação e contenção de materiais, com marca registrada e patenteada.

No caso de um derramamento de materiais perigosos, apenas os sólidos ou líquidos mais leves que a água seriam capturados por esses dispositivos. Nenhum desses dispositivos possui o volume necessário para conter todo o conteúdo de um caminhão tanque carregando 38 m³ de hidrocarbonetos (MARLER, BARRET & MALINA, 2005).

O único com algum diferencial identificado em Marler, Barret & Malina (2005) foi a unidade Actiflow© , que é um sistema de tratamento de águas pluviais que utiliza um coagulante para melhorar a remoção, e é comparável em complexidade, a uma instalação de tratamento de águas residuais.

O resto destes dispositivos utilizam gravidade ou forças centrífugas, induzidas através de padrões de fluxo de vortex, para remover partículas poluentes combinados com defletores.

Pela capacidade de volume, estes dispositivos são projetados para tratar apenas do escoamento das águas pluviais de estacionamentos e pequenas áreas. Na figura 28, ilustra-se um dispositivo desse tipo:

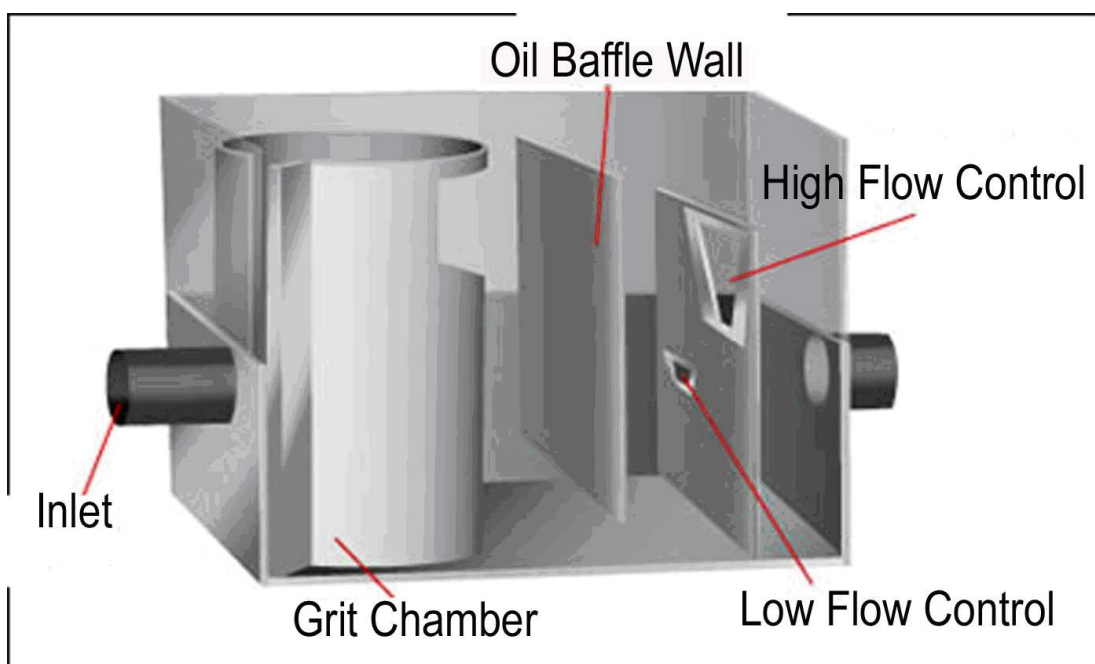


Figura 28 – Dispositivos com marca registrada (Proprietary Treatment Devices).
Fonte: Vortechs© Stormwater Treatment System apud Marler, Barret & Malina, 2005.

IPT (2004) mostra também alguns sistemas flutuantes instalados no interior de corpos d'água, do tipo barreiras flutuantes, mais apropriados para materiais mais leves que a água.

e) Bacias de retenção alinhadas (Lined Detention Basins)

Uma bacia de retenção alinhada geralmente consiste de uma bacia construída em concreto, que possa capturar o material perigoso derramado, já escoando em um sistema de drenagem de águas pluviais.

A bacia é dimensionada para conter o maior derramamento antecipado, geralmente de 38 m³. Os materiais perigosos são armazenados até que o pessoal de emergências possa bombear o material para fora da bacia, ou escoando-o através da abertura de uma válvula.

Este tipo de bacia “in-line” não irá conter um vazamento completamente, caso esse ocorra durante uma chuva, ou se a bacia já estiver cheia por uma chuva anterior (MARLER, BARRET & MALINA, 2005).

Essas bacias de retenção são freqüentemente usadas em conjunto com outras estruturas de águas pluviais para tratamento de água, como lagoas de sedimentação ou filtros de areia. A bacia de retenção é relativamente pequena, instalada na entrada de uma estrutura maior de tratamento, a fim de capturar o material derramado no primeiro fluxo, e evitar que ele comprometa as estruturas maiores na seqüência.

Podem ser construídas com argila, ou com o solo local forrado com uma membrana impermeável flexível, ou concreto. Um revestimento típico com argila pode consistir de 12 centímetros de argila compactada com permeabilidade igual ou inferior a 1×10^{-6} cm/s (MARLER, BARRET & MALINA, 2005).

Todas as bacias de retenção alinhadas servem para capturar o escoamento inicial das águas pluviais, o primeiro fluxo, e servem para conter um vazamento de materiais perigosos. Para o funcionamento deste tipo de bacia ser bem sucedido, na captação de derramamentos de materiais perigosos, as bacias devem ser monitoradas e drenadas freqüentemente.

Como dispositivo adicional foi desenvolvido um sifão e instalado na pequena câmara de drenagem, localizada na parte inferior direita. Com a finalidade de eliminar a necessidade de drenagem manual ou por bombeamento de uma bacia de retenção alinhada, o departamento de transportes do Texas desenvolveu um sistema automático de sucção para drenar a bacia quando cheia, um sifão.

Na foto 3 pode-se observar a primeira bacia, em conjunto com outros tratamentos, como o “*Austin First Flush*”, que será detalhado nos sistemas de tratamento.



Foto 3 –Bacias de detenção alinhadas (Lined Detention Basins) com sifão.
Fonte: City of Austin, Barrett (1999 apud MARLER, BARRET & MALINA, 2005).

O sifão é fornecido com válvulas de desvio e corte de modo que as equipes de emergência possam desativar o automático do sifão, em caso de derrame, e assim, manter alguma contenção, mesmo em caso de chuva.

Assim, quando um derrame materiais perigosos não ocorre durante um evento de chuva, o sistema deve conter totalmente o derrame.

A figura 29 mostra um detalhe típico de um mecanismo de sucção automática:

Os sedimentos que normalmente seriam levados em caso de chuva são barrados nesse tipo de dique. Foi bastante utilizado como medida de mitigação nas obras do Rodoanel Sul e Oeste, entre outras. Apesar de ser idealizado para a fase de instalação, algumas dessas estruturas são previstas para permanecerem na fase de operação, como pode ser observado no estudo de caso (DERSA & FESPSP, 2004b). No anexo D, sobre projetos nacionais, apresenta-se um exemplo de projeto onde ocorre este tipo de dique no Rodoanel Oeste.

Estas estruturas são úteis também para derrames de produtos perigosos que possam ocorrer na faixa de domínio, fora do sistema de drenagem de pista, por representarem mais uma barreira no caminho do recurso hídrico.

5.4 Caixa para hidrocarbonetos em Portugal

No âmbito do estudo desenvolvido pelo Instituto de Estradas de Portugal, desenvolveu-se um projeto de caixa de retenção e separação, para hidrocarbonetos e substâncias oleosas derramadas em estradas (BARBOSA, ESCARAMEIA & CARVALHO, 2004).

O objetivo do projeto foi o de conter e controlar a substância perigosa derramada próxima da estrada, até a ação das equipes de emergência, de forma a impedir que aquela substância invada o bioma do entorno e espalhe-se no meio ambiente.

Foram considerados alguns cenários, incluindo a simultaneidade de um acidente, com o derrame de substância perigosa simultâneo a ocorrência de chuvas. Em todos os cenários estudados, mesmo nos mais críticos, o sistema correspondeu às exigências e requisitos fundamentais (BARBOSA, ESCARAMEIA & CARVALHO, 2004).

Todos os combustíveis derivados do petróleo apresentam uma característica em comum: a de serem constituídos por hidrocarbonetos, com uma pequena percentagem de outros compostos, como detergentes, alcoóis e aminas, o que explica o fato da sua densidade ser inferior à da água (BARBOSA, ESCARAMEIA & CARVALHO, 2004).

As substâncias perigosas freqüentemente transportadas por estradas em Portugal, são os combustíveis, especialmente: a gasolina, o gasóleo e o Jet-A1

(combustível de aviação). O quadro 6 ilustra as principais características destas substâncias.

	Gasolina (sem Pb)	Gasóleo	Jet-A1
Designação	Éter de petróleo	Betume Fluidificado MC250, cut-back MC250	JP-4 Jet fuel ^{h)}
Código ONU	1203	1202	1863 ^{h)}
Código Perigo	33	30	30 ou 33 ^{h)}
Temp. inflamação ^{a)}	< 40 °C ^{d)}	90 °C ^{d)}	66 °C ^{d)}
Temp. combustão ^{b)}	< 20 °C ^{d)}	104 °C ^{d)}	93 °C ^{d)}
Temp. ignição ^{c)}	277 °C ^{d)}	330 °C ^{d)}	230 °C ^{d)}
Densidade (kg/m ³ , a 15 °C)	720-775 ^{g)}	820-845 ^{g)}	718 ^{g)}
Viscosidade ^{h)} (centistokes)	0,5 – 0,6	2-4	0,8 – 1,2
Solubilidade ^{h)} (mg comb/l água, 20°C)	50-100	< 1	< 1
Características ^{e) e i)}	Líquido muito inflamável;	Líquido inflamável;	Líquido inflamável a muito inflamável;
	Risco de explosão dos vapores em caso de mistura com o ar;		
	Risco de irritação por contacto com a pele, olhos e mucosas;		
	Risco de intoxicação por inalação ou ingestão;		
	Risco de explosão do reservatório em caso de aquecimento;	Risco de queimaduras por contacto, quando o produto é transportado a quente.	O vapor pode ser invisível e é mais denso que o ar, podendo espalhar-se ao nível do solo e penetrar em esgotos e caves.
	Risco de acção narcótica sob forte concentração de vapores.		

^{a)} É a temperatura mínima a que uma substância liberta vapores combustíveis em quantidade suficiente para formar com o ar uma mistura inflamável, na presença de uma fonte de ignição. A combustão extingue-se logo que retirada a fonte de ignição, por insuficiência de vapores.

^{b)} Superior à temperatura de inflamação; neste caso a combustão continua, mesmo depois de retirada a fonte de ignição.

^{c)} É a temperatura mínima a que uma substância liberta vapores combustíveis que em mistura com o ar e sem presença de uma fonte de ignição, se inflamam.

^{d)} <http://sapadoresdecoimbra.no.sapo.pt/O%20FOGO.htm#1.%20-%20O%20FOGO>

^{e)} <http://scrif.igeo.pt/ASP/materias.asp>

^{f)} Decreto-Lei n.º 254/2001, de 22 de Setembro.

^{g)} <http://milmilhas.com.br/combustivel.html>.

^{h)} Cole, 1994.

ⁱ⁾ www.ericards.net.

Quadro 6 – Características das principais substâncias perigosas transportadas em Portugal.

Fonte: Barbosa, Escameia & Carvalho, 2004.

Assim, pretendeu-se que o sistema ensaiado fosse:

- passivo e autónomo;
- estrutural e funcionalmente simples;
- com baixos custos de operação e manutenção;
- energeticamente passivo;
- confiável.

O objetivo não era o tratamento das águas de drenagem de estradas, mas sim a retenção e separação de um derrame acidental de substâncias perigosas, com eficácia na separação de hidrocarbonetos. Em termos de capacidade, o sistema foi projetado para reter um volume de derrame de cerca de 34 m³, que é aproximadamente a capacidade de um caminhão tanque na Europa.

O sistema visou possibilitar um tratamento físico primário, através da sedimentação de sólidos provenientes do pavimento rodoviário, sendo também observada a redução da energia cinética à entrada do sistema, para evitar o emulsionamento e facilitar a separação.

O dimensionamento foi baseado nos requisitos estruturais e funcionais de construção e manutenção. Foi então executado o projeto do protótipo, que pode ser observado na figura 30.

O sistema foi projetado para comportar as seguintes premissas:

- captação do volume total de um eventual derrame acidental de uma substância na via, e a sua retenção no interior do sistema, mesmo em situação de precipitação pluviométrica;
- sistema de sedimentação de sólidos provenientes do pavimento, que possam ser arrastados pelas águas de drenagem, ou mesmo pela substância derramada;
- separação, através de processos gravitacionais, entre a substância derramada e a água de drenagem, resultante de uma chuva eventual (foto 4);
- retenção da totalidade de substância perigosa no interior do sistema;
- após a separação, sua descarga para as águas superficiais ou para outro sistema de tratamento da água;
- descarregador com vertedouro tipo “*Waterways Experiment Station*” (WES) que acompanha a trajetória natural do escoamento, proporcionando condições de menor turbulência.

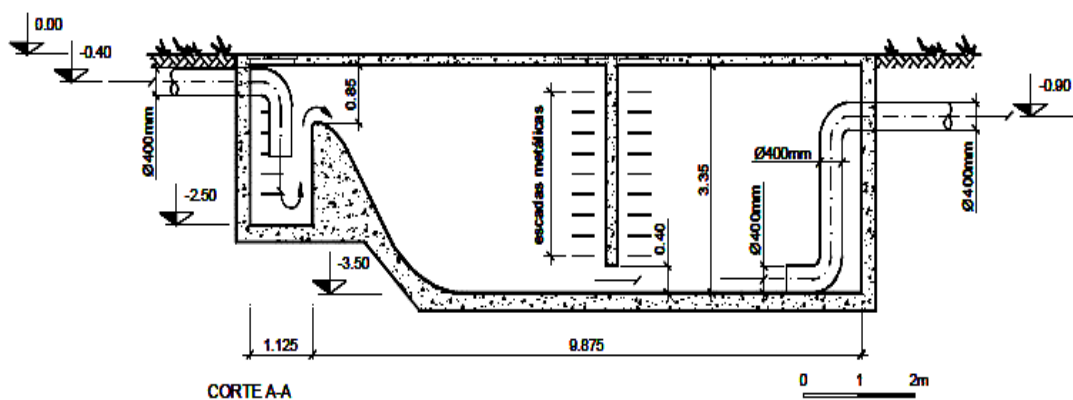
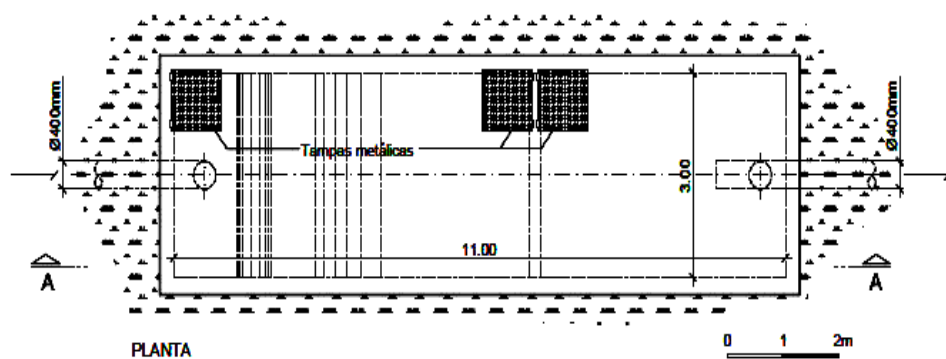


Figura 30 – Projeto do protótipo da caixa para hidrocarbonetos em Portugal.
 Fonte: Barbosa, Escarameia & Carvalho, 2004.

Da análise dos ensaios concluiu-se que:

- o modelo apresentou condições de funcionamento adequadas em todos os ensaios. Observou-se não só a separação do gasóleo da água em todos eles, como a contenção da totalidade do volume derramado mesmo na presença de um fluxo contínuo de vazão de água no sistema.
- Mesmo com um volume duas vezes superior ao correspondente a situações consideradas de elevada precipitação em Portugal, observou-se que a separação dos dois líquidos ocorreu com a mesma facilidade que nos outros ensaios, conforme ilustra a foto 4.
- na medição dos hidrocarbonetos de saída nos ensaios, obteve-se uma variação de 0,08 mg/L para o ensaio 1, como valor mínimo, até 9,94 mg/L para o ensaio 4, como valor máximo.

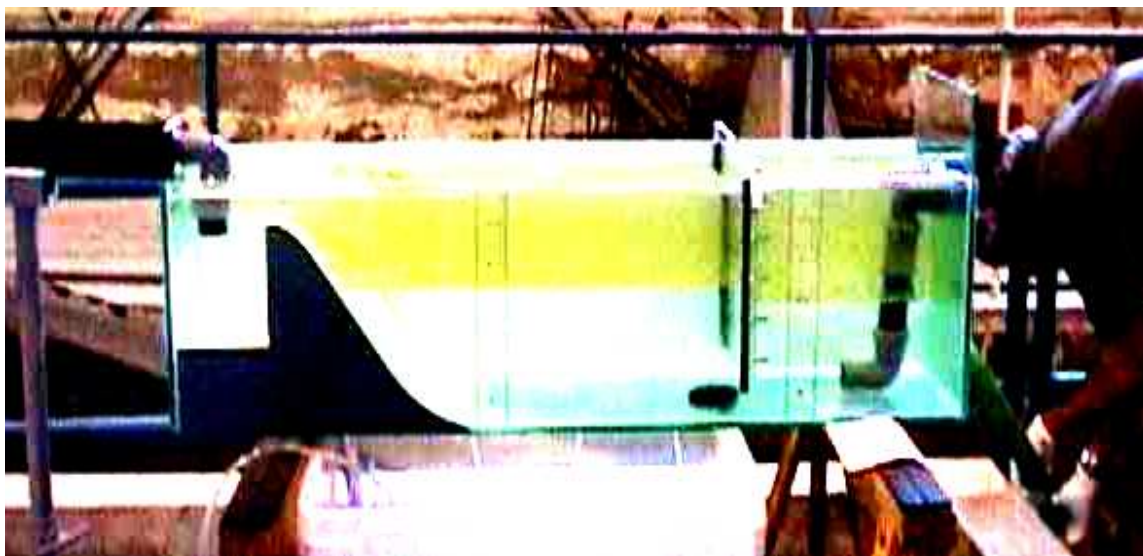


Foto 4 – Separação de substâncias no fim do ensaio 5.
Fonte: Barbosa, Escarameia & Carvalho, 2004.

De maneira geral o estudo sugeriu também :

- uma análise estatística dos volumes derramados historicamente, para a revisão do critério de volume de caixas com 34 m³.
- que os custos da sua construção seriam irrelevantes, tendo em vista o custo de uma infra-estrutura rodoviária, e os possíveis danos ambientais e sociais que poderiam advir de um derrame ocasional.
- que a caixa seja dotada de laje superior de cobertura, com tampas de acesso para manutenção e limpeza, assegurando que folhas e outros detritos existentes no ambiente rodoviário e áreas circundantes não perturbem o sistema. Isso é importante em termos da segurança para pessoas e animais, e evita fenômenos de turbulência e agitação no sistema, ocasionados pela chuva e vento.
- que seja instalada uma grelha para a separação de materiais grosseiros e outros detritos flutuantes, na entrada do sistema.

Os resultados desse experimento resolvem parcialmente os problemas dos sistemas separadores de areia e óleo, ressaltados por Schueler (1999, apud NAMY, 1994) e IPT (2004) que são os seguintes:

- com o escoamento superficial de pista, que possui ampla variedade de fluxo, pode haver a sobrecarga desses dispositivos que são utilizados para medidas de fluxo estáveis;
- na situação acima há a ressuspensão dos sedimentos resultando em uma captura e tratamento real pequeno;
- existe a possibilidade de turbilhonamento do afluyente dificultando a separação dos hidrocarbonetos.

5.5 Sistemas em Portugal

O Instituto de Estradas de Portugal desenvolve um projeto de investigação sobre o risco de ocorrência de acidentes envolvendo veículos de transporte de substâncias tóxicas e perigosas, onde consta a prevenção e medidas de minimização de impactos, como a implantação de sistemas que recebem e armazenam os materiais derramados na estrada, até que ocorra uma intervenção do pessoal especializado (BARBOSA, ESCARAMEIA & CARVALHO, 2004).

O estudo reconhece a necessidade de mitigação dos impactos ocasionados por derrames acidentais em estradas, quando ocorre o acidente rodoviário. Isto é válido em função das repercussões, dos custos ambientais, econômicos e sociais envolvidos, em um derrame efetivo de uma substância líquida perigosa. Se essa substância percorrer o sistema de drenagem da estrada, e for lançada no meio ambiente, poderá afetar diretamente o solo e o meio hídrico.

Em Barbosa, Escarameia & Carvalho (2003) observa-se que, para determinadas estradas, o risco de ocorrência de acidentes envolvendo veículos de transporte de substâncias tóxicas ou perigosas é elevado. Isto ocorre quando a rodovia serve de acesso a zonas industriais ou de armazenagem de produtos, como portos, armazéns etc.. Quando o meio ambiente do entorno é suscetível a impactos, devem ser previstas medidas de mitigação, que entre outras seriam a implantação de sistemas que recebam e armazenem os materiais derramados na estrada, até que possa haver uma intervenção de pessoal especializado, como o pessoal de emergências, para remover a substância do local.

Estes equipamentos têm que ser concebidos de forma a funcionar o mais autonomamente possível, reduzindo-se a manutenção e a necessidade de

intervenção humana imediata na seqüência do acidente, a qual aumentaria a incerteza sobre a eficácia de seu funcionamento.

Segundo Barbosa, Escarameia & Carvalho (2004), um aspecto sobre o qual existem dúvidas é se o sistema deve estar permanentemente aberto e, nesse caso, requisitar uma intervenção humana para fechá-lo logo em seguida da ocorrência de um acidente, ou se deve encontrar-se permanentemente fechado, existindo então a possibilidade de estar cheio de águas pluviais quando ocorrer o acidente.

Sobre os locais de instalação destes sistemas implementados em Portugal, além das identificadas em IPT (2004) para áreas legalmente protegidas, são identificadas também as regiões de:

- Albufeira do Alqueva, para proteger a captação para abastecimento público;
- Setúbal, entre a zona industrial e as zonas úmidas da Reserva Ecológica Nacional do Estuário do Sado.

As diversas câmaras de retenção do Alqueva são denominadas como “câmaras de retenção de águas contaminadas”, constituindo-se de caixas retangulares, construídas em concreto armado, que possuem dispositivos de fecho acionados manualmente em caso de derrame (BARBOSA, ESCARAMEIA & CARVALHO, 2003).

Barbosa, Escarameia & Carvalho (2004) aponta que foi o EIA do restabelecimento da rede viária de Alqueva, e da Estrada de Ligação Alto da Guerra /Mitrena, que recomendou o uso desses sistemas como forma de mitigação de impactos. Os EIAs, de estradas em Portugal, recomendam que os projetos de sistemas de retenção de derrames ocasionais devem levar em conta o volume típico de um caminhão tanque no dimensionamento do reservatório dessas substâncias, e recomenda sua construção em concreto.

Segundo Barbosa, Escarameia & Carvalho (2004), alguns organismos internacionais foram contatados para a pesquisa sobre estes sistemas, entre eles a “*Association Mondiale de La Route*”, na França, a “*North Caroline State University*” e o “*Center for Transportation and the Environment*”, nos EUA, e a “*Highways Agency*”, no Reino Unido.

Nessa pesquisa, a única informação relevante sobre o assunto foi fornecida pela “Highways Agency”, no Reino Unido, que informou sobre uma ferramenta relativamente simples para determinar a necessidade de controlar derrames numa estrada.

Nesta ferramenta, tanto o tempo de resposta a situações de emergência como a qualidade do meio hídrico receptor são fatores determinantes. Para áreas sensíveis, o limite a ser respeitado seria o período de retorno de acidentes, que deve ser de 1 a cada 100 anos. O nível de controle ou contenção do derrame é proporcional ao nível de risco identificado para o local estudado.

5.6 Manual de implantação de rodovias do DAER/RS

Em pesquisa a manuais rodoviários de outros estados referentes aos sistemas de retenção, são encontrados exemplos conceituais dessas medidas no Manual de Meio Ambiente de Estradas de Rodagem do Rio Grande do Sul (DAER,1997).

No anexo C, sobre projetos internacionais, são apresentados alguns parâmetros de dimensionamento dessas estruturas. Nesses esquemas de projeto, de origem alemã, existem bacias de retenção, com opcionais de infiltração, ou separação de óleo.

O manual apresenta conceitos sobre soluções ambientais em estradas, sugeridos em “Roads and Environment” (1994, apud DAER, 1997). Na figura 31 constam exemplos de medidas a serem adotadas conforme o tipo de estrada.



Figura 31 – Princípio de Drenagem para áreas com diferentes tipos de suscetibilidade ambiental.

Fonte: Roads and Environment: a Handbook, 1994 apud DAER, 1997.

5.7 Manuais do DNIT e DER/SP

Não existem desenhos de sistemas no manual de modelos de projeto do DNIT (2006b), em Álbum de projetos – tipo, apesar do manual de Implantação básica de rodovia (DNIT, 2010) recomendar no item sobre Interferências com Mananciais Hídricos, a “*Construção de tanques de retenção, próximo aos mananciais*”.

Já nos padrões de projeto do DER (2010d) em modelos de projeto, existe o projeto executivo da Caixa de Contenção de Produtos Perigosa Tipo CP-1 A e B, relativo a projetos de sistemas de retenção (Anexo D).

Entretanto sobre estacionamentos e baias de parada já existem orientações. Em DNIT (2010) têm-se:

[...] A construção de estacionamentos específicos para viaturas portando cargas perigosas, deve ser prevista em locais segregados, isolados tanto quanto possível, aprovados previamente pelo DNIT e outras autoridades competentes, seguindo a Norma ABNT – NBR - nº. 14095/98.

Deverão ser sempre designadas áreas especiais em vias rurais para o estacionamento desses veículos, principalmente se forem consideradas para uma permanência maior (pernoite, estadia de espera mecânica, ou outra qualquer razão); devendo ser áreas visando especialmente o pernoite, com infra-estrutura para dormitório, refeições e necessidades fisiológicas básicas dos condutores e ajudantes dos veículos, bem como o uso da área para pequenos reparos eletromecânicos e de emergência.

Os estacionamentos dessa natureza deverão ser construídos em áreas com no mínimo 1.000m² de acordo com a Norma ABNT. Em princípio deve-se procurar dividir o pátio de estacionamento em segmentos aproximadamente equivalentes, espaçados adequadamente das facilidades de infra-estrutura.

Além disso, precisam estar afastados de áreas urbanas, povoados, escolas, hospitais áreas de mananciais e de proteção ambiental, de acordo com a Norma ABNT- NBR – 14095 /1998.

A área deverá ser cercada e possuir drenagem estanque com vedação periférica adequada. A capacidade de armazenagem do tanque estanque deve ser no mínimo igual ao volume do pior caso de vazamento (maior capacidade volumétrica de caminhão – tanque). A drenagem pluvial (em casos de chuva) deverá ser encaminhada através de operação de comando a distância com bypass no tanque de armazenagem estanque, deverá escoar para a drenagem natural do terreno (rio, etc.).

A retirada do produto vazado dentro do tanque de armazenagem deverá ser efetuada por bombeamento sob a responsabilidade do expedidor / fabricante / transportador / recebedor. Além disso, a drenagem deverá possuir

caixas separadoras de areia e de óleo padrão ABNT, na rede de drenagem, a montante do tanque.

A proposta de estacionamento deverá ser acompanhada de um anteprojeto de engenharia proposto à autoridade viária para ser aprovado, apresentar a construção civil com a planta baixa, corte e detalhes, idem do tanque estanque de armazenagem de produtos perigosos, todas as infra-estruturas necessárias acompanhadas de sinalização adequada nos acessos ao local. [...]

Um exemplo desse tipo de área separada denominada *estacionamento específico para viatura portando cargas perigosas*, pode ser vista nas fotos 5, 6 e 7.

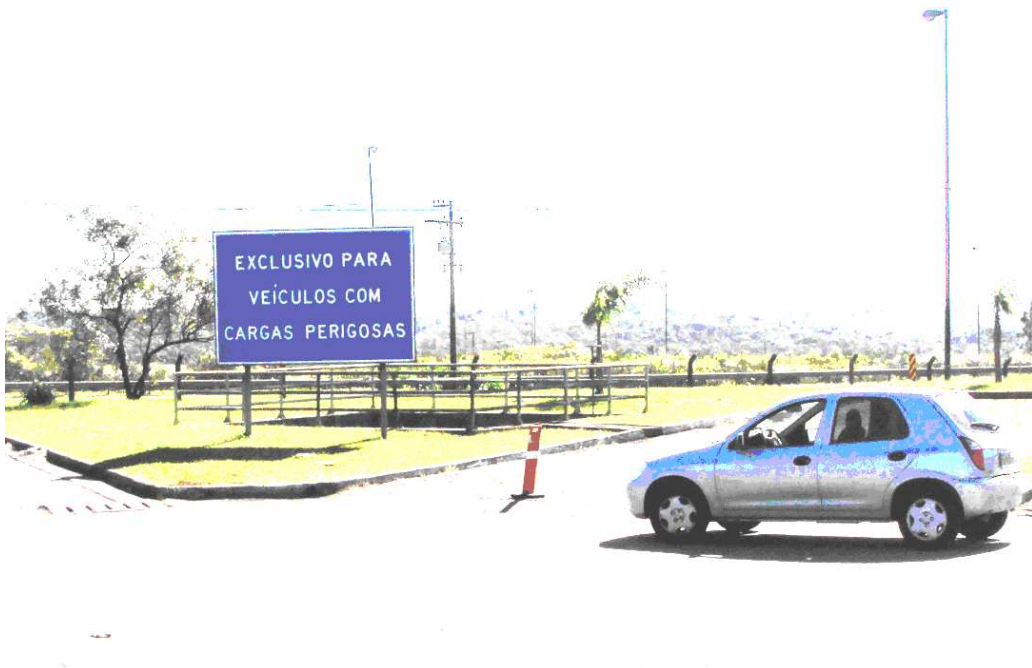


Foto 5 – Pátio de estacionamento de caminhões com área separada para cargas perigosas na Rodovia Anchieta x Interligação com Emigrantes.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Além das áreas de estacionamento, existe também a previsão de *paradouros ou baias de parada*:

[...] São designados para atender paradas eventuais de viaturas portando produtos perigosos em rodovias federais, considerando a necessidade de pequenos consertos, vistoria em pneus, etc. Entretanto, podem ser designadas áreas laterais adequadas na faixa de domínio da rodovia (baias), com placas de avisos.

As localizações devem ser afastadas de populações e ecossistemas sensíveis, [...]



Foto 6 – Detalhe da caixa de contenção no pátio de estacionamento de caminhões na Rodovia Anchieta.
Fonte: Elaborado pelo autor.

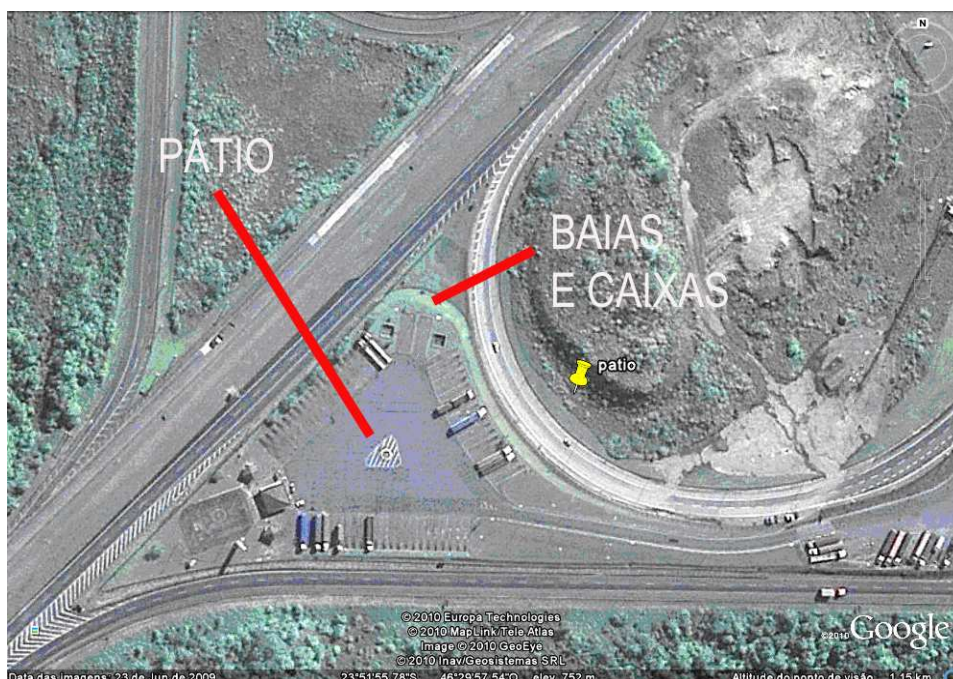


Foto 7 – Imagem aérea do pátio de estacionamento de caminhões na Rodovia Anchieta.
Fonte: Adaptado de Google Earth, 2010.

Um exemplo desse tipo de área separada denominada *paradouro*, pode ser vista nas fotos 8, 9 e 10 onde há também um caixa de brita para frear caminhões desgovernados. A foto 11 ilustra um mecanismo de “bypass” neste local.



Foto 8 – Detalhe do “paradouro” na Rodovia Anchieta, detalhe da caixa de brita para a imobilização emergencial de veículos desgovernados.
Fonte: Elaborado pelo autor.



Foto 9 – Caixa de contenção no pátio do “paradouro” da Rodovia Anchieta.
Fonte: Elaborado pelo autor.

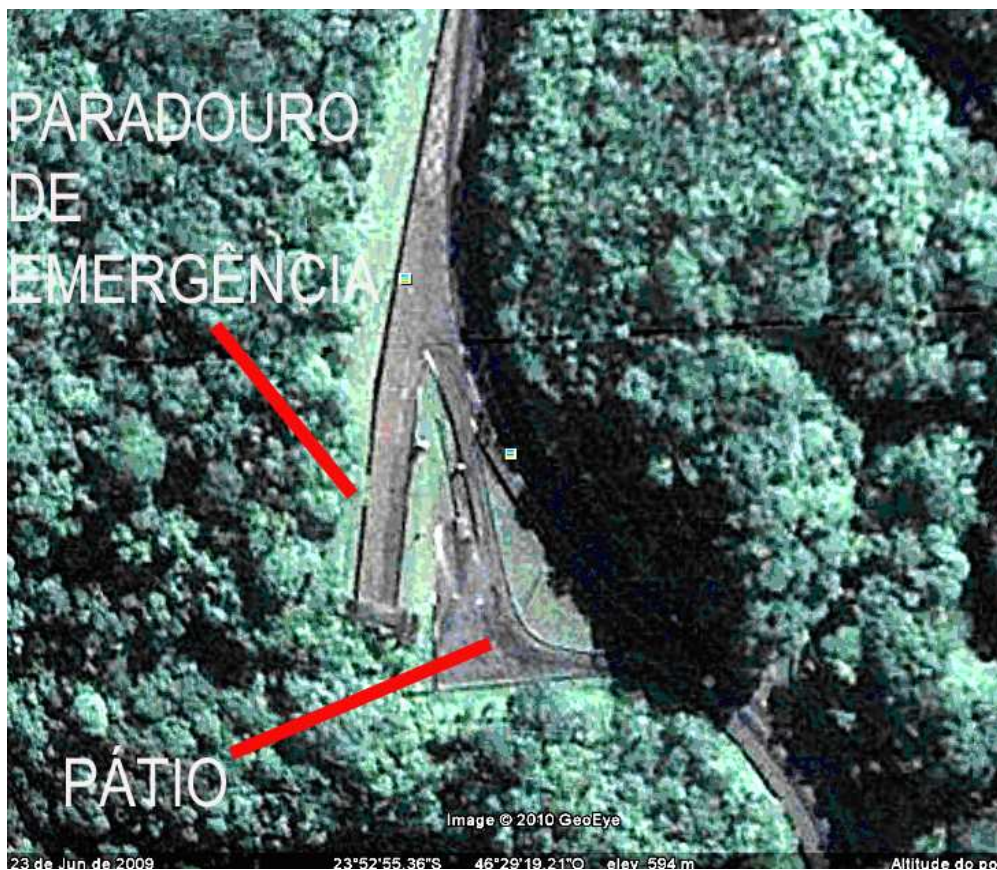


Foto 10 – Imagem aérea do “paradouro” na Rodovia Anchieta, e caixa de brita.
Fonte: Adaptado de Google Earth, 2010.



Foto 11 – Detalhe do mecanismo de separação, “bypass” na caixa de contenção do “paradouro” da Rodovia Anchieta.
Fonte: Elaborado pelo autor.

5.8 Sistemas adotados pelas empresas brasileiras

Neste item são relacionados os projetos obtidos na pesquisa sobre os sistemas adotados nas rodovias brasileiras.

Conforme informações verbais da equipe de emergências da Cetesb (2010), é recomendada a instalação de sistemas de contenção, em rodovias em um raio de 5 km de pontos de captação para abastecimento público, especialmente em áreas de manipulação e transporte de produtos perigosos como pólos industriais, e áreas legalmente protegidas.

Os dispositivos denominados como caixas de retenção, podem ser instalados em sistemas de drenagem de águas pluviais, e podem operar em conjunto, tanto em empreendimentos verticais como indústrias e terminais, ou em horizontais, no caso rodovias, visando reduzir o alcance e a severidade das conseqüências associadas a vazamentos e derramamentos de produtos líquidos perigosos (DERSA & ITSEMAP, 2010).

Conforme Dersa & Itsemap (2010) esses dispositivos possuem a condição intrínseca de interferir na mobilidade da substância vazada, seja por contenção ou demora no seu espalhamento, de forma que se corretamente instaladas e operadas, gerariam, entre outros, os seguintes resultados:

- Minimização dos impactos ao meio ambiente, à saúde humana, e aos danos do patrimônio público e privado;
- Redução dos riscos urbanos associados à formação de atmosferas tóxicas, inflamáveis e corrosivas em espaços confinados, como nos sistemas subterrâneos de drenagem, de esgotamento de águas servidas, de telefonia e de eletrodutos;
- Otimização do tempo de resposta para o desencadeamento de ações de emergência, de combate e controle de vazamentos, ou derrames de produtos perigosos, especialmente em locais distantes ou vias públicas sujeitas a tráfego intenso e congestionamento.

Caixas de retenção de produtos perigosos líquidos tanto podem ser construídas em conjunto com as redes de drenagem de águas pluviais, no caso da

construção de uma nova estrada, como também podem ser adaptadas para esta finalidade, no caso de uma estrada existente.

Em entrevistas aos projetistas ou equipes de meio ambiente da Dersa, e das concessionárias Ecovias, Ecorodovias, Colinas e CCR, todos foram unânimes ao lembrar que essas estruturas podem ser implantadas depois da rodovia construída, mas se implantadas e concebidas em fase de projeto para rodovias novas, serão mais viáveis e eficientes. Isso por um melhor aproveitamento de seu volume drenado, por uma menor quantidade de caixas necessárias, ou por melhores condições de espaço para implantação, além de não precisarem envolver a demolição e reconstrução de determinados dispositivos de drenagem já instalados.

Anteriormente à utilização dos dispositivos tipo S.A.O, em estradas, já existiam desenhos para a contenção e separação de óleos lubrificantes em pátios de manutenção de máquinas, postos de gasolina, ou onde existia a manipulação de produtos perigosos. A ABNT normatizou o dispositivo conhecido como S.A.O para essas áreas. Um exemplo de projeto deste tipo, pode ser visto na figura 32.

Caixa de retenção de areia e óleo:

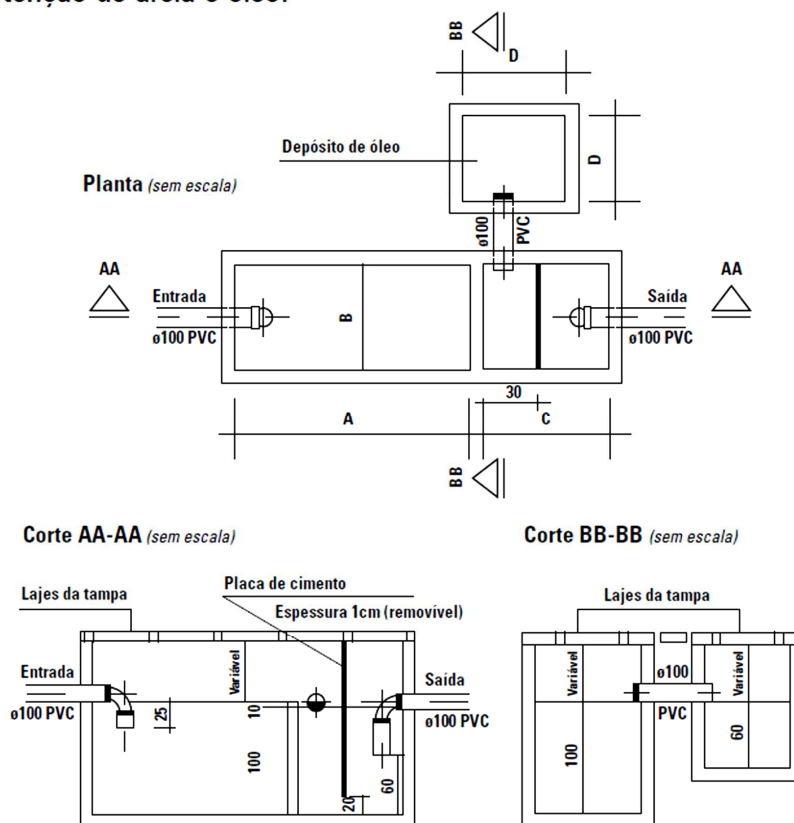


Figura 32 – Caixa de retenção de areia e óleo em pátios.
Fonte: GONÇALVES & SILVA, 2008.

Sobre a eficiência dos dispositivos, têm-se os seguintes fatores (DERSA & ITSEMAP, 2010):

- Conhecimento dos tipos de produtos e capacidade dos veículos que circulam nos eixos da via;
- Seleção de locais estratégicos para a instalação de conjuntos caixa/rede, relacionadas à incidência do transporte de produtos perigosos, às intersecções em nível, declives acentuados e curvas fechadas;
- Dimensionamento da caixa e da rede de drenagem, com especial atenção a extensão da área a ser drenada, com relação eficiência x volume drenado;
- Nível de proteção requerido para cada área a ser protegida;
- Estanqueidade¹⁷ do conjunto caixa de contenção x rede de drenagem;
- Condições operacionais das válvulas de bloqueio;
- Tempo de resposta para o fechamento das mesmas;

Como características técnicas têm-se:

- Adaptação da geometria, uma vez que a relação comprimento x largura x altura, pode manter o volume requerido;
- Dimensionamento do volume operacional das caixas considerando tanto a capacidade dos veículos que circulam nos eixos viários, como também as respectivas áreas de abrangência das redes de drenagem contribuintes;
- Dimensionamento dos coletores de admissão e das linhas de descarga, de modo a evitar a ocorrência de estrangulamentos, extravasamentos ou fuga prematura dos produtos retidos;

¹⁷ Estanqueidade significa estanque, hermético, "sem vazamento", em inglês *no-leak*, ou seja, é a definição dada a um produto que está isento de furos, trincas ou porosidades que possam deixar sair ou entrar parte de seu conteúdo (WIKIMEDIA, 2010).

- Manutenção de um selo d'água permanente nas caixas, visando otimizar a contenção dos produtos sem comprometer o balanceamento de admissão x descarga das mesmas;
- Implantação de anteparas separadoras entre os pontos de admissão e de descarga das caixas, de modo a otimizar a contenção e o recolhimentos de produtos sobrenadantes;

A figura 33 apresenta uma caixa de retenção esquemática.

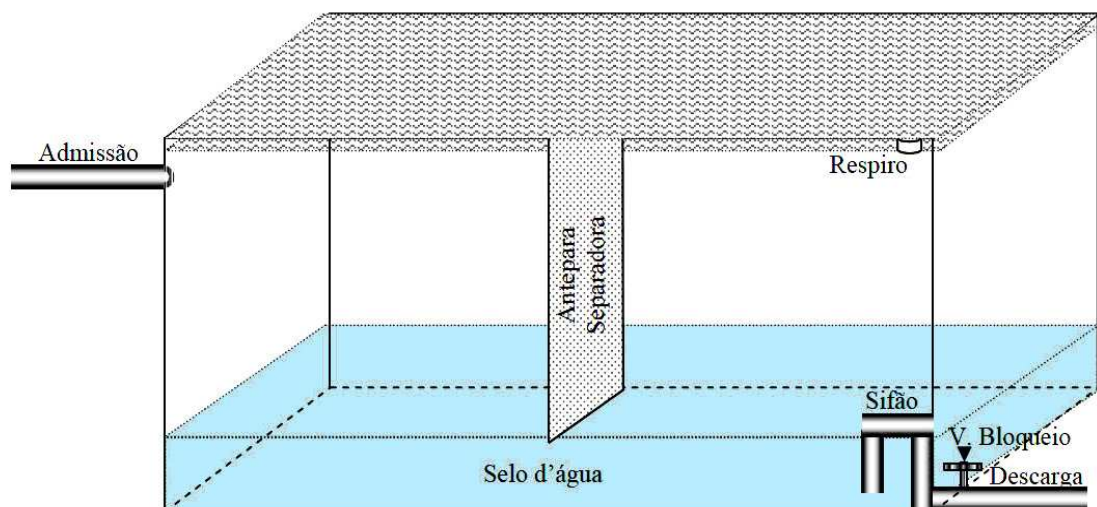


Figura 33 – Caixa de retenção esquemática.
Fonte: DERSA & FESPSP, 2004b

Dersa & Fespsp (2004b) concluíram que a implantação de redes de drenagem de águas pluviais com caixas de retenção de produtos líquidos perigosos na malha viária, requer a realização prévia de estudos que permitam avaliar tanto a real necessidade de instalação destes sistemas como também a eficácia dos mesmos.

Uma vez que estes dispositivos têm a finalidade específica de atenuar a severidade das conseqüências resultantes de derrames de produtos perigosos em zonas urbanas, em ambientes sensíveis ou em áreas legalmente protegidas, é necessário também a realização de análises críticas sobre os traçados dos eixos, visando á implantação de ações preventivas, que permitam reduzir a probabilidade da ocorrência de acidentes rodoviários (DERSA & FESPSP, 2004b).

Alguns dos detalhes de projetos nacionais encontram-se no Anexo D sobre projetos. Os sistemas implantados, em licenciamento ou em implantação,

localizados estão listados no quadro 7, com a referência de projeto, empresa e localização.

ITEM	CAIXAS DE RETENÇÃO/CONTENÇÃO NO BRASIL NOME	EMPRESA	PROJETO / REFERÊNCIA	LOCALIZAÇÃO / ESTRADA
1	Caixa de contenção de líquidos perigosos CC-04	DERSA	DE-15.30.000-H07003	Rodoanel trecho sul, SP-021
2	Caixa de meio ambiente padrão com tubo afluente	ECOVIAS	DE-22.160.000-0-H07005	descendente da Imigrantes, SP-160
3	Caixa da Ecovias saída de tunel da Imigrantes desc.	ECOVIAS	N/D	descendente da Imigrantes, SP-160
4	Caixa de contenção de carga perigosa tipo 1 A e B	DERSA	DE-PP-C07301 e 303	Rodoanel trecho sul, SP-021
5	Caixa de Contenção 1 a 12	ECOPISTAS	DES-23.070	Rodovia Carvalho Pinto, SP-070
6	Caixa de retenção 1 e controle	AUTOBAN	DE-01.348.000-1-H07079	prolongamento Bandeirantes, SP-348
7	Caixa de retenção 2, 3, 4 5 e controle	AUTOBAN	DE-01.348.000-1-H07075, 076 e 080	prolongamento Bandeirantes, SP-348
8	Detalhamento da caixa de controle	AUTOBAN	DE-01.348.000-1-H07077, 078, 081 e 082	prolongamento Bandeirantes, SP-348
9	Caixa	VIAESTE	N/D	Sorocaba, SP-091, Sorocaba Itu
10	Caixa de Retenção	VIAESTE	DE- SP000270-086.086-120-H07001	São Roque, SP-270, Cotia Votorantin
11	Caixa de retenção Tipo C com válvula	NOVADUTRA	N/D	BR -116 /RJ
12	Caixa de retenção Tipo C	RODONORTE	RN-BR27700-0102.20-OTR-A1	BR- 227 /PR
13	Caixa Retenção Produtos Perigosos, Projeto Padrão	COLINAS	DE-13.300.087-0 -H09002-A	SP-300, Itu Jundiá
14	Caixa Retenção Tipo - Produtos Perigosos	COLINAS	DE-13.300.087-0 -H09001	SP-300, Itu Jundiá
15	Caixa	COLINAS	N/D	SP-075, Itu Campinas
16	Caixa de contenção de carga perigosa	DERSA	DE-PP-C07301 e 303	Rodoanel trecho leste, SP-021
17	Caixa de contenção de líquidos perigosos	DERSA	DE-15.30.000-H07003	Rodoanel trecho norte, SP-021
18	Caixa de Contenção de Produtos Perigosos Tipo CP-1 A	DER	PP-DE-H07127	não localizado
19	Caixa de contenção de carga perigosa tipo 1 A e B	DERSA/CCR	DE-PP-C07301 e 303	Rodoanel trecho oeste, SP-021
20	Caixa de contenção de carga perigosa tipo 2	DERSA/CCR	PP-C07802	Rodoanel trecho oeste, SP-021
21	Caixa da Ecovias na descida da Anchieta	ECOVIAS	N/D	Anchieta, SP-150
22	Caixa da Ecovias estacionamento caminhões da Anchieta	ECOVIAS	N/D	Anchieta, SP-150
23	Barragem para Retenção de Sólidos	DERSA/CCR	DE-15.04.000-H09601	Rodoanel trecho oeste, SP-021

Quadro 7– Caixas de Retenção/Contenção pesquisadas. Empresa e localização.
Fonte: Elaborado pelo autor.

6 SISTEMAS MISTOS E DE TRATAMENTO (*Best Management Practices*)

Neste capítulo são enfocados os sistemas de tratamento e mistos (híbridos) com o objetivo de compreender os processos e entender conceitos para sua utilização nos HMTs.

No início do capítulo anterior observou-se classificações de sistemas feitas por Namy (1999) e tipos de tratamento pela EPA. Outros autores como Marler, Barret & Malina (2005), e Vieira & Oliveira (2001, apud MARTINS et al., 2005), também apresentaram propostas de classificação desses conforme o enfoque desejado.

Conforme já mencionado por Barbosa, Escarameia & Carvalho (2004) no mesmo equipamento podem existir sistemas de tratamento de água de drenagem e de contenção de um derramamento específico.

Os sistemas BMPs não são o objeto principal dessa pesquisa, mas seu estudo é necessário porque muitas vezes se mesclam com os HMTs, e apresentam conceitos e propostas de localização úteis.

O Código de Regulamentos Federais dos EUA (MARLER, BARRET & MALINA, 2005) define como Melhores Práticas de Gestão ou “*Best Management Practices*” (BMP):

[...] a means of practice or combination of practices that is determined by a state (or designated area-wide planning agency) after problem assessment, examination of alternative practices, and appropriate public participation to be the most effective practicable (including technological, economic, and institutional considerations) means of preventing or reducing the amount of pollution generated by non-point sources to a level compatible with water quality goals (Title 40, 130.2).[...]

Ou seja, o sistema de controle de poluição (BMP) mais eficaz, realiza com a máxima eficiência a remoção de poluentes a um custo mínimo. As BMPs dividem-se em medidas estruturais e não estruturais.

As medidas não estruturais seriam os programas e práticas como educação da população, planos de ação e manejo, de manutenção e limpeza, mas sozinhos não eliminam a poluição. Assim, medidas estruturais físicas como instalações de tratamento, obras civis, barreiras físicas, também são necessárias.

As medidas estruturais para controle e tratamento da poluição, são concebidas para reduzir a concentração de contaminantes presentes no escoamento superficial de rodovias. BMPs estruturais requerem um investimento substancial e exigem uma manutenção periódica e de longo prazo.

BMPs estruturais incluem uma ampla variedade de métodos que vão desde simples faixas de vegetação até estruturas complexas de várias fases. Isso porque os métodos de remoção de poluentes e estruturas variam significativamente (LANDPHAIR, MCFALLS & THOMPSON, 2000).

Em Portugal as BMPs são conhecidas por MEG – Melhor Estratégia de Gestão (BARBOSA et al, 2008).

Em alguns casos, várias tecnologias são combinadas em uma única estrutura, ou as estruturas podem ser combinadas com os sistemas de captura de materiais perigosos (HMTs) ou ainda com estruturas de controle de inundações.

Segundo a classificação da EPA, em relatório técnico de 1999 (MARLER, BARRET & MALINA, 2005), os dispositivos estariam divididos em:

- infiltração;
- detenção;
- retenção;
- wetlands construídos;
- filtração;
- de vegetação ou biofiltros;
- minimização dos diretamente ligados a superfícies impermeáveis;
- diversos, com as tecnologias disponíveis no mercado.

Vieira & Oliveira (2001, apud MARTINS et al, 2005) separa os sistemas de tratamento em secos e úmidos, da seguinte forma:

Sistemas secos:

- por cobertura vegetal;
- por infiltração/filtração;

- pavimento poroso/pavimento reservatório;

Sistemas úmidos:

- por retenção e detenção em lagoas ou bacias;
- por aplicação em wetlands.

A escolha do sistema de tratamento é feita em função do tipo de poluentes que se pretende controlar. Cada sistema de tratamento apresenta uma configuração e projeto próprio, mas os processos atuantes são geralmente os mesmos: a retenção do escoamento superficial por um período de tempo suficiente para permitir a sedimentação de poluentes ou a infiltração e retenção no solo (LEITÃO et al., 2002).

As premissas gerais para o estabelecimento do sistema de tratamento são as seguintes (LEITÃO et al., 2002):

- os poluentes, em geral, são fixados pela matéria orgânica, de modo que o sistema de tratamento deverá depender, de algum modo, do contato de contaminantes com a mesma;
- os sistemas que se baseiam apenas na remoção de sólidos, tais como bacias de decantação e filtros, podem remover apenas parte dos poluentes que se encontra associada às partículas, mas em geral não removem a carga contaminante dissolvida;
- os sistemas mais eficientes são aqueles que utilizam vegetação aquática, escoamento em superfícies vegetadas e processos de infiltração por meio de areia e turfa, onde as taxas de redução dos principais poluentes é de 80 a 99%;
- os metais pesados e compostos orgânicos presentes em óleos e graxas, apresentam uma eficiência de tratamento mais elevada naqueles sistemas que permitem ambientes redutores. Entre estes sistemas incluem-se as wetlands e os filtros de areia ou turfa.

Existem dois tipos principais de bacias: as de detenção e as de retenção. Sua concepção típica é a de uma lagoa, limitada por diques de terra. Entretanto há outras concepções como reservatórios e tanques de concreto para diversas

aplicações, inclusive subterrâneas (VIEIRA & OLIVEIRA, 2001 apud MARTINS et al, 2005).

Cada sistema de tratamento é determinado principalmente pelos seguintes fatores:

- áreas da micro bacia de drenagem;
- a declividade média da micro bacia;
- características topográficas naturais do terreno;
- taxas de infiltração e permeabilidade de solos;
- suscetibilidade do tipo de solo à erosão;
- profundidade do lençol freático;

O quadro 8 relaciona o tipo de sistema com as porcentagens de remoção de poluentes.

Poluente	Tipo de Estrutura - Porcentagem de Remoção						
	Bacia de Filtração "Austin First Flush"	Filtro de Areia	Bacia de infiltração 30 mm de escoamento superficial por ha impermeável	Pavimento-reservatório 24 mm de escoamento superficial por ha impermeável	Bacia de Detenção Seca 24mm de altura de chuva detida por 24 horas	Bacia de Retenção Duas semanas de retenção	Wetland
Sólidos Totais	75-90%	60-80%	60-80%	80-100%	60-80%	80-100%	60-85%
Fósforo Total	30-60%	20-40%	40-60%	40-60%	40-60%	60-80%	40-60%
Nitrogênio Total	30-50%	20-40%	40-60%	40-60%	20-40%	40-60%	20-30%
DBO	30-50%	60-80%	40-60%	60-80%	40-60%	40-60%	70-80%
Metais	40-80%	40-60%	60-80%	60-80%	60-80%	60-80%	45-55%

Quadro 8 – Média anual da capacidade de remoção de poluentes de diversas estruturas.

Fonte: Debo & Reese (1995) e Vieira & Oliveira (2001), apud MARTINS et al., 2005.

A principal classificação adotada para este estudo, que foca as BMPs segue a de Landphair, Mcfalls & Thompson (2000). Observa-se que muitos dos esquemas de projeto apresentados, classificados como BMPs, são na realidade sistemas mistos que incluem um sistema de captura ou pré-tratamento inicial (HTM), seguido do sistema de tratamento (BMP) propriamente dito.

Isto ocorre porque a maioria dos esquemas de projeto apresentados são de autoria de Landphair, Mcfalls & Thompson (2000), que ainda não apresentavam a

classificação em separado entre HTMs e BMPs. Essa foi uma das principais publicações selecionadas em função da qualidade dos esquemas, da variedade de sistemas, e dos parâmetros apresentados para a implantação, entre outros.

As HTMs podem ser observadas nos esquemas com nomes como pequeno reservatório de entrada (forebay), bacia de permanência (stilling basin), câmara de detenção, de sedimentação, de pré-tratamento, ou de decantação.

6.1 Tratamentos por cobertura vegetal: baixada gramada

Os tratamentos por cobertura vegetal funcionam por meio da passagem do escoamento superficial das rodovias sobre canais ou faixas gramadas, paralelas à rodovia, que permitem a remoção de poluentes por retenção na vegetação, sedimentação e infiltração limitada. O tipo mais comum de tratamento por cobertura vegetal são as baixadas, valetas ou faixas gramadas.

Uma baixada gramada é basicamente uma valeta ou vala gramada, com inclinação lateral inferior a 1:3, projetada para preservar tanto a distribuição do fluxo no canal, como evitar a erosão e altas velocidades que limitarão o tempo de contato entre a vegetação e a água (NAMY, 1999). A figura 34 ilustra este sistema.

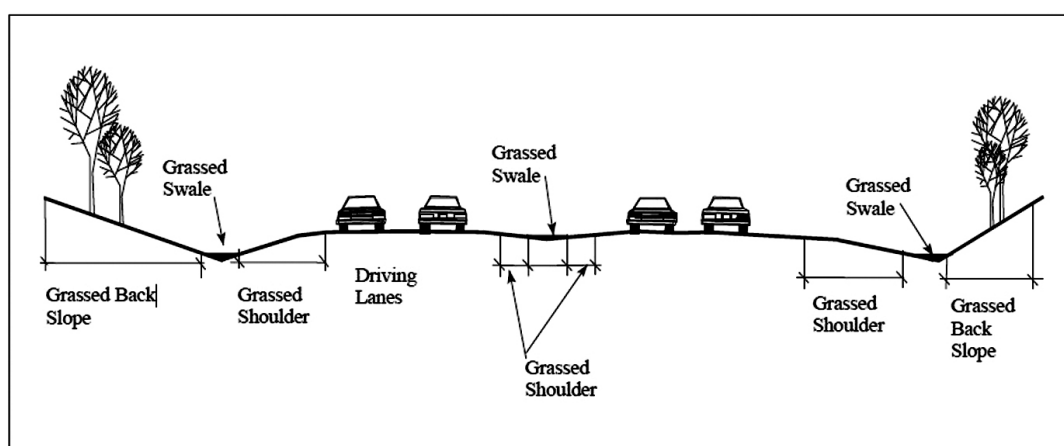


Figura 34 – Baixada gramada (Grassed Swale) e sua localização em corte na estrada. Fonte: Landphair, Mcfalls & Thompson, 2000.

Quando as condições do local são satisfatórias, valetas e canais gramados são importantes e viáveis sistemas de controle de poluição. A melhor condição de implantação ocorre quando ela se desenvolve paralelamente a uma estrada em encostas de 1 a 5%, e onde os solos são relativamente permeáveis. Os mecanismos não são claros, mas a pesquisa mostra que os canais de grama são bastante

eficientes na remoção de metais, de sólidos e hidrocarbonetos (MARLER, BARRET & MALINA, 2005).

A remoção dos poluentes ocorre por meio de redução da velocidade do escoamento, com a deposição e filtração das partículas sólidas, à medida que a água escoar sobre a superfície vegetada, permitindo a infiltração no solo. Os melhores resultados são obtidos quando a velocidade é lenta, uma vez que o tempo de contato junto à vegetação aumenta (VIEIRA & OLIVEIRA, 2001 apud MARTINS et al., 2005).

6.2 Tratamentos por infiltração e filtração

São tratamentos que englobam tanto as técnicas de filtração direta como aquelas que retêm temporariamente as águas pluviais, até que estas se infiltrem. Incluem as técnicas mais eficientes em termos de controle de qualidade do escoamento superficial de rodovias, levando em consideração as características dos solos (VIEIRA & OLIVEIRA, 2001 apud MARTINS et al., 2005).

Utilizadas em situações em que o volume de água capturado, na carga da primeira chuva, tenha capacidade de se infiltrar totalmente antes da próxima chuva, e nas quais não cause poluição às águas subterrâneas. A única via de saída da água da bacia tem de ser por infiltração, desde que o solo tenha capacidade de infiltrar todo o volume sem transbordamento.

A principal vantagem desses dispositivos é que minimizam as alterações no balanço hídrico normal do local em que são instalados, no caso das enchentes. Como desvantagem principal, é que podem apresentar uma elevada taxa de insucesso, pela instabilidade dos solos e a necessidade de manutenção freqüente (VIEIRA & OLIVEIRA, 2001 apud MARTINS et al., 2005).

Esses tratamentos abrangem os seguintes dispositivos: bacias de infiltração; trincheiras filtrantes; bacias de filtração; e filtros de areia.

a) Bacias de infiltração

As bacias de infiltração destinam-se à remoção dos poluentes dissolvidos ou associados à fração sólida mais fina, não removíveis por decantação em bacias de retenção, sendo bastante eficientes na remoção de metais pesados. A remoção de

poluentes ocorre por sedimentação, pela presença da vegetação, pelo solo, e por microrganismos, simultaneamente com a infiltração (MARTINS et al., 2005).

Ao promover o contato entre os metais pesados e o solo, particularmente com a matéria orgânica e a argila, as bacias condicionam a fixação dos poluentes. O volume de escoamento superficial que a bacia pode captar durante um evento pluviométrico depende de sua capacidade, da condutividade hidráulica do solo e da área de infiltração. Os poluentes são presos nas camadas superiores do solo, com a infiltração da água percolando para baixo.

Antes do afluxo de água de enxurrada, a bacia encontra-se seca, levando cerca de 48 à 72 horas, para que ocorra a infiltração, dependendo do solo, pluviosidade e outros fatores. Essas bacias são dimensionadas para armazenar um determinado volume de águas para um tempo de permanência específico, com uma taxa de infiltração pré-determinada. Observa-se na foto 12, uma bacia de infiltração nos EUA.



Foto 12 – Bacia de infiltração em 77 Narin Dr., EUA.
Fonte: Landphair, Mcfalls & Thompson, 2000.

Os esquemas sobre bacias de infiltração são apresentados nas figuras 35 e 36:

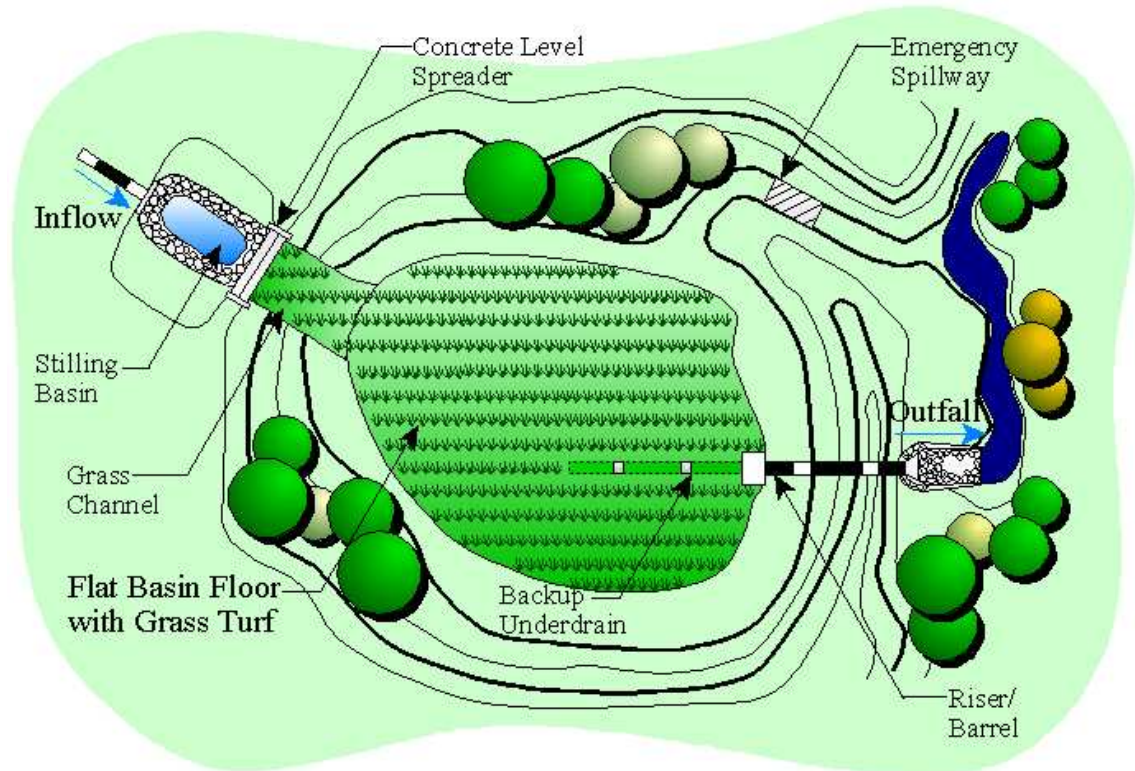


Figura 35 – Bacia de infiltração Planta.
 Fonte: Landphair, Mcfalls & Thompson, 2000.

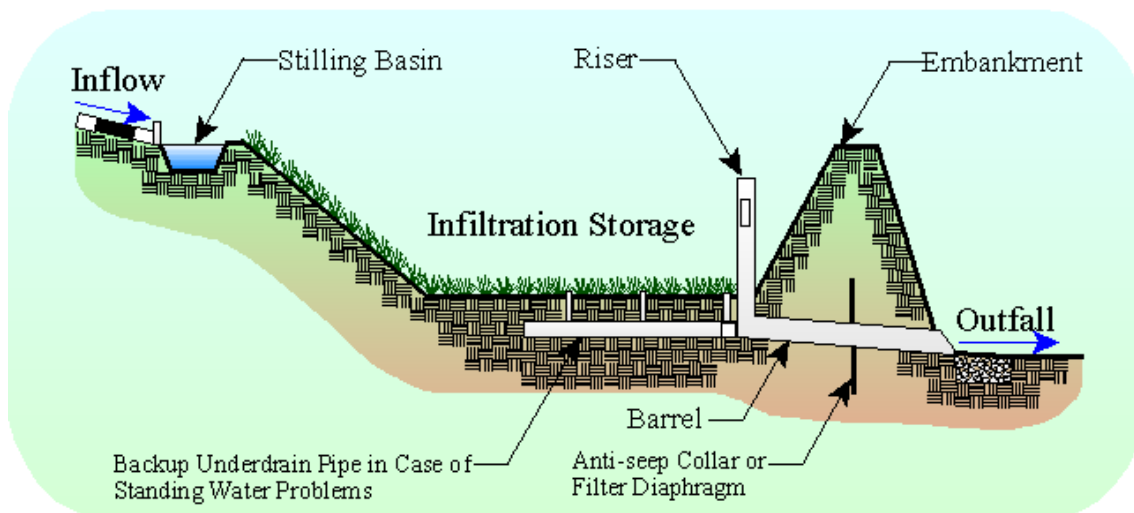


Figura 36 – Bacia de infiltração Corte.
 Fonte: Landphair, Mcfalls & Thompson, 2000.

Esses sistemas podem ser construídos “on-line” ou “off-line”, ou seja, na seqüência em série dos dispositivos de drenagem, ou como um dispositivo alternativo que desvie o fluxo à bacia. Vieira & Oliveira (2001, apud MARTINS et al., 2005) demonstraram que as bacias “off-line” são mais eficientes, uma vez que são

concebidas de modo a desviarem as águas mais poluídas, provenientes da carga de lavagem de primeiro fluxo. O fluxo da linha normal da drenagem principal é desviado e mantido na bacia em separado para o tratamento. Quando a bacia em separado atinge a sua capacidade, o fluxo volta à linha principal de drenagem, não mais sendo desviado à bacia. Entretanto, esse sistema precisa da ação humana para o seu manejo.

b) Bacias de filtração

A forma mais simples e mais comum de filtro, é um dos dispositivos que fazem parte do sistema que se tornou conhecido internacionalmente como “*Austin First Flush*”, projetado em Austin, Texas. Sua finalidade é a de proteger a área de manancial e recarga da “*Edwards Zone*”. Variações no projeto Austin, têm sido desenvolvidas, e em termos de desempenho a longo prazo, esse sistema têm a melhor avaliação, dentre as tecnologias disponíveis de tratamento (LANDPHAIR, MCFALLS & THOMPSON, 2000).

Em Debbo e Reese (1995 apud MARTINS et al., 2005), a bacia de filtração “*Austin First Flush*” é utilizada para captura da carga de lavagem, particularmente quando não há escoamento suficiente para a execução de reservatórios de retenção ou detenção.

Seu projeto consiste de um dissipador de energia de fluxo, uma câmara de detenção e sedimentação para a sólidos maiores, um dispositivo distribuidor de fluxo, um filtro de areia e um dreno de saída.

A figura 37, ilustra o esquema da Bacia de Filtração “*Austin First Flush*”:

Na figura 38, pode ser visto outro desenho de projeto, como o recomendado nos relatórios técnicos: “*Evaluation and Management of Highway Runoff Water Quality*” de 1995, e do “*LCRA: Non-Point Source Pollution Control Technical Manual*” de 1998 (LANDPHAIR, MCFALLS & THOMPSON, 2000).

No pré-tratamento usado para a sedimentação completa, a bacia inicial é feita sob medida para captar todo o volume de água de projeto de enxurrada, antes de enviá-la ao compartimento do filtro. Para a sedimentação parcial, a bacia inicial do pré-tratamento é feita sob medida para capturar um volume parcial do volume previsto de água de enxurrada, cerca de 25 a 75%.

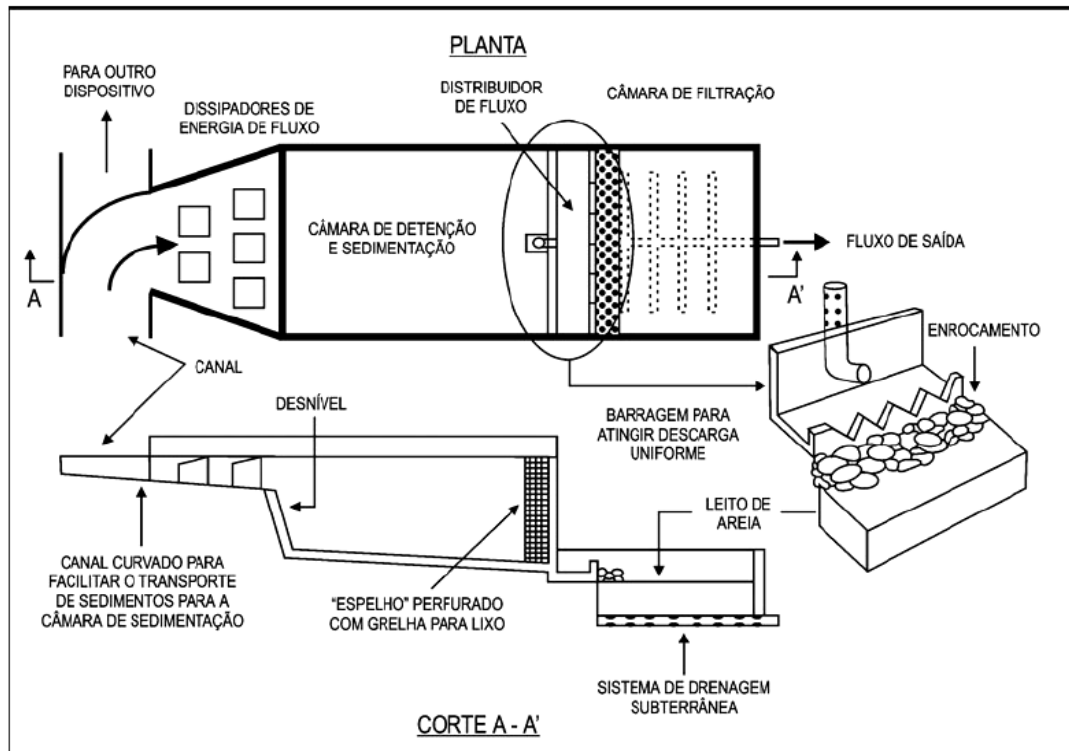


Figura 37 – Bacia de Filtração “Austin First Flush” - Sedimentação Total.
 Fonte: Debo & Reese (1995 apud MARTINS et al., 2005).

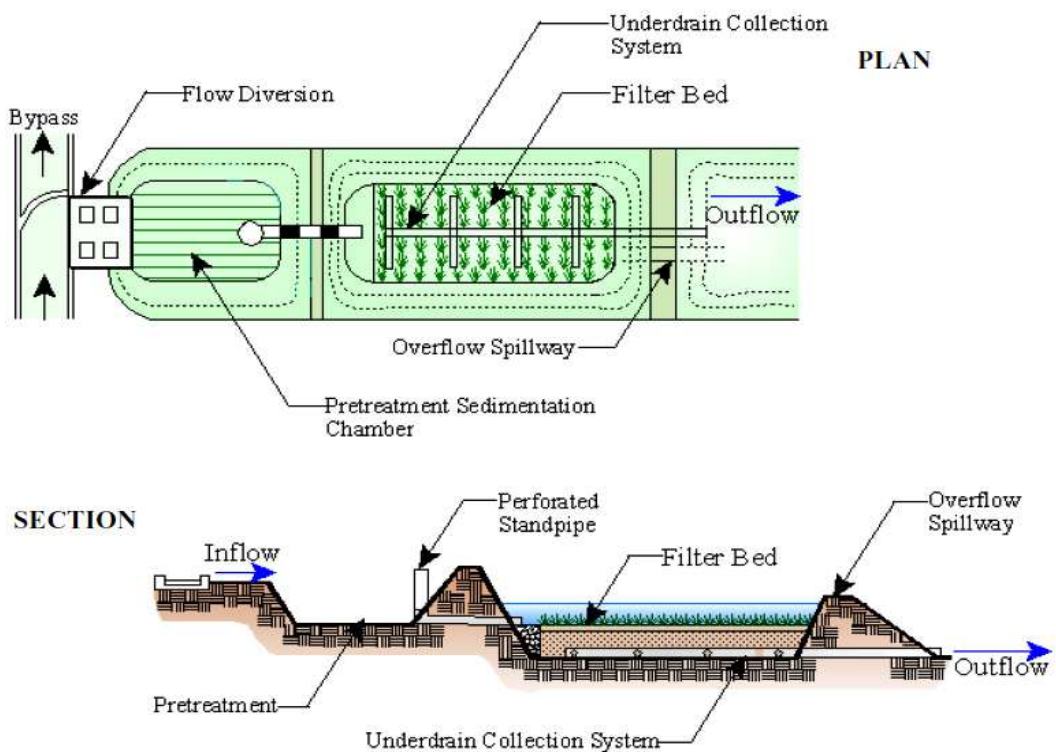


Figura 38 – Bacia de Filtração.
 Fonte: Landphair, Mcfalls & Thompson, 2000.

c) Trincheiras filtrantes

Na figura 39 têm-se o esquema de uma trincheira filtrante:

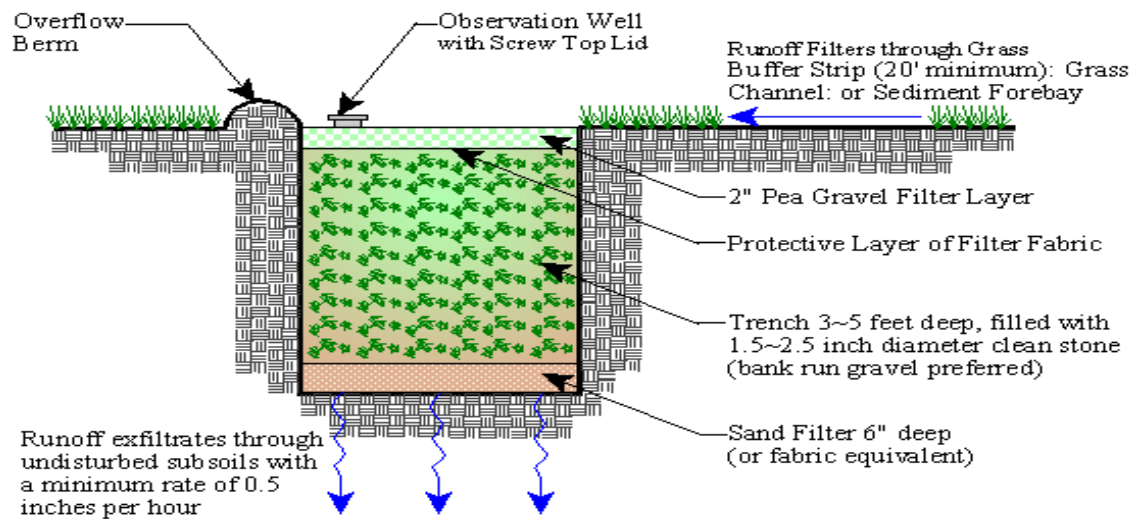


Figura 39 – Trincheira Filtrante.

Fonte: Landphair, Mcfalls & Thompson, 2000.

A manutenção de rotina é essencial para todos os tipos de sistemas de filtragem de águas pluviais, onde as tarefas consistem em: remoção do lixo; inspeção; retirada de sedimentos; e substituição da areia e grama filtrante.

6.3 Pavimentos-porosos e pavimentos-reservatório

Namy (1999) descreve os pavimentos-porosos como constituídos basicamente de asfalto, concreto permeável e blocos de concreto. Reduzem o espaço necessário ao tratamento de águas pluviais, de modo a preservar o balanço hídrico de determinado local.

Em Vieira & Oliveira (2001, apud MARTINS et al., 2005) recomenda-se que esse tipo de pavimento apenas seja utilizado em locais onde o solo seja permeável, com declives próximos de zero e um nível freático profundo. É frágil em termos estruturais com a sua aplicação restrita a áreas de tráfego leve.

Caso o nível freático seja raso e haja interesse em evitar que as águas infiltradas atinjam as águas subterrâneas, devem ser implantadas membranas impermeáveis entre o reservatório e a sub-base. Um pavimento poroso é constituído por quatro camadas, e a manutenção têm custos altos devendo ser executada freqüentemente, sob pena de inviabilizá-lo (LANDPHAIR, MCFALLS & THOMPSON,

2000). Maiores detalhes sobre pavimentos rodoviários podem ser encontrados no Apêndice 1 – Rodovias.

6.4 Estruturas de Detenção e Retenção

Embora a principal função de uma estrutura de retenção seja a de minimização das cheias a jusante, o efeito de redução da velocidade do fluxo pela estrutura permite a detenção de uma percentagem de material em suspensão. A eficiência de remoção de poluentes de uma estrutura de retenção aumenta com o tempo de detenção (LANDPHAIR, MCFALLS & THOMPSON, 2000).

Estruturas de detenção devem ser instaladas fora da drenagem principal e fora de qualquer zona úmida existente. A remoção de sólidos e outros poluentes em suspensão é comparável aos filtros de areia e a remoção de nutrientes é superior a 50% para tempos de detenção de 48 horas. No entanto, as estruturas de detenção são muito menos eficientes na remoção de poluentes dissolvidos. Da mesma forma, longos tempos de detenção podem ser um incômodo, em áreas urbanas (LANDPHAIR, MCFALLS & THOMPSON, 2000).

Estruturas de retenção possuem uma lagoa com uma quantidade de água permanente, e são projetados para capturar e manter um volume pré-determinado de escoamento, acima desse até que haja infiltração, evaporação, ou deslocamento do volume de escoamento pela chegada do volume de outra tempestade. Estas estruturas de remoção de poluentes dependem da sedimentação, como o principal mecanismo de remoção de poluentes, complementada por processos biológicos que ocorrem na lagoa de água permanente. Eles variam em complexidade de estruturas de terra para o concreto com anteparos.

a) Bacias ou lagoas de Detenção Seca (Dry Detention Basins)

Bacias de detenção secas são reservatórios que acumulam o escoamento superficial por um determinado tempo, viabilizando a deposição de material particulado. Encerrado esse tempo, as bacias mantêm-se vazias enquanto não há escoamento (NAMY, 1999).

Usualmente tais bacias são utilizadas para o tratamento da poluição por cargas difusas decorrentes do escoamento superficial, bem como para o controle de fluxo de drenagens naturais.

São constituídas basicamente por um canal de entrada, poço de pré-tratamento, um dissipador, uma bacia e uma estrutura de descarga, conforme as figuras 40 e 41

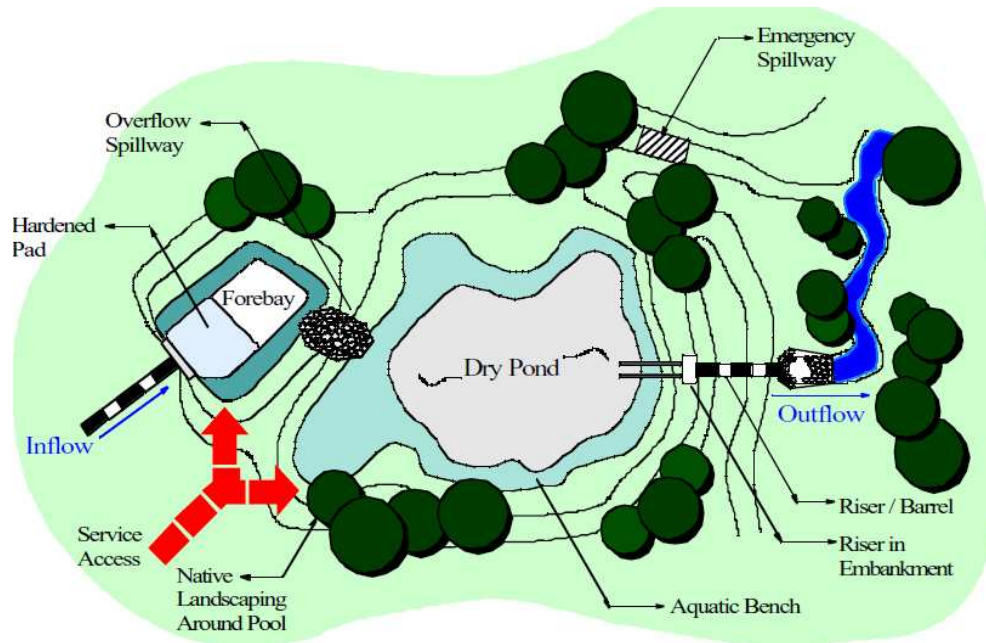


Figura 40 – Bacias ou lagoas de Detenção Seca (Dry Detention Basins) Planta.
Fonte: Landphair, Mcfalls & Thompson, 2000.

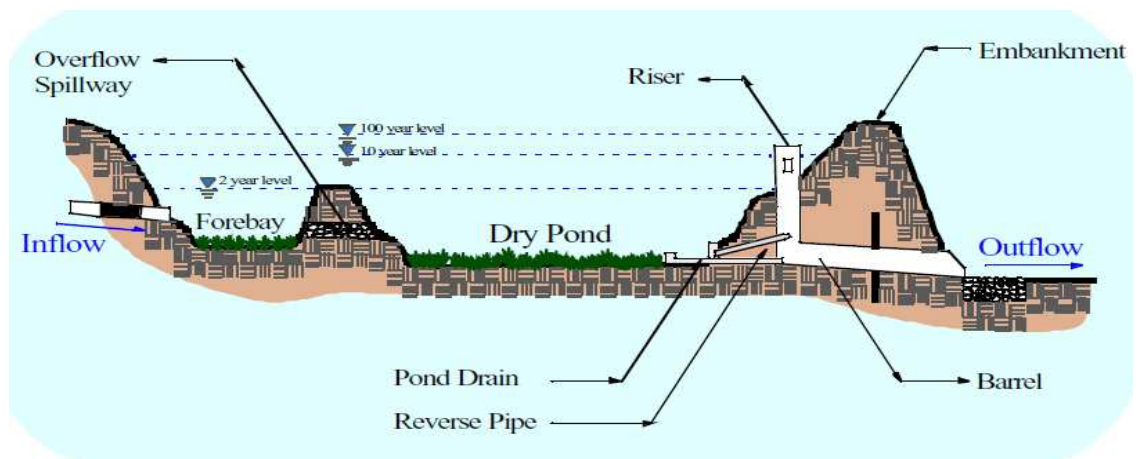


Figura 41 – Bacias ou lagoas de Detenção Seca (Dry Detention Basins) Corte.
Fonte: Landphair, Mcfalls & Thompson, 2000.

O fluxo d'água entra pelo canal, atravessa o dissipador e atinge o banhado, onde permanece tempo suficiente para a decantação do material particulado. Então, o fluxo é drenado pela estrutura de descarga e conduzido à drenagem natural. Um tempo de permanência de 24 à 48 horas é necessário para um funcionamento eficiente do sistema.

Essas bacias podem ser de concreto ou de terra, com argila como impermeabilizante, ou revestida por mantas impermeáveis, de modo a impedir a infiltração no subsolo. São “off-line”, ou seja, não ligadas diretamente à linha principal de drenagem.

Seu funcionamento baseia-se principalmente na sedimentação simples, o que se traduz numa redução dos sólidos suspensos totais do afluente. Entretanto, para os poluentes transportados em fase dissolvida ou particulada fina, como os hidrocarbonetos e o zinco, mostra-se um sistema pouco eficiente (VIEIRA & OLIVEIRA, 2001 apud MARTINS et al., 2005).

Suas desvantagens incluem a dificuldade de manter as estruturas extravasoras desobstruídas e a necessidade de manutenção em função da acumulação de sedimentos. Recomenda-se a remoção de sedimentos de 2 a 3 vezes por ano, para ajudar a minimizar a ressuspensão dos sedimentos durante a próxima chuva pesada (LANDPHAIR, MCFALLS & THOMPSON, 2000).

Dentre as estruturas descritas, considera-se a bacia de retenção seca, quando dotada de mecanismo de obturação da estrutura de descarga, como a mais eficiente na contenção de produtos perigosos derramados (IPT, 2004).

b) Bacias de Retenção Úmidas (Wet Detention Ponds)

Bacias de retenção úmidas são reservatórios projetados para manter um volume permanente de água, com o armazenamento do fluxo d'água superficial de enxurradas. Retêm a água para liberá-la somente por meio da evapo-transpiração e infiltração (NAMY, 1999).

Um poço de entrada dotado de grelha, para impedir a entrada de lixo, permite o escoamento da água de chuva. Quando é ultrapassado o volume do reservatório um vertedor de emergência existe para permitir que a água extravase, em caso de pluviosidade muito elevada. Pode ser utilizada uma vegetação emergente para incrementar a capacidade de retenção de contaminantes (MARTINS et al., 2005). Por meio da interação com a água, esse tipo de bacia permite a remoção de poluentes pela deposição de partículas, infiltração, filtração e adsorção¹⁸ biológica

¹⁸ Já visto no item sobre “velocidade da frente de contaminação”.

de contaminantes solúveis. Os tempos de retenção médios são da ordem de duas semanas, e exibem as melhores taxas de remoção (NAMY, 1999).

São constituídas, essencialmente, por um canal de entrada, poço de pré-tratamento, um dissipador e um banhado permanente, como pode ser observado nas figuras 42 e 43:

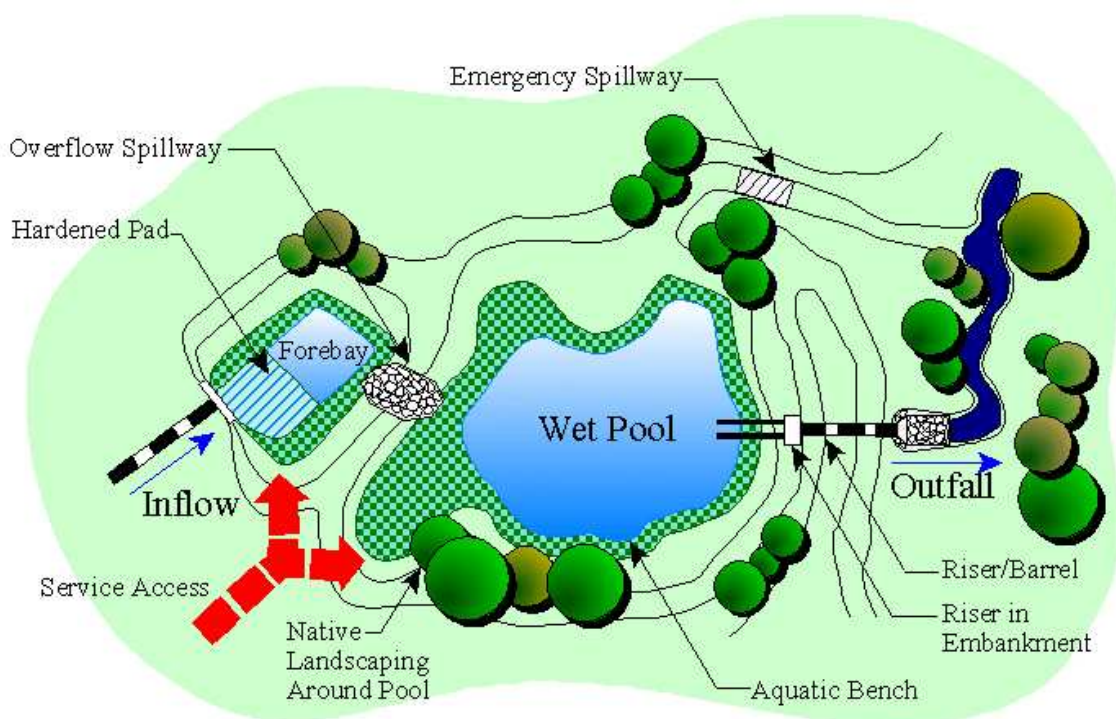


Figura 42 – Bacias de Retenção Úmidas (Wet Detention Ponds) Planta.
Fonte: Landphair, Mcfalls & Thompson, 2000.

Eles também podem incluir dispositivos mais complexos, tais como dispositivos de captura de materiais perigosos (HMTs), dissipadores de energia, caixas separadoras e estruturas de filtragem. Estes sistemas são projetados para manter o volume de descarga das águas pluviais até que este seja substituído pelo volume da próxima chuva (LANDPHAIR, MCFALLS & THOMPSON, 2000).

A remoção de poluentes primários é feita por sedimentação, que remove os sólidos suspensos. O volume permanente de água suporta a vegetação aquática que utiliza os nutrientes e pode degradar alguns contaminantes orgânicos. Esse volume permanente também ajuda a evitar a ressuspensão dos sedimentos que se acumula na lagoa. O volume de armazenamento da enxurrada é projetado para ser adicionado ao volume permanente da lagoa.

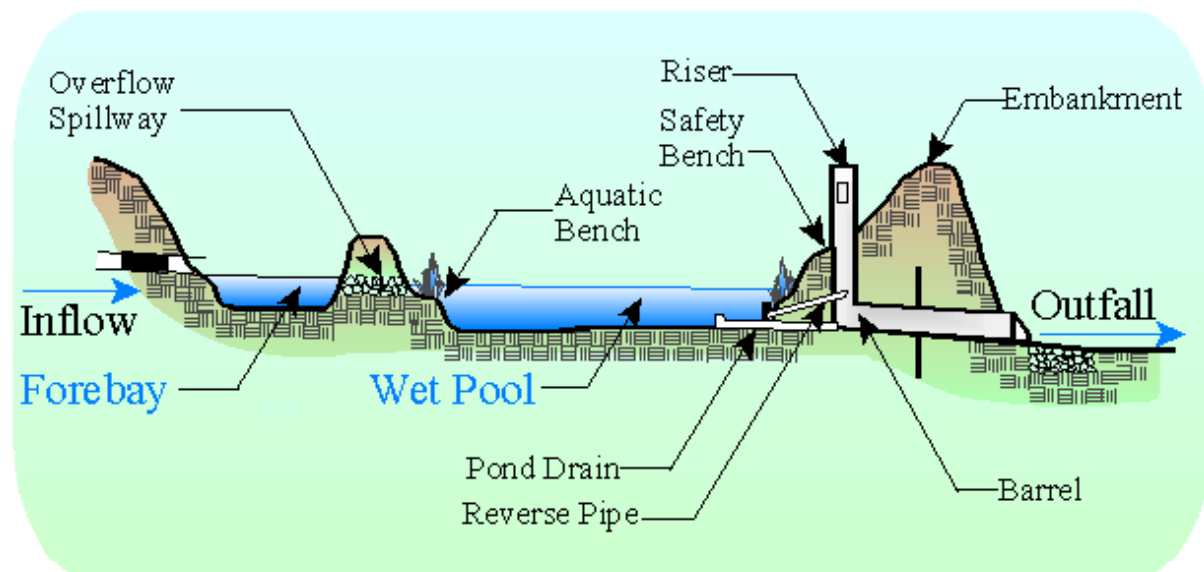


Figura 43 – Bacias de Retenção Úmidas (Wet Detention Ponds) Corte.
 Fonte: Landphair, Mcfalls & Thompson, 2000.

Toda a literatura e estudos realizados sobre o desempenho das lagoas úmidas, sugerem que eles são um dos melhores meios de tratamento de águas pluviais para os sólidos, metais, nutrientes e outros poluentes dissolvidos. O dimensionamento mostra que o tamanho de uma bacia deste tipo deve ter uma área de 4,05 hectares¹⁹ ou mais (LANDPHAIR, MCFALLS & THOMPSON, 2000).

A lagoa de água estagnada pode ser um incômodo, bem como um perigo, e exige que as instalações sejam cercadas por razões de segurança com relação à afogamentos e às condições sanitárias. Em regiões secas pode ser difícil manter a lagoa, onde o potencial de evaporação excede o escoamento anual, assim recomenda-se uma fonte de água próxima que alimente o sistema.

O volume permanente deve ser de um a três vezes o volume de água calculada para o aporte da drenagem, acrescido de 20 por cento para o armazenamento de sedimentos. O conceito é: “quanto maior o volume permanente, mais eficaz é o sistema”. O plantio de espécies aquáticas na lagoa, em seu volume de água permanente, tende a reforçar o desempenho.

¹⁹ dez acres.

O poço de pré-tratamento deve ser projetado para um volume igual a 25% do volume de drenagem previsto (HMT).

As atividades de manutenção incluem a drenagem da lagoa e a remoção do sedimento, pelo menos uma vez por ano, além de remoção do lixo trimestralmente e a manutenção da vegetação (LANDPHAIR, MCFALLS & THOMPSON, 2000).

c) Estruturas subterrâneas úmidas (Underground wet structures)

As estruturas subterrâneas úmidas são projetadas com as mesmas funções das bacias de retenção úmidas. Em formato de caixa, de um túnel ou abóbada, essas estruturas são todas do tipo tanque enterrado.

Da mesma forma que nas bacias úmidas, essas estruturas mantêm todo o volume de água de enxurrada, até que este seja substituído pelo volume da tempestade subsequente.

O volume de armazenamento da estrutura subterrânea úmida é o volume total da estrutura menos o volume de água permanente. A sedimentação atua como o principal mecanismo de remoção de poluentes, complementado por produtos químicos, processos bioquímicos, e pela atividade dos microrganismos no volume permanente, que auxilia na remoção de nutrientes e degrada alguns dos poluentes orgânicos. Entretanto, uma vez que estas estruturas são subterrâneas e não expostas ao sol direto, podem não possuir uma vegetação aquática.

d) Tratamento por wetlands (constructed wetlands)

Wetlands são áreas que permanecem permanentemente cobertas por uma lâmina d'água, pouco profunda por longos períodos, tais como pântanos, brejos, várzeas ou alagadas (KALDEC & KNIGHT, 1995 apud MARTINS et al., 2005), com capacidade para assimilar os poluentes lançados (VIEIRA & OLIVEIRA, 2001 apud MARTINS et al., 2005).

Os Wetlands construídos são muito similares às Bacias de Retenção Úmidas, mas tentam imitar as zonas úmidas naturais citadas acima, como várzeas etc., com as variações sazonais de volume de águas naturais para as diversas regiões. Estes sistemas coletam e armazenam o volume total de enxurrada, previsto em projeto, até que seja substituído pelo volume da próxima tempestade subsequente, ou ocorra

naturalmente a evaporação ou infiltração (LANDPHAIR, MCFALLS & THOMPSON, 2000).

Sobre os Wetlands construídos, existem duas concepções: as de fluxo superficial, e as de fluxo subsuperficial (KALDEC & KNIGHT, 1995 apud MARTINS et al., 2005). Cada tipo comporta variações de projeto e ainda podem ser combinadas em sistemas híbridos. A remoção desses poluentes ocorre através do meio biológico (micróbios, algas e plantas vasculares), sedimentação, volatilização, adsorção, filtração e precipitação. Vegetações enraizadas removem nutrientes através do solo, enquanto a vegetação não enraizada remove-os diretamente pela água. As Wetlands podem ser bastante efetivas na remoção de poluentes, tanto na fração solúvel quanto na particulada. Para isto devem ser utilizados em conjunto os mecanismos de remoção associados aos solos, à hidrologia e à vegetação. (NAMY, 1999). São um dos melhores meios de tratamento de águas pluviais para os sólidos, metais, nutrientes e outros poluentes dissolvidos.

A manutenção regular é essencial para o desempenho de todas Wetlands. Essa manutenção inclui: a drenagem da lagoa com a remoção do sedimento uma vez por ano; a inspeção regular mensal; remoção do lixo trimestral; e a manutenção da cobertura vegetal. As figuras 44 e 45, mostram esquemas das Wetlands:

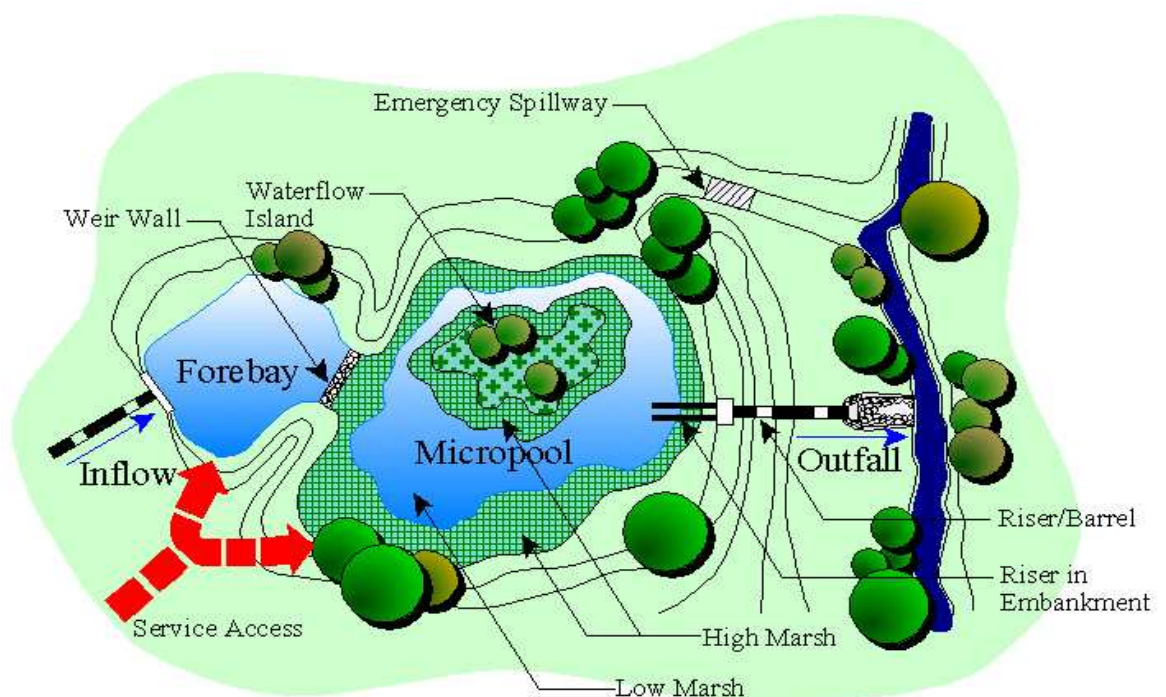


Figura 44 – Banhados construídos (Constructed Wetlands) Planta.
Fonte: Landphair, Mcfalls & Thompson, 2000.

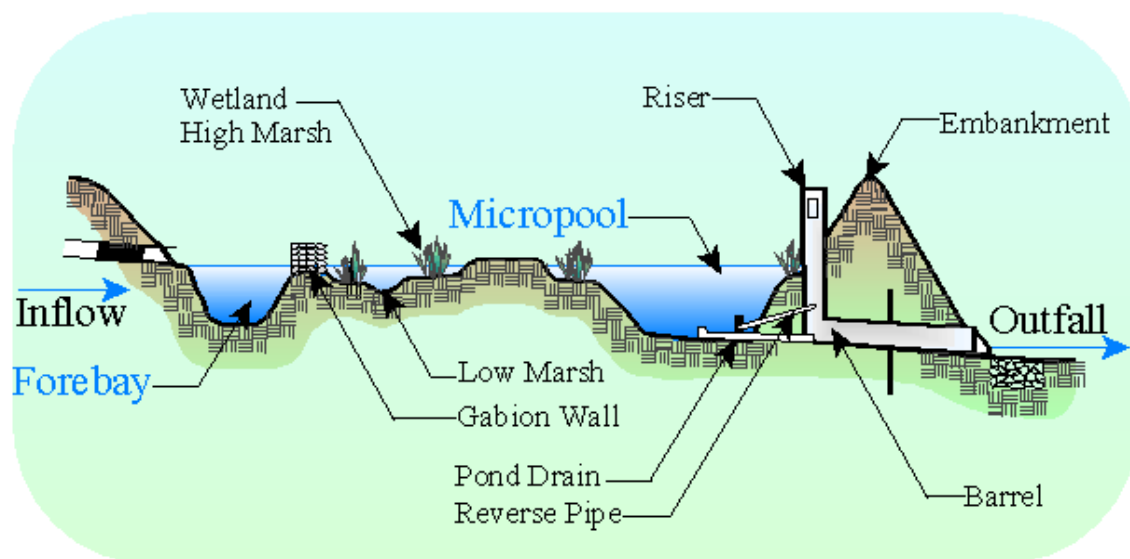


Figura 45 – Banhados construídos (constructed wetlands) Corte.
 Fonte: Landphair, Mcfalls & Thompson, 2000.

e) Wetlands de fluxo superficial e subsuperficial

Uma variação sobre a Wetland, é a separação dos conceitos de fluxo superficial e subsuperficial. Esses sistemas procuram reproduzir o comportamento das Wetlands naturais, particularmente quanto a um fluxo d'água superficial raso em meio à vegetação emergente, e no caso do subsuperficial, ao utilizar plantas com raízes flutuantes, onde o fluxo ocorre em meio a essas raízes. A figura 46 apresenta as características principais destes tipos de sistema: o dispositivo de entrada; a bacia propriamente dita; a vegetação; e o dispositivo de saída.

O dispositivo de entrada tem a função de lançar o afluente no sistema e otimizar a distribuição do fluxo na bacia. A vegetação é a principal responsável pela retenção de minerais e serve de suporte para populações microbiológicas essenciais ao funcionamento da Wetland. A água flui pela vegetação com raízes enterradas.

As Wetlands de fluxo subsuperficial diferem das de fluxo superficial pois são concebidas para que o fluxo de água ocorra pela passagem em meios porosos como as raízes suspensas de plantas, tanto em fluxos horizontais quanto verticais.

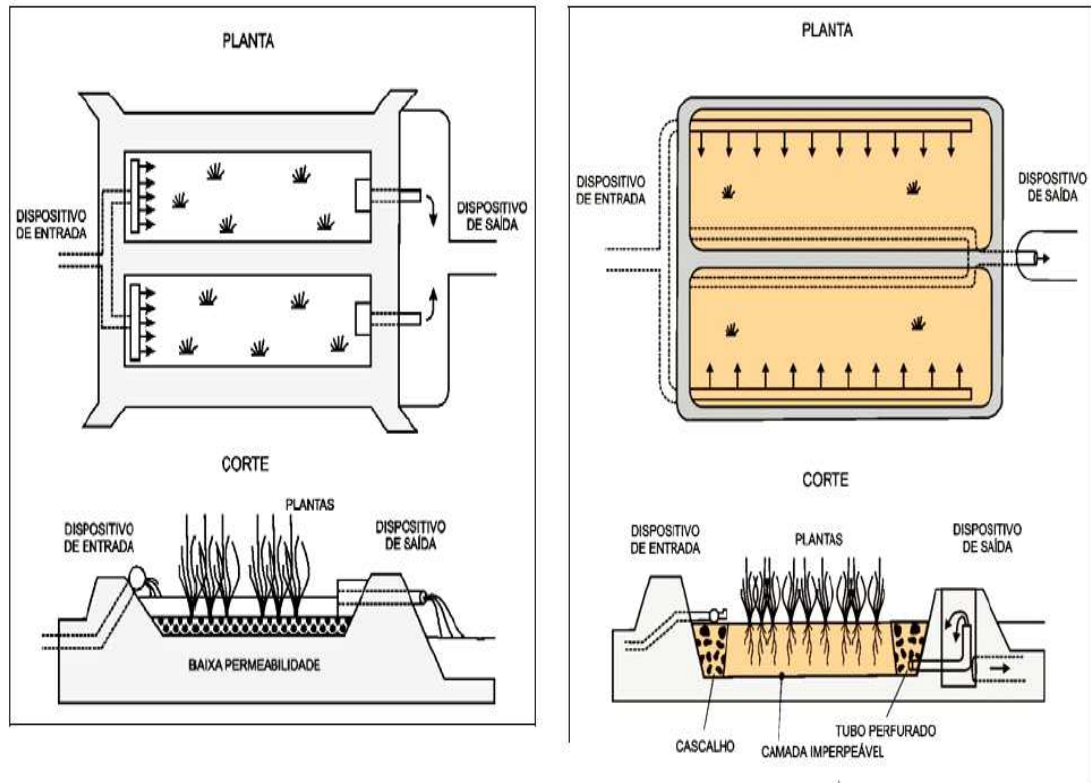


Figura 46 - Configurações típicas de uma Wetland de fluxo superficial e subsuperficial.

Fonte: Kaldec & Knight, 1995 apud Martins et al., 2005.

f) Biofiltração

Biofiltros são essencialmente uma combinação de componentes naturais de remoção de poluentes que tratam as águas pluviais por absorção, decomposição, filtração e outros processos naturais. Tem as características das baixadas gramadas, de sistemas de filtração, de detenção e de Wetlands.

A aplicação desse sistema é pequena em rodovias, devido ao espaço necessário para a sua implantação. A biofiltração pode ser aplicada em locais adjacentes a estacionamentos pavimentados, típicos de parques urbanos e de passeios.

Como as baixadas gramadas, o sistema de biofiltração é muito eficaz na remoção de óleo e graxa. Para aplicação em rodovia, uma estrutura de biofiltração é concebida para funcionar “off-line”. Um sistema de desvio de fluxo envia o volume da enxurrada à estrutura de biofiltração para o tratamento. Os requisitos de projeto

básico para um sistema de biofiltração exigem drenos, filtros de grama, filtros de areia, material orgânico e vegetação.

Uma instalação de biofiltração completa está ilustrada na figura 47.

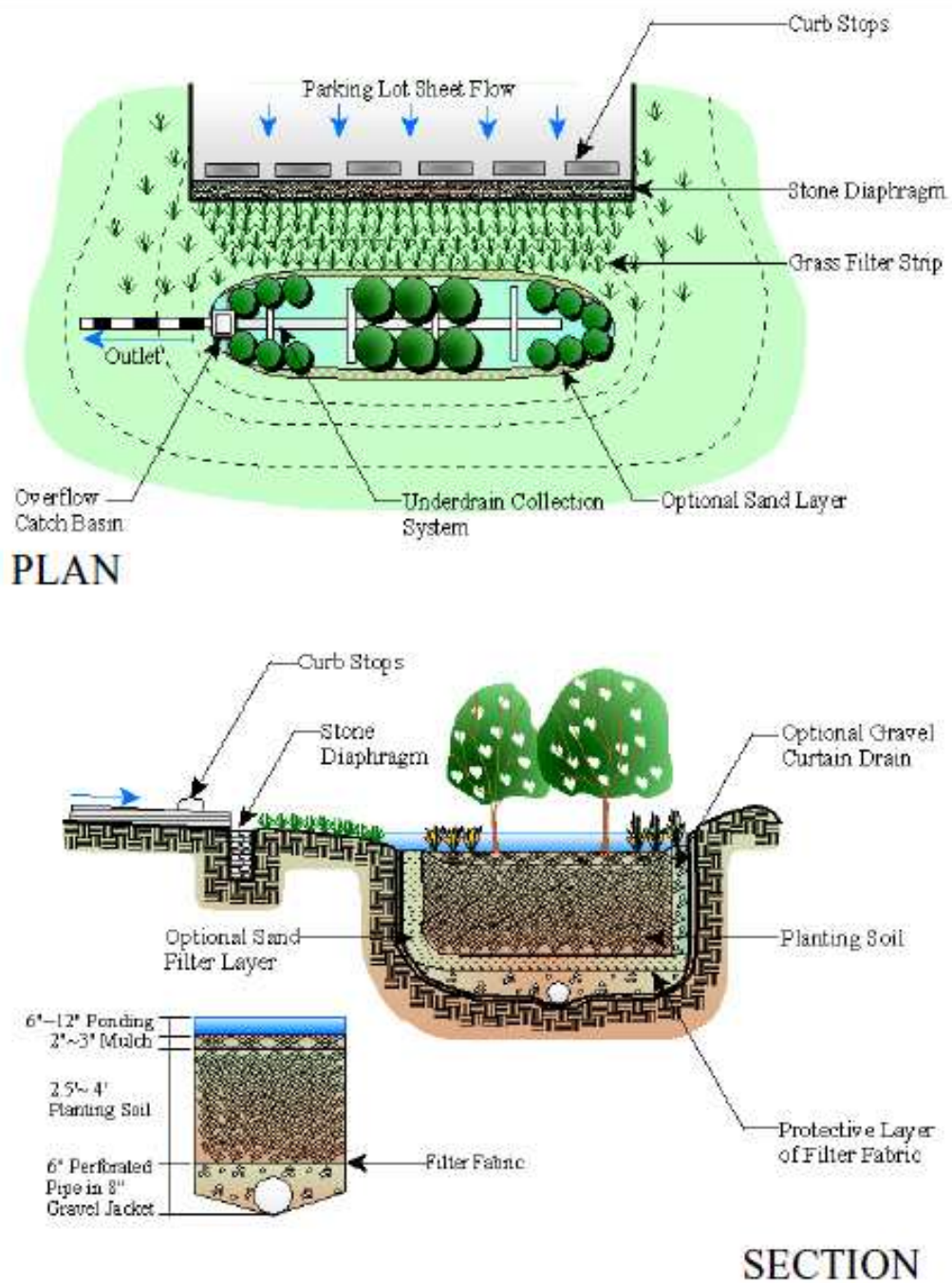


Figura 47 - Biofiltração, Planta e Corte.
 Fonte: Landphair, Mcfalls & Thompson, 2000.

A camada de filtração intercepta uma parte do escoamento, e ajuda a fornecer a aeração do solo adjacente à camada superior. A camada superficial do solo, com um bom nível de nutrientes, suporta o crescimento das plantas, e o teor de argila na terra ajuda a remover alguns poluentes por adsorção. A camada orgânica, mantida sobre a superfície, se destina ao desenvolvimento de microrganismos benéficos, e a vegetação na bacia têm a função de remover poluentes adicionais através de absorção e assimilação (LANDPHAIR, MCFALLS & THOMPSON, 2000).

A estrutura de entrada é destinada a reduzir a velocidade e espalhar o fluxo para uma faixa de vegetação de pré-tratamento de filtro. A faixa de pré-tratamento deve ser com muita vegetação, e inclinação de 1 à 5%, pois inclinações maiores não proporcionarão a redução de velocidade desejada e o tratamento. Outra característica, como um diafragma de pedra, tipo gabião, pode ser adicionado para reduzir velocidade e aumentar o pré-tratamento.

Em geral, a complexidade da biofiltração deve limitar a sua aplicação para situações onde o alto desempenho é desejado, como por exemplo, para as pequenas áreas de mananciais (LANDPHAIR, MCFALLS & THOMPSON, 2000).

g) Conclusões sobre os sistemas de tratamento BMPs

Landphair, Mcfalls & Thompson (2000), tecem uma série de conclusões sobre esses sistemas.

A caracterização da água de escoamento é muito difícil porque muda com a variação sazonal, com o uso do solo, com as condições atmosféricas, padrões de tráfego, e assim por diante. Devido à variabilidade de fontes poluentes, a caracterização da qualidade água de escoamento superficial tem de ser generalizada.

A definição de parâmetros de projeto para o controle de qualidade das águas pluviais é ainda mais complexo pelo fato de não existir consenso entre os órgãos reguladores dos EUA, quanto ao que constitui uma qualidade da água aceitável, como medi-la e que objetivos alcançar.

Para o calculo da vazão de água tratada de saída, também não há consenso.

A seleção do sistema de tratamento deve considerar as possibilidades e as limitações do local.

Os poluentes não são removidos de forma linear.

Não é possível que um único tratamento resolva o problema de remoção de todos os poluentes.

Mais do que um tipo de tratamento pode ser utilizado para atender aos objetivos do projeto, dependendo das características das águas pluviais e das metas de qualidade da água para essa situação específica.

O uso de sistemas de detenção para a decantação são limitados em função do espaço, os custos da obra, considerações de segurança, e dos danos potenciais de água parada para a saúde pública, por períodos de 48 a 72 horas.

Baixadas gramadas têm demonstrado ser muito eficazes para o tratamento da qualidade das águas pluviais, dado o caráter linear da estrada e da natureza relativamente barata desse sistemas.

A medição de sólidos totais é usada como um indicador geral, para medir a eficiência global de remoção de poluentes de um BMP.

Após uma revisão da literatura atual e práticas contemporâneas de transporte, é evidente que a questão da BMP de melhor custo-benefício não tem uma resposta simples.

O desempenho real dos vários BMPs não é bem entendido ou documentado.

Sistemas de detenção ou infiltração devem ser utilizados em vez de filtração para as grandes micro-bacias.

Das estruturas do tipo grande bacia, as bacias de detenção e infiltração demonstraram maior eficiência de remoção de poluentes. Entretanto ocupam grandes áreas para a detenção da água por 48 horas, que é o tempo para atingir o mais alto nível de remoção de poluentes. São os menos dispendiosos para construir e manter.

Os quadros 9 e 10 ilustram respectivamente, a porcentagem de remoção média constatada de poluentes em diversos tipos de tratamento, e a performance recomendada de remoção porcentual para projetos desse tipo.

Typical Pollutant Removal (Percent)					
BMP Type	Suspended Solids	Nitrogen	Phosphorus	Pathogens	Metals
Dry Detention Basins	30 - 65	15 - 45	15 - 45	<30	15 - 45
Wet Pond (Basins)	50 - 80	30 - 65	30 - 65	<30	50 - 80
Constructed Wetlands	50 - 80	<30	15 - 45	<30	50 - 80
Grassed Swales	30 - 65	15 - 45	15 - 45	<30	15 - 45
Vegetated Filter Strips	50 - 80	50 - 80	50 - 80	<30	30 - 65
Surface Sand Filters	50 - 80	<30	50 - 80	<30	50 - 80

Quadro 9 - Porcentagem típica de remoção de poluentes em BMPs.
 Fonte: US EPA, 1999 (apud Landphair, Mcfalls & Thompson, 2000).

Percent Pollutant Removal of Stormwater BMPs ^a						
	TSS	TP	TN	Pb	Zn	O&G ^b
Detention Ponds ^c	90 (47)	50 (19)	50 (25)	50	90 (26)	70
Wet Ponds	80	51	33	45	66	N/A
Infiltration Ponds	90	70	50	55	90	75%
Filters	85	59	40	45	85	N/A
Water Quality Swales	80	35	75	75	75	65
Stormwater Wetlands	75	50	30	50	60	N/A

- a. Values reflect average values that the literature suggests can be reasonably expected over time. Single observations may demonstrate substantial variation from these values.
- b. Oil and grease removal was not reported frequently enough to suggest a value for many BMPs.
- c. The values indicated are for detention times of 48 hrs or greater. The values in parenthesis are for detention times of 24 hours.

Quadro 10 - Porcentagem recomendada para a remoção de poluentes em projetos BMP.
 Fonte: TxDOT, 1999 (apud Landphair, Mcfalls & Thompson, 2000).

6.5 Critérios de Instalação

Sobre critérios de instalação destes sistemas, as únicas indicações legais específicas localizadas encontram-se no código municipal de ordenamento urbano da cidade de San Antonio, estado do Texas, nos EUA, sobre a zona de recarga do Aquífero Edwards e proteção de mananciais, que sita no capítulo 34, sobre água e esgoto (SAN ANTONIO, 2010):

[...] *Sec. 34-965. Street improvements.*

(a) All roadway projects with anticipated, or actual Average Daily Traffic (ADT) volumes in excess of one thousand five hundred (1,500) vehicles per day shall be required to design, construct, operate, and maintain sedimentation and filtration basins to capture and treat the first flush runoff from the roadway. In addition, all roadway projects with anticipated or actual ADT volumes in excess of thirty thousand (30,000) vehicles per day shall be required to design, construct, operate, and maintain hazardous materials traps (HMT's) that will capture, contain and isolate a hazardous spill on the roadway facility. The minimum volume of the HMT's shall be ten thousand (10,000) gallons²⁰ and they shall contain a self-draining outlet and an emergency cut off to contain any spilled materials.

(b) All bridge structures with ADT in excess of one thousand five hundred (1,500) vehicles per day shall be prohibited from discharging directly to the floodplain preservation area from the roadway surface. These bridges shall be designed to transport the stormwater off the bridge structure and into a sedimentation pond, filtration pond, or equivalent system as approved by SAWS as long as it provides equal water quality protection.[...]

Conforme visto acima, esta legislação fornece parâmetros sobre onde implantar estruturas de contenção (HMTs), e sistemas de tratamento (BMPs), em função de volumes de tráfego, bem como estabelece o volume dos sistemas. Também indica a segregação da drenagem de pista, em pontes, e a utilização de sistemas de tratamento em áreas de manancial, em função do volume de tráfego.

Em State of North Carolina (2010) encontra-se um guia para projeto de bacias de derrames de produtos perigosos. São feitas referências ao recurso hídrico a ser protegido, recomendando-se uma distância de 1.609,34 metros²¹ de mananciais para abastecimento público, enquadrados na legislação de águas como de classe especial, e 805 metros para outras classes de abastecimento indicadas para o consumo humano. Recomenda-se o volume de 38 m³, mais o volume estimado para o escoamento superficial do trecho da pista correspondente, relativo a uma chuva com período de retorno de dois anos, por um intervalo de tempo compatível com o acionamento de equipes de emergência (IPT, 2004).

²⁰ 10.000 galões americanos equivalem a 37,854 m³

²¹ 1 milha equivale a 1 609,34 metros.

6.6 Sistemas de monitoramento e tratamento em Portugal.

Em Barbosa et al. (2008) nota-se que poucos sistemas de tratamento são efetivamente monitorados nos EUA. Dessa forma foi montado um plano de monitoramento de estradas em Portugal, pelo LNEC e Estradas de Portugal S.A. para 5 rodovias, e centralizados dados de outros estudos anteriores de mais 7 estradas.

Os sistemas monitorados foram assim classificados :

- Estações de tratamento;
- Tanques de separação de hidrocarbonetos;
- Separador de hidrocarbonetos e bacia de detenção em terra;
- Bacias de decantação;
- Bacia multifuncional;
- Bacia de decantação com tanques de separação de óleos;
- Vala relvada com bacia de retenção;
- Sistema de contenção de risco;
- Bacia de retenção;
- Bacia de retenção e de infiltração;
- Bacia de retenção com leito filtrante;
- Bacia de detenção;
- Bacia de pré-tratamento;

Como um exemplo desse tipo de monitoramento, na região da auto-estrada A23, ligação Covilhã Norte, têm-se quatro bacias de decantação (ALBUQUERQUE, BARBOSA & ALBUQUERQUE, 2006), em função de uma Reserva Ecológica Nacional.

Para a ligação Covilhã Norte, a idéia foi a de captar a drenagem do pavimento, encaminhar, tratar e lançar no corpo hídrico de Ribeira de Corges, com carga poluente reduzida. O dimensionamento das quatro bacias teve como objetivo tratar por decantação os poluentes presentes nas águas, por um período mínimo de 3 h,

para uma precipitação média de 41 mm, com a capacidade adicional de acumular volumes entre duas precipitações consecutivas.

As bacias foram caracterizadas por apresentarem duas zonas principais, a do desengordurador e da decantação, ilustradas nas figura 48.

Foi feito um programa para o monitoramento das águas afluentes, em processo, e na saída. Também a inserção de poços para se verificar a qualidade das águas do lençol, e checar a eficiência do tratamento, conforme ilustra a figura 49.

Como exemplo, a Bacia 3 que foi monitorada possui uma área drenada de 4016 m². Essas foram divididas em subáreas respectivamente, de 1200 m² para taludes permeáveis, e 2816 m² para a faixa de rolamento. Os resultados do monitoramento ainda estão sendo avaliados.

A foto 13 ilustra a Bacia de Decantação Covilhã Norte. Alguns resultados sobre o monitoramento são exibidos em Barbosa et al. (2008) como ilustra o quadro 11.

Em Barbosa et al. (2008) apresentam-se também: a análise detalhada de outros estudos de caso e algumas conclusões.

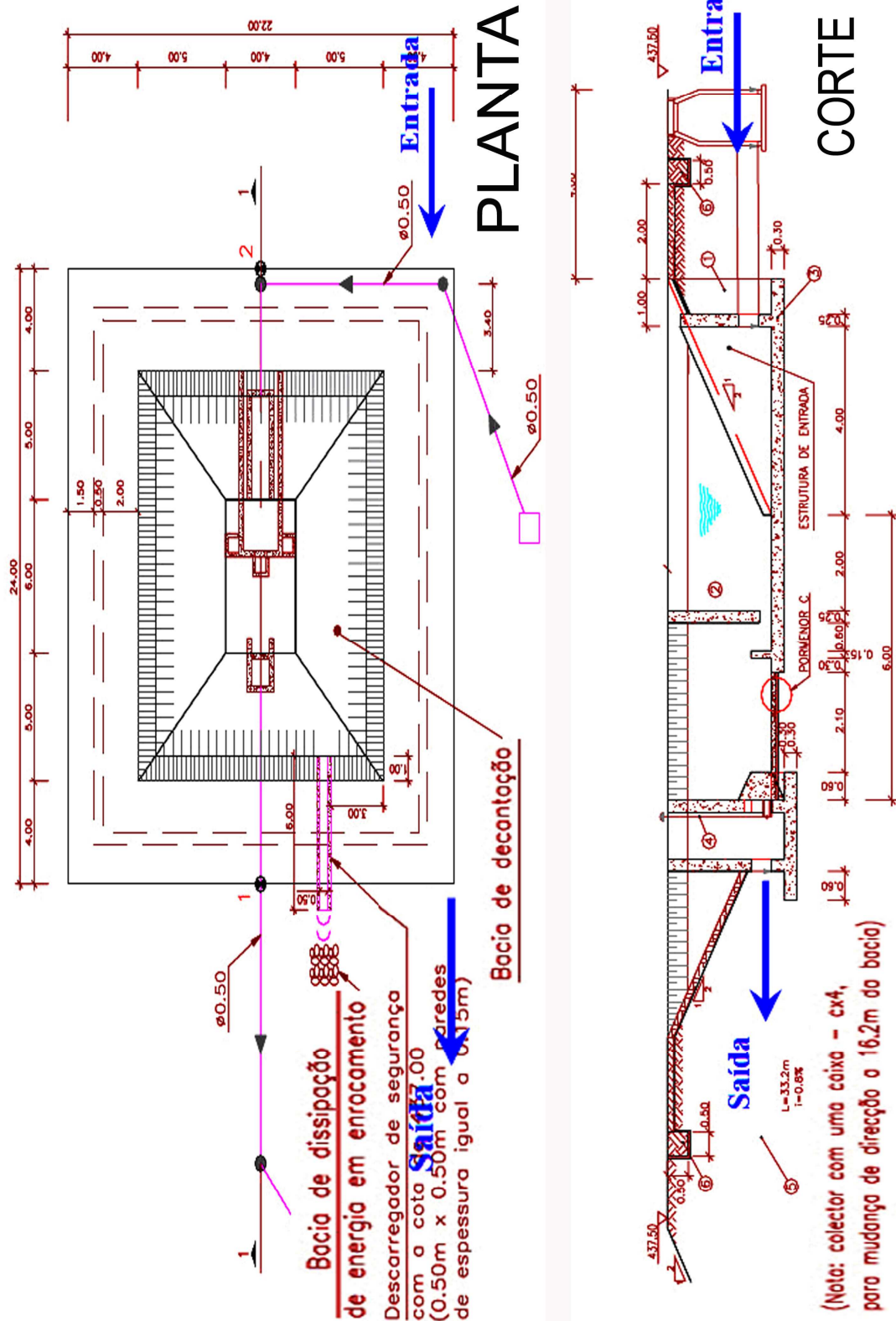


Figura 48 – Bacias de decantação Covilhã Norte, Planta e Corte.
 Fonte: Adaptado de Albuquerque, Barbosa & Albuquerque, 2006.

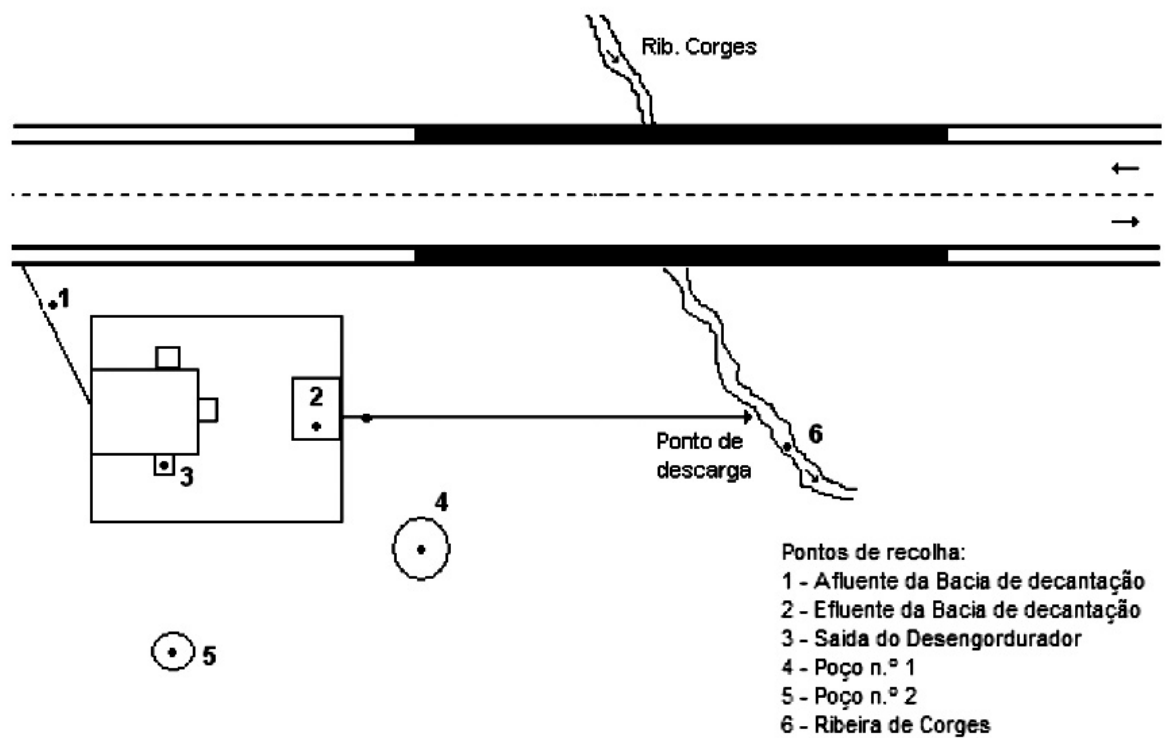


Figura 49 – Bacias de decantação Covilhã Norte, Bacia 3, locais de amostragem.
 Fonte: Albuquerque, Barbosa & Albuquerque, 2006.



Foto 13 – Bacia de decantação Covilhã Norte.
 Fonte: Barbosa et al., 2008.

Campanha de amostragem	Parâmetro	Unidades	Afluente à bacia	Efluente do desengordurador	Efluente da bacia
1ª (15 de Janeiro de 2006)	SST	mg/L	10,00	15,00	12,50
	CQO	mg/L	13,85	30,40	25,55
	Amónia	mg/L	< 0,02	< 0,02	< 0,02
	Nitratos	mg/L	< 0,10	< 0,10	< 0,10
	Cu	mg/L	0,006	0,008	0,016
	Cr	mg/L	0,003	0,003	0,004
	Zn	mg/L	0,26	0,20	< 0,10
	O&G	mg/L	0,26	0,25	0,43
	HAP	µg /L	0,18	0,17	0,45
2ª (3 de Maio de 2006)	SST	mg/L	145,00	36,67	60,00
	CQO	mg/L	451,67	293,33	383,67
	Amónia	mg/L	2,45	1,17	1,48
	Nitratos	mg/L	31,13	17,77	21,70
	Cu	mg/L	0,02	0,01	0,01
	Cr	mg/L	0,02	0,01	0,01
	Zn	mg/L	0,78	0,20	0,04
	O&G	mg/L	0,98	0,72	0,69
	HAP	µg /L	0,37	0,41	0,85
3ª (15 de Novembro de 2006)	SST	mg/L	180,00	56,67	43,33
	CQO	mg/L	180,67	79,00	51,33
	Amónia	mg/L	1,06	0,62	0,60
	Nitratos	mg/L	14,67	2,70	5,10
	Cu	mg/L	0,013	0,002	0,002
	Cr	mg/L	0,006	0,001	0,003
	Zn	mg/L	0,66	0,23	0,12
	O&G	mg/L	—	—	—
	HAP	µg/L	0,48	0,21	<0,20

Quadro 11 – Bacias de decantação Covilhã Norte, Comparação de concentrações médias dos locais de amostragem em 3 campanhas. Fonte: adaptado de Albuquerque (2006 apud BARBOSA et al., 2008).

7 LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS

Neste capítulo são relacionados os marcos legais considerados pertinentes ao assunto que norteiam, a implantação desses sistemas. Com a finalidade de não desviar o objetivo desta pesquisa e devido a amplitude do assunto, aspectos complementares encontram-se incluídos no Apêndice – 3.

7.1 Transporte de produtos perigosos no Brasil

Conforme o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2010):

- O Decreto- Lei 2.063/83, dispõe sobre multas a serem aplicadas por infrações à regulamentação para a execução do transporte rodoviário de Produtos Perigosos.
- O Decreto- Lei 88.821/83, aprova o regulamento para a Execução do serviço de transporte rodoviário de cargas ou produtos perigosos.
- O Decreto 96.044/88, que aprova o Regulamento para o transporte de produtos perigosos no Brasil, e dá outras providências como estabelece a obrigatoriedade de comunicação da origem, do destino e da classe de risco ao DNIT, autoriza o Inmetro a proceder a certificação dos veículos, tanques e embalagens, a obrigatoriedade do uso de tacógrafo, bem como direciona o roteiro da viagem tentando evitar áreas de manancial, de reserva ambiental, densamente povoadas ou ainda nos horários de pico, além de obrigar a sinalização adequada dos veículos.
- A Lei 7.802/89 e alterações, dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização, de agrotóxicos, seus componentes, e afins, e dá outras providências.
- Portaria MT 204/97, detalha o regulamento de transporte de produtos perigosos, inclusive a classe de embalagem.
- Portaria ANP 81/99, dispõe sobre o re-refino de óleos lubrificantes usados ou contaminados, e dá outras providências.

- Portaria ANP 125/99, regulamenta a atividade de recolhimento, coleta e destinação final do óleo lubrificante usado ou contaminado.
- Portaria ANP 127/99, regulamenta a atividade de coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado a ser exercida por pessoa jurídica sediada no País.
- Portaria ANP 28/99, regulamenta atividade industrial de re-refino de óleo lubrificante usado ou contaminado a ser exercida por pessoas jurídica sediada no País.
- O Decreto 3.179/99, dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às condutas e atividades lesivas ao Meio Ambiente.
- Portaria CAT 81/99, disciplina o procedimento de coleta, transporte e recebimento de óleo lubrificante usado ou contaminado
- Lei 9.966/00, dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências.
- Portaria CAT 60/00, complementa a portaria CAT-81/99, que disciplina o procedimento de coleta, transporte e recebimento de óleo lubrificante usado ou contaminado.
- Decreto 4.136/02, dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às infrações às regras de prevenção, controle e fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional prevista na Lei 9.966/00, e dá outras providências.
- A Portaria MT-349/02, aprova as Instruções para a Fiscalização do Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos no Âmbito Nacional.
- Decreto 4.871/03, dispõe sobre a instituição dos Planos de Áreas para o combate à poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências.
- Resolução ANTT 420/04, e a 701/04, aprovam as instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos, e detalham as classes de risco, as limitações de quantidades por veículo e embalagem.
- Resolução Conama 362/05, estabelece novas diretrizes para o recolhimento e destinação de óleo lubrificante usado ou contaminado.

- Resolução CONTRAN 181/05, disciplina a instalação de múltiplos tanques, tanque suplementar e alteração da capacidade do tanque original de combustível ou veículos.
- Resolução ANTT 1644/06, e a 2657/08, alteraram o anexo à Resolução 420/04, que aprovou as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos.
- Lei 11.445/07, estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e a gestão de resíduos.

No Brasil e no Mercosul, as atividades de transportes de carga em seus diversos modais, são considerados perigosos os produtos classificados pela ONU e publicados no Modelo de Regulamento - Recomendações para o Transporte de Produtos Perigosos conhecido como “Orange Book” da “United Nations - Recommendations on the Transport of Dangerous Goods” (CETESB, 2010).

7.2 Normas da ABNT

- NBR 10004; sobre a classificação de resíduos sólidos (1987).
- NBR 12235; sobre o armazenamento de resíduos sólidos perigosos (1992).
- NBR 14980; sobre o tanque para transporte rodoviário de produtos líquidos à granel, destinados ao consumo humano ou animal – requisitos (2003).
- NBR 12982; sobre a desvaporização de tanque para transporte terrestre de produtos perigosos – classe de risco 3 – líquidos inflamáveis (2003). Versão Corrigida: 2007.
- NBR 14064; sobre o atendimento a emergência no transporte terrestre de produtos perigosos (2003).
- NBR 14095; sobre a área de estacionamento para veículos rodoviários de transporte de produtos perigosos (2008).
- NBR 14619; sobre o transporte terrestre de produtos perigosos - incompatibilidade química (2005). Emenda 1: 2006. Versão :2009.
- NBR 7501; sobre o transporte terrestre de produtos perigosos – terminologia (2005).

- NBR 7503; sobre a ficha de emergência e envelope para o transporte terrestre de produtos perigosos – características, dimensões e preenchimento (2005). Versão Corrigida 2: 2009.
- NBR 9735; sobre o conjunto de equipamentos para emergências no transporte terrestre de produtos perigosos (2008). Versão Corrigida: 2009.
- NBR 10271; sobre o conjunto de equipamentos para emergências no transporte rodoviário de ácido fluorídrico (2005).
- NBR 15480; sobre o transporte rodoviário de produtos perigosos - Plano de ação de emergência (PAE) no atendimento a acidentes (2007).
- NBR 15481; sobre o transporte rodoviário de produtos perigosos - Requisitos mínimos de segurança (2007).Emenda1: 2008.
- NBR 7500; sobre a identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos (2009). Versão Corrigida: 2009.

Conforme informações verbais da Abiquim, a NBR 7500 encontra-se em fase final de revisão para a uniformização com o Mercosul e ainda não existe normatização no Brasil para a certificação de embalagens de três tipos de produtos perigosos: gases, radioativos e infectantes.

7.3 Resoluções do Inmetro

- RTQ-05; sobre a inspeção de veículos rodoviários para o transporte de produtos perigosos.
- RTQ-7i; sobre a inspeção periódica de equipamentos para o transporte rodoviário de produtos perigosos a granel – líquidos com pressão de vapor até 175 kpa.
- RTQ-7c; sobre a inspeção na construção de equipamentos para o transporte rodoviário de produtos perigosos a granel – líquidos com pressão de vapor até 175 kpa.

7.4 Sobre a área do estudo de caso

A Lei 12.233/06, regulamentada pelo Decreto 51.686/07, declarou a Bacia Hidrográfica do Guarapiranga como manancial de interesse regional para o abastecimento público e criou a Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais

da Bacia Hidrográfica do Guarapiranga (APRM-G), situada na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI do Alto Tietê. Destacam-se dois artigos sobre a drenagem e sistema de resposta a acidentes ambientais, no referido decreto:

- do artigo 29, sobre áreas urbanas, parágrafo II, item c:

[...] c) sistemas de drenagem incluindo, sempre que cabível, mecanismos capazes de controlar o carreamento de cargas difusas aos corpos d' água; [...]

- do artigo 61, caput:

[...] Os gestores das vias existentes nas Subáreas Especial Corredor (SEC), deverão, em articulação com as Prefeituras Municipais e segundo orientação da Cetesb, elaborar um programa de gerenciamento de riscos e sistema de resposta a acidentes ambientais relacionados ao transporte, estacionamento e transbordo de cargas perigosas. [...]

- do artigo 85, sobre os componentes do Sistema Gerencial de Informações:

[...] IX - informação das rotas de transporte das cargas tóxicas e perigosas;

§ 4º - A Cetesb, em articulação com os municípios, disponibilizará ao SGI as informações sobre as rotas de transporte das cargas tóxicas e perigosas na APRM-G. [...]

8 ESTUDO DE CASO: RODOANEL MARIO COVAS TRECHO SUL

Este capítulo trata do estudo de caso proposto por essa pesquisa. São separados os dados relativos à identificação da necessidade de implantação dos sistemas de captura de produtos perigosos, em documentos técnicos relativos ao empreendimento.

No estudo da Avaliação Ambiental Estratégica (DERSA & FESPSP, 2004a), elaborado para se avaliar a implantação do Rodoanel em etapas, o Trecho Sul foi classificado como a segunda etapa a ser implantada. Suas obras foram iniciadas em 2007 e finalizadas em maio de 2010.

8.1 Traçado e áreas de influência

O traçado do Rodoanel Mário Covas localiza-se no estado de São Paulo, e mais especificamente o Trecho Sul na porção Sudeste e Sul da Região Metropolitana do município de São Paulo (RMSP). Seu traçado em mapa foi apresentado no primeiro capítulo desse estudo.

O traçado inicia-se na extremidade sul do Trecho Oeste, junto ao entroncamento com a Rodovia Régis Bittencourt, BR-116. Estende-se por 57 km, quase que totalmente na área das bacias dos Reservatórios Guarapiranga e Billings, até o Bairro de Sertãozinho, na região sudoeste do Município de Mauá, próximo às divisas com os municípios de Santo André e Ribeirão Pires.

A área do empreendimento pode ser dividida em duas:

Área de Influência Indireta - All: corresponde às porções territoriais por onde passam as rodovias radiais interligadas na conexão com o Trecho Oeste, Raposo Tavares, Régis Bittencourt, Anchieta e Imigrantes. Atravessa 17 municípios do Estado de São Paulo: Cotia, Diadema, Embu-Guaçu, Embu, Ferraz de Vasconcelos, Itapeverica da Serra, Mauá, Poá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano, São Lourenço da Serra, São Paulo, Suzano, e Taboão da Serra.

Área de Influência Direta - AID: compreende uma porção territorial de 500 metros além das alternativas ou variantes mais externas estudadas do traçado. Insere parte dos municípios de: Embu, Embu-Guaçu, Itapeverica da Serra, São Paulo, São Bernardo do Campo, Santo André, Ribeirão Pires, e Mauá.

8.2 Projeto

O Rodoanel adotou a concepção das rodovias de classe zero, ou seja, velocidade diretriz de 100 km/h, canteiro central, três a quatro pistas de rolamento em cada sentido com acessos controlados e poucos (DERSA & ITSEMAP, 2010). São apenas quatro acessos diretos ao Trecho Sul: as rodovias Régis Bittencourt, Imigrantes, Anchieta e a Avenida Papa João XXIII, uma via urbana de interesse metropolitano, no extremo leste do trecho em estudo, com todos os cruzamentos em desnível através de obras de arte especiais - OAE.

Por atravessar uma área de mananciais, o Trecho Sul apresenta um número significativo de cruzamento em pontes, incluindo 3 pontes sobre os reservatórios: na represa Guarapiranga com 280m de extensão; e na Billings duas pontes com 800 e 1800 metros de extensão, respectivamente.

Com base nas diretrizes de projeto, admitiu-se dois tipos de faixa de domínio padrão, com as larguras de 130 metros a 160 metros.

O Diagnóstico de Risco no Transporte de Produtos Perigosos do EIA (DERSA & FESPSP, 2004b) destacou alguns aspectos entre o projeto do empreendimento e elementos ambientais relevantes, relacionados à presença de corpos d'água, com interferência direta, tais como:

- Bacia de drenagem da Represa Billings - longos trechos de paralelismo e duas transposições, uma de 540 m e outra com 1650 m, aproximadamente;
- Represa Billings – o empreendimento margeia o reservatório, com quatro cruzamentos com cerca de 200 m de extensão. Além disso, paralelismo com a Estação de Captação de Águas da Sabesp.

Visando a proteção da captação da Sabesp, situada no braço do rio Grande, junto à Rodovia Anchieta, o projeto contemplou a separação e condução de toda a drenagem de pista, com aproximadamente 1,5 km a montante (Latitude 23°45'30"e Longitude 46°31'15"), diretamente para jusante desta. Isto permitiu o desvio de qualquer vazamento mais próximo para um ponto a jusante da captação.

O sistema de drenagem da via foi desenvolvido adequando-se às necessidades dos riscos ambientais. Nos trechos identificados como críticos que

necessitavam de proteção contra cargas perigosas, a drenagem foi desvinculada da drenagem externa, reduzindo os potenciais problemas. Esse foi o primeiro indicativo ao uso de sistemas diferenciados em determinados trechos da via (DERSA & ITSEMAP, 2010).

8.3 Características Básicas da Área de Estudo

Sobre o Clima, a área do empreendimento está inserida em uma zona climática de transição, ou seja, clima subtropical com a temperatura média do mês mais frio, em julho de 13,6°C, e temperatura média do mês mais quente, em fevereiro de 28°C. A média pluviométrica do mês mais seco, em agosto de 38,9mm, e média pluviométrica do mês mais úmido, em fevereiro de 238,7mm. O inverno caracteriza-se como um período seco, de estiagem, e o verão como um período quente e úmido.

Os recursos hídricos são de fundamental importância para a área de estudo, uma vez que a região encontra-se associada a estratégicas áreas de mananciais de abastecimento público da RMS, representadas principalmente pelas represas de Guarapiranga, Billings e seu entorno, que se encontram caracterizados no item a seguir.

8.4 Recursos Hídricos Superficiais da área de estudo

O empreendimento e sua área de influência direta estão localizados dentro dos limites da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, pertencente à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Alto Tietê (UGRHI-06), que tem o Rio Tietê como o principal rio da bacia, e também se encontra inserido nos limites das sub-bacias da Guarapiranga e Billings (DERSA & FESPSP, 2004b).

A área em estudo atravessa áreas gerenciadas pelos Sub-Comitês Cotia-Guarapiranga e Billings-Tamanduateí, cada uma com um processo específico de desenvolvimento dos instrumentos de planejamento e gestão.

A Bacia da Guarapiranga é definida como Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais (APRM), por meio do Decreto Estadual 51.686/07 que regulamenta a Lei estadual 12.233, de 16 de janeiro de 2006, conhecida como Lei do Guarapiranga.

Em relação ao Decreto Estadual 10.755/77 sobre o enquadramento de corpos d'água para fins de monitoramento de qualidade, os recursos afetados diretamente

pelo empreendimento encontram-se em sua maioria enquadrados como classe 1 ou 2, ou seja, são corpos d'água destinados ao abastecimento humano, a usos recreativos, de irrigação e à proteção da vida aquática, o que tornam ainda mais importantes os corpos d'água pertencentes a estas bacias em termos de conservação e uso humano.

O reservatório da represa Billings é um dos maiores reservatórios de água da Região Metropolitana de São Paulo. Tem aproximadamente 100 Km² e sua bacia hidrográfica estende-se por mais de 500 km², nos municípios de Ribeirão Pires, Diadema, Rio Grande da Serra, São Bernardo do Campo, Santo André e São Paulo (SABESP, 2010 apud DERSA & ITSEMAP, 2010).

O trecho a montante do Rio Grande, formador do reservatório Billings, foi separado por uma barragem do corpo principal. Nas margens desse trecho do Rio Grande, foi instalada junto à barragem, uma captação com uma estação elevatória de água bruta que alimenta a ETA Rio Grande. Essas águas são utilizadas para o abastecimento público da região (FUSP, 2008 apud DERSA & ITSEMAP, 2010). Este braço da represa produz 4,8 mil litros de água por segundo e abastece 1,6 milhão de pessoas em Diadema, São Bernardo do Campo e parte de Santo André (SABESP, 2010 apud DERSA & ITSEMAP, 2010). A tabela 2 ilustra a vazão dos sistemas Guarapiranga e Rio Grande.

Juntamente com outras captações, a represa fornece água para 20 % da população da Grande São Paulo, o que representa dois milhões e meio de pessoas.

Estes mananciais localizam-se sob influência direta do empreendimento e das possíveis conseqüências ambientais advindas de acidentes envolvendo produtos perigosos em sua operação.

Tabela 2 - Análise da Situação dos Sistemas Produtores em 2008

Sistemas Produtores	Vazão Garantida com 95 % (m3/s)⁽¹⁾	Totais Disponíveis (m3/s)	Produção da SABESP (m3/s)⁽²⁾	Percentual de Utilização (%)
Guarapiranga	13	15,5	14,0	108%
Rio Grande	4,0	4,8	4,8	122%

(1) Billings com 2,0 m3/s e Capivari com 1,05 m3/s

(2) www.sabesp.com.br

Fonte: FUSP, 2008 apud DERSA & ITSEMAP, 2010

8.5 EIA do Rodoanel

A equipe responsável pela elaboração do EIA montou uma Matriz de Interação para a identificação de impactos ambientais, que consiste basicamente no cruzamento entre as ações potencialmente impactantes do empreendimento e os componentes ambientais passíveis de serem afetados pelas mesmas.

A partir da compreensão dos impactos potenciais, com a utilização da Matriz de Interação entre ações impactantes e componentes ambientais, formularam-se as medidas ambientais, que foram classificadas como preventivas, mitigadoras ou compensatórias.

O conjunto proposto de Medidas Preventivas, Mitigadoras ou Compensatórias, foi estruturado em Programas Básicos Ambientais (PBAs), que agrupam conjuntos de medidas (DERSA & FESPSP, 2004b).

Os PBAs foram agrupados em três fases: pré-construção, construção e operação, de acordo com o cronograma previsto de obras e a relevância de cada programa com relação às mesmas.

Para se averiguar que todos os impactos do empreendimento fossem abrangidos pelas medidas preventivas, mitigadoras ou compensatórias propostas, e permitir uma visão global dos PBAs, foi elaborada uma matriz de verificação, ou Matriz de Cruzamento de Impactos por Medidas. Essa matriz associa os impactos potenciais às medidas propostas, permitindo por meio da análise de cada item, a

verificação de que todos os impactos identificados fossem objeto de alguma forma de prevenção, mitigação ou compensação.

Em seguida procedeu-se à análise de todos os impactos incidentes sobre cada componente ambiental afetado, em conjunto com todas as medidas propostas em relação a ele, de maneira a obter-se uma visão integrada dos impactos resultantes no componente. Essa análise incluiu a avaliação de alguns atributos individuais de cada impacto, como vetor, intensidade, abrangência geográfica, reversibilidade e temporalidade, cujo resultado foi um balanço consolidado com a identificação das perdas ambientais segundo cada componente ambiental afetado (DERSA & FESPSP, 2004b).

8.6 Impactos Resultantes sobre os Recursos Hídricos Superficiais

Uma vez montada a Matriz de ações impactantes e componentes ambientais, foram identificadas as ações impactantes da rodovia nas diversas fases, e sua influência nos meios físico, biótico e antrópico.

Os impactos potenciais sobre os recursos hídricos superficiais identificados no EIA são os seguintes:

- Alterações no regime fluviométrico de cursos d'água durante a construção e operação;
- Alteração da distribuição do risco de contaminação dos recursos hídricos por acidentes com cargas perigosas durante a operação;
- Contaminação do lençol freático nos recursos hídricos subterrâneos;
- Contaminação de solo por vazamento de produtos perigosos.
- Alteração na qualidade das águas corpos hídricos pelo escoamento das águas pluviais conduzindo a carga difusa, durante a operação;

Também para o meio biótico, identificou-se a alteração no nível e distribuição espacial do risco de contaminação da fauna aquática e edáfica por acidentes com cargas tóxicas.

O EIA ressalta que o empreendimento não pode garantir a não ocorrência de acidentes com cargas perigosas no trecho de contribuição do braço do Rio Grande. Entretanto, afirma que não existiria a possibilidade do comprometimento da água

captada pela Sabesp, com o deságüe da drenagem de pista a 1,5 km da captação, em função das simulações e dos limites legais adotados pelos órgãos ambientais.

A avaliação da análise de riscos, quanto ao risco de vazamentos de produtos perigosos em função de acidentes, com base no Trecho Oeste do Rodoanel, avaliou esse risco em $9,4 \times 10^{-8}$ acidentes/caminhões/ano. Com base no comprimento do Trecho Sul e o carregamento médio projetado para o ano 2010, calculou-se a taxa de 0,34 acidentes/ano no trecho entre a Régis Bittencourt e a rodovia dos Imigrantes, e de 0,058 acidentes/ano (ou 1 acidente a cada 35 meses) entre as rodovias Imigrantes e Anchieta, e 0,029 acidentes/ano entre a rodovia Anchieta e a Papa João XXIII.

8.7 Simulações no Trecho Sul

Algumas simulações de hipóteses acidentais foram realizadas para verificar as conseqüências de um eventual vazamento de produtos tóxicos. A previsão foi feita para as condições mais graves, com foco na avaliação dos impactos nas captações da Sabesp no reservatório Guarapiranga e no braço do Rio Grande.

Nos pontos mais próximos de deságüe foram simulados os vazamentos, com o derramamento integral e instantâneo de 30.000 litros, sendo um com gasolina, e outro com soda cáustica em solução a 50%.

No caso da Guarapiranga, a possibilidade de impactação não foi considerada uma vez que a captação nesse reservatório está a 13,0 km do traçado.

No caso do braço do Rio Grande, o ponto de vazamento mais próximo possível da captação foi situado a aproximadamente a 1.500 metros a montante, em função da medida ambiental de segregação da drenagem neste trecho. Um vazamento instantâneo de 30.000 litros, de soda cáustica em solução a 50%, teria condições de atingir a captação, se ocorresse nas condições mais favoráveis à dispersão. Isso aconteceria em 3 horas e 10 minutos, chegando a ela com menos de 10% do limite de toxicidade estabelecido pela Cetesb, para esta substância.

As simulações constantes no EIA, com base em dados da Cetesb, indicaram que somente em 20% dos acidentes com produtos perigosos ocorrem vazamentos maiores que 10.000 litros. Segundo a Cetesb, as maiores freqüências de ocorrência em termos do volume de produtos vazados, situam-se na faixa de 500 litros.

A probabilidade de ocorrência de um vazamento de mais de 10.000 litros de produto perigoso no Trecho Sul, no segmento a montante da captação da Sabesp no braço do Rio Grande, seria portanto da ordem de 1 a cada 100 anos para a projeção de 2020, não ocorrendo necessariamente no ponto mais próximo possível da captação.

Nas simulações foram adotados os valores limite de concentração obtidos pela Cetesb a partir de estudos de toxicidade para organismos aquáticos, com 90.000 mg/m³ para gasolina, e 125.000 mg/m³ para soda cáustica, com a expectativa de sobrevivência de 50% dos organismos aquáticos após 24 horas.

A tabela 3 ilustra a concentração de uma substância tóxica na qual 50 % dos organismos em estudo sobrevivem. No caso da gasolina, por exemplo, considerando uma concentração de 90.000 mg/m³, após 24 horas, 50% dos organismos testados sobreviveram.

Tabela 3 - Concentrações Limites para Toxicidade de Organismos Aquáticos em Águas Continentais.

Composto Químico	Espécie	Concentração (mg/m ³)	TLm (h)
Gasolina	<i>Clupea alosa</i> (savel americano, jovem)	90.000	24
Hidróxido de Sódio	<i>Gambusia affinis</i>	125.000	96

Fonte: Cetesb, 2008 apud DERSA & ITSEMAP, 2010.

As Figuras 50 e 51 ilustram a localização e os principais elementos utilizados no modelo de simulação de dispersão como vento, vazão e captação, e os locais onde foram previstos os derramamentos.

Caso esse vazamento ocorresse em um momento sem chuva, cuja probabilidade seria de mais de 80%, ele seria integral ou quase integralmente retido nos dispositivos para detenção de vazamentos previstos no projeto, que foi uma das medidas de mitigação adotadas (DERSA & ITSEMAP, 2010).

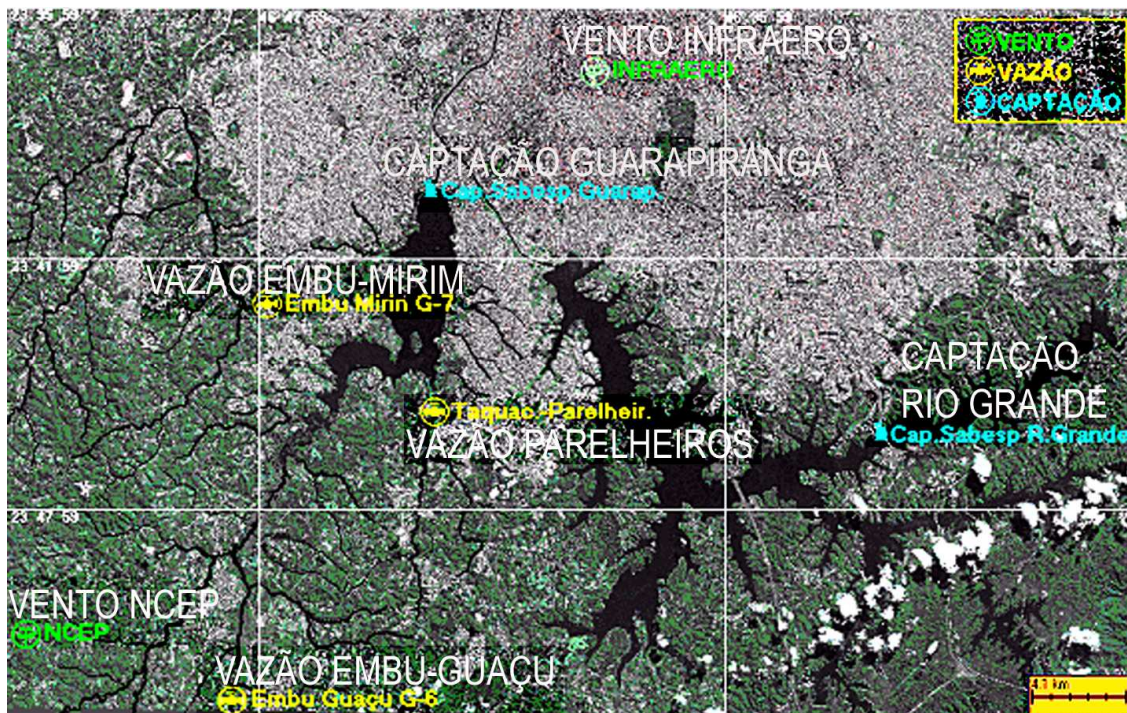


Figura 50 - Principais parâmetros utilizados no modelo de simulação (ventos, vazões e captações) e a localização desses.
 Fonte: adaptado de DERSA & FESPSP, 2004b.

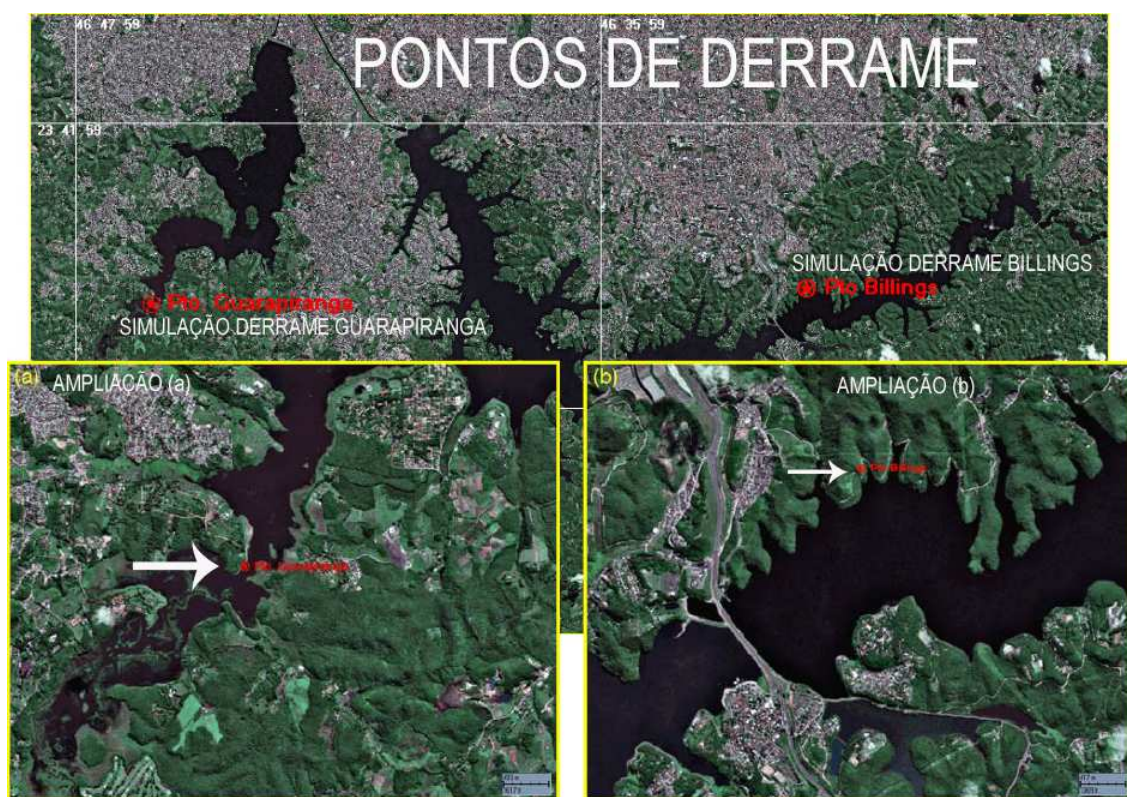


Figura 51 – Pontos de derrame, locais utilizados no modelo de simulação.
 Fonte: adaptado de DERSA & FESPSP, 2004b.

No braço do Rio Grande, nas condições mais críticas, o limite de toxicidade para gasolina seria excedido somente dentro de uma mancha com 100 metros de diâmetro. Nesta simulação as concentrações se diluiriam rapidamente e não teriam condições de atingir a captação da Sabesp em níveis significantes. Já para a soda cáustica o limite seria ultrapassado dentro de uma mancha com até 168 metros de diâmetro. Na hipótese mais crítica a pluma atingiria o local da captação da Sabesp com concentrações inferiores a 10% do limite de toxicidade estabelecido pela Cetesb.

O risco de contaminação do lençol freático durante a operação ocorreria especificamente em vazamentos acidentais de produtos tóxicos que viessem a interceptar o aquífero aluvionar. Devido a sua característica de porosidade e nível de água raso a quase aflorante deste aquífero. Esse risco existe de forma bem reduzida devido ao próprio esquema de drenagem superficial de rodovias. Existe a expectativa de que as ações de contingência, incluindo confinamento do vazamento e remoção de eventuais solos contaminados, venham a evitar este risco (DERSA & FESPSP, 2004b).

8.8 PAE no Rodoanel

As ações voltadas para a redução das conseqüências, ou seja, impactos ambientais e danos à comunidade, estão contempladas no PAE, que deve ser considerado como parte integrante do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR).

Do EIA do Rodoanel Sul têm-se nas páginas 86 e 100, do Volume V a descrição do PAE e as medidas previstas:

- Medida M1.02.09 - Planejamento dos Locais para Implantação de Caixas de Contenção de Vazamentos (pré-obra);
- Medida M3.05.01 - Plano de Ação de Emergência e Programa de Gerenciamento de Riscos para acidentes com produtos perigosos durante a operação (pós-obra);
- Medida M3.05.02 - Plano de contingência para combate a incêndio (pós-obra);

[...] O PAE incluirá na sua estrutura pelo menos o seguinte:

- *A caracterização do empreendimento, com foco nas características geométricas e técnicas que influenciam nos níveis de risco (geometria horizontal, geometria vertical, dispositivos de retenção de vazamentos, baias para estacionamento de veículos com problemas, barreiras físicas de proteção (new jerseys, guardrails), e outros aspectos pertinentes;*
- *A caracterização e espacialização dos receptores de eventuais impactos acidentais (população, recursos hídricos, vegetação natural, outros);*
- *A caracterização das variáveis climáticas que interferem com o nível de risco acidental (vento, chuva, neblina);*
- *A identificação dos tipos de produto perigoso que circularão na rodovia;*
- *A descrição das hipóteses emergenciais consideradas;*
- *A estrutura organizacional para atendimento a emergências;*
- *Os procedimentos de combate para cada hipótese acidental considerada (avaliação prévia, fluxogramas de acionamento, medidas emergenciais e medidas pós-emergenciais);*
- *Os recursos humanos e materiais a serem disponibilizados às equipes de operação para otimizar a eficácia do PAE. [...]*

Observa-se logo que no primeiro item houve menção aos dispositivos de retenção de vazamentos (grifado pelo autor). O PAE especifica também medidas preventivas e corretivas, para cada uma das hipóteses acidentais consideradas. Das medidas preventivas, têm-se:

- [...].• Treinamento da equipe de controle operacional do empreendimento, nas tarefas de fiscalização do transporte de cargas perigosas, e no atendimento a emergências;*
- *Orientação aos motoristas de veículos de cargas perigosas, quanto aos procedimentos emergenciais, restrições de itinerário, restrições de local de estacionamento e pernoite, e outros aspectos pertinentes;*
- *Contatos periódicos com a defesa civil, corpos locais de bombeiros, polícia rodoviária, e concessionárias de serviços de água, visando garantir que os respectivos responsáveis estão corretamente informados sobre o procedimento a seguir em caso de notificação de emergências;*
- *Colocação de telefones de emergência ao longo de todo o traçado;*

- *Manutenção, em pontos estratégicos do traçado, dos equipamentos e materiais para atendimento a emergências, em quantidade suficiente e condições adequadas;*
- *Estudo de eventuais necessidades de implantação de dispositivos de retenção de vazamentos de cargas tóxicas adicionais aos que venham a ser definidos no âmbito da Medida M1.02.09. [...]*

A Medida M1.02.09 (Planejamento dos Locais para Implantação de Caixas de Contenção de Vazamentos), ainda na fase de projeto, previu a implantação desses dispositivos nos cruzamentos da via com cursos d'água e talwegues naturais, em reservatórios contribuintes a mananciais de abastecimento público, com a finalidade de evitar ou retardar seu escoamento até o curso d'água.

Sobre as medidas corretivas previstas, têm-se:

- [...] • Implantação imediata de sinalização de advertência na rodovia, no sub-trecho anterior ao local do acidente;*
- *Aviso e ativação, quando pertinente, da polícia rodoviária, defesa civil, corpo de bombeiros, concessionária de serviços de água, ou outros;*
 - *Execução emergencial de diques e outros meios de contenção visando restringir a extensão das áreas afetadas;*
 - *Delimitação e sinalização de advertência no local contaminado pelo produto;*
 - *Notificação para suspensão temporária da operação de captações de água a jusante, no caso de acidentes afetando cursos d'água;*
 - *Monitoramento, mediante análise das propriedades físico-químicas do corpo hídrico afetado, até a constatação da volta à condição normal;*
 - *Remoção do produto retido no solo, nos dispositivos de contenção de vazamentos, ou em componentes do sistema de drenagem superficial, e entrega à transportadora ou empresa seguradora para transporte até o local de disposição;*
 - *Execução de um programa de amostragem e análise do solo no local afetado, visando identificar eventuais problemas de contaminação e a sua extensão;*
 - *Caso pertinente, remoção do solo contaminado e transporte até o local de disposição que venha a ser indicado pela Cetesb;*

- *Colocação de solo limpo no local afetado, e execução de forração vegetal e outras medidas de estabilização;*

- *Nos casos de maior gravidade, divulgação do acidente à população local, com informações sobre as medidas preventivas a serem adotadas. [...]*

Das medidas preventivas elencadas acima, destacou-se com grifos (do autor), a suspensão da captação, o monitoramento do recurso hídrico, e a remoção e disposição adequada dos resíduos retidos nos dispositivos de contenção, solos e drenagens.

O PAE do Rodoanel Sul indica que os riscos ambientais associados ao transporte rodoviário estão diretamente relacionados com a periculosidade intrínseca dos produtos envolvidos, bem como com as causas geradoras dos acidentes: falhas humanas, falhas de equipamentos, ações de terceiros, intempéries, e condições das vias. Também são consideradas as conseqüências, a freqüência e a severidade dos impactos.

O principal fator referente a estes riscos, diz respeito às propriedades físico-químicas e toxicológicas dos produtos liberados, quando da ocorrência dos acidentes. Outros fatores importantes são a quantidade do produto envolvida no vazamento e o tempo de contato com os ambientes. A vulnerabilidade e sensibilidade das áreas afetadas, associadas aos fatores mencionados, determinam a severidade dos impactos ambientais.

Quase em seguida a inauguração do trecho sul, foi registrado o primeiro acidente com vazamento do produto químico tolueno, em pequena quantidade (SPIGLIATTI, 2010).

8.9 Outros programas e medidas previstas

Outras medidas previstas para a mitigação dos riscos e conseqüências de eventuais vazamentos de produtos perigosos incluem:

a) na fase pré-constitutiva:

- Medida M1.02.11 - Planejamento dos Locais para Baias para Transbordo de Cargas de Veículos com Vazamentos:

O planejamento de áreas de refúgio, denominadas Estacionamento de Veículos de Transporte de Produtos Perigosos, do Trecho Sul do Rodoanel Mário Covas (DERSA & ITSEMAP, 2010) tem por finalidade a disposição temporária de veículos acidentados, com problemas mecânicos ou pequenos vazamentos, que devem ser rapidamente retirados da pista de rolamento para o pronto restabelecimento da fluidez do trânsito na via, servindo também para apoio a eventuais operações de fiscalização.

Estas áreas podem ser utilizadas tanto por veículos de passeio, como de carga, incluindo os transportadores de produtos perigosos que eventualmente venham a sofrer algum problema mecânico ou avarias de pequeno porte, e que necessitem ser rapidamente removidos da pista de rolamento. No entanto, não são destinadas ao estacionamento de veículos com produtos perigosos, nem mesmo para operações especiais, como por exemplo, transbordo de cargas, exceto em situações extraordinárias, cujos riscos associados sejam adequadamente avaliados pelos órgãos ambientais competentes.

Essas baias, para o estacionamento paralelo de pelo menos dois caminhões, foram munidas de sistema de drenagem fechado para condução de líquidos vazados até caixas estanques devidamente impermeabilizadas.

- Medida M1.02.19 - Isolamento da drenagem de pista para lançamento a jusante da captação da Sabesp no Reservatório do Rio Grande:

Foi elaborado o projeto executivo definitivo de drenagem, incorporando critérios complementares relativos a travessias de fauna e controle de cargas difusas e pontuais.

b) na fase construtiva ou de instalação:

- Medida M2.12.05 - Permanência Seletiva de Caixas de Retenção de Sedimentos após a Construção.

Algumas das caixas de detenção de sedimentos implantadas a jusante das obras do Rodoanel com base no previsto nos Projetos de Drenagem Provisória, foram mantidas após a etapa de construção, cumprindo a função de retenção de cargas difusas e de solos carregados, mitigando a contaminação e assoreamento de reservatórios e cursos d'água, e também úteis para a contenção de produtos

perigosos. A viabilização desta medida pós obra, depende de acordos de manutenção e operação entre a Dersa e a Sabesp. Um desenho deste tipo de barreira pode ser visto no anexo referente aos projetos nacionais, nomeado como bacia de sedimentação

8.10 Análise de Vulnerabilidade

A Análise de Vulnerabilidade Ambiental e Socioeconômica do Trecho Sul do Rodoanel Mário Covas, em relação aos acidentes no transporte rodoviário de produtos perigosos, foi elaborada como um instrumento de apoio direto aos PGRs, e aos PAEs, ao indicar a graduação da vulnerabilidade com acidentes desta natureza para os diversos segmentos do traçado da rodovia, para a gestão de riscos e acidentes relacionados à operação da via (DERSA & ITSEMAP, 2010).

Primeiramente foram definidos os trechos da rodovia com diferentes níveis de vulnerabilidade ou risco, relacionados aos acidentes com produtos perigosos durante a operação. Esses são classificados e separados em compartimentos ambientais e socioeconômicos, sendo então possível estabelecer as melhorias e as medidas preventivas e mitigadoras que integram o PGR e o PAE.

Foi elaborado o Mapeamento de Vulnerabilidade Ambiental voltado ao transporte de cargas perigosas, e as cartas de Vulnerabilidades, com a finalidade de se conseguir instrumentos práticos para a gestão de emergências. Estas cartas ilustram a classificação de toda a extensão da via em níveis distintos de vulnerabilidade e oferecem subsídios às tomadas de decisão sobre as medidas mais adequadas para a proteção e recuperação destes ambientes, em ações relacionadas à mitigação dos impactos sócio-econômicos de eventuais acidentes, quer para áreas densamente urbanizadas ou em zonas rurais.

Foram objetivos do Mapeamento de Vulnerabilidade, para a fase de operação da rodovia:

- identificar as áreas susceptíveis a impactos, ambientais e socioeconômicos;
- identificar o grau de sensibilidade das áreas, e as zonas prioritárias a proteger;
- verificar o alcance dos efeitos físicos dos produtos mais significativos;

- estabelecer indicadores que permitam classificar os ambientes;
- priorizar ações de acordo com o nível de vulnerabilidade dos trechos;
- subsidiar o programa de gerenciamento de riscos;

Sobre as causas, a Análise de Vulnerabilidade (DERSA & ITSEMAP, 2010) conclui que os acidentes com produtos perigosos no modal rodoviário, estão associados de forma preponderante a causas alheias à via por onde trafegam os veículos.

Foram levantados os dados históricos comparativos de acidentes de outros órgãos públicos, e do Trecho Oeste do Rodoanel Mário Covas. Os resultados apontaram para a maior incidência de eventos acidentais com produtos perigosos no modal rodoviário, com o percentual em torno de 40%, conforme dados da Cetesb, de 2009 e que apenas 3,5 % das ocorrências resultaram em situações onde recursos hídricos foram efetivamente atingidos.

Sobre a classificação por meio das classes de risco da ONU, e também segundo a Cetesb, houve prevalência dos líquidos inflamáveis com 39%. Devido aos recursos hídricos presentes na área de influência do empreendimento, este fato torna-se relevante.

Sobre a simulação das conseqüências para a fase de operação, a Norma Cetesb P4.261 (DERSA & ITSEMAP, 2010), detalha quais as substâncias líquidas, as tipologias acidentais ou cenários a serem simulados. Um software específico simulou explosões, incêndios e dispersão da nuvem de vapor tóxica, com base no pior cenário passível de ocorrer no Trecho sul do Rodoanel Mário Covas, ou seja, a ruptura de um caminhão-tanque devido ao impacto.

A Árvore de Eventos foi a técnica utilizada, que permitiu a análise das conseqüências de um evento indesejado, gerado devido à ocorrência de falhas em equipamentos, problemas em determinado sistema, ou devido a erros operacionais durante a realização de uma determinada atividade. No caso em questão, adotou-se a falha humana do condutor do veículo ou falha no acondicionamento dos produtos transportados. Este tipo de análise pode ser utilizada durante a fase de operação para a avaliação da eficiência dos sistemas de segurança em utilização, ou na fase de instalação de um empreendimento para averiguação da necessidade de

implantação de outros dispositivos, visando aumentar o grau de segurança do sistema.

A contaminação de recursos hídricos por derrames e deságüe em curso d'água, não foi contemplada para estas simulações, mas os eventos previstos para o início da contaminação são similares. O vazamento de um líquido inflamável, num primeiro momento, faz com que o produto se espalhe pelo solo formando uma poça, cujas dimensões dependerão da taxa de alimentação ou vazão da liberação, das características da substância, do tipo de solo. A presença de obstáculos também é levada em conta, onde se enquadram os sistemas de retenção (DERSA & ITSEMAP, 2010).

A análise da matriz de vulnerabilidade (DERSA & ITSEMAP, 2010), mostrou que a maior parte do Rodoanel Sul, ou 77,8%, foram classificados como de vulnerabilidade séria e outros dois trechos com vulnerabilidade crítica, ou 22,2%.

A predominância de trechos da rodovia enquadrados como categoria séria tem relação, com a presença de corpos d'água ao longo de todo o traçado das represas Billings e Guarapiranga, bem como pela presença de vegetação de mata atlântica, e áreas de várzea.

Como atenuantes foram considerados o padrão classe 0 (zero) da via e as características geométricas, uma vez que esta classe apresenta altos níveis de segurança, e também a utilização das caixas de retenção, sistemas de drenagens e passagens da fauna.

Com relação aos trechos que apresentaram vulnerabilidade crítica, como entre as rodovias Anchieta e Imigrantes, o aspecto determinante foi a quantidade de OAEs, as intersecções, densidade populacional e principalmente as captações de água.

Dersa & Itsemap (2010) concluíram que os sistemas de retenção para produtos perigosos, associados ao sistema de drenagem da via, constituíram um importante aspecto construtivo da via relacionado à mitigação dos acidentes envolvendo produtos perigosos.

8.11 Sistemas adotados

Conforme o estudo de vulnerabilidade (DERSA & ITSEMAP, 2010), os sistemas de contenção de vazamentos de produtos perigosos, estão associados às obras de arte especiais e à separação das drenagens de pista das demais drenagens como a de taludes. Seus elementos envolvem caixas, tubos, valetas e caixas coletoras, que servem para evitar que tais produtos drenem diretamente para o ambiente.

Os sistemas de retenção e caixas coletoras de produtos perigosos possuem comportas e registros com acionamento manual, por meio de haste, o que permite a abertura ou fechamento do fluxo. Este sistema de contenção representa um importante avanço nos instrumentos operacionais visando à resposta às situações emergenciais em sistemas lineares. São adaptadas aos sistemas usuais de drenagem da via, mas com a opção de torná-las estanque nestas situações. Apresentam as vantagens de manter a finalidade básica da drenagem, além de apresentar elevada capacidade de contenção, e demanda uma manutenção e operação relativamente simples.

Uma preocupação na concepção destes sistemas foi a de utilizar dispositivos que fossem menos suscetíveis a ação de vandalismo, ou ao roubo de peças, desta forma as grelhas foram concebidas em concreto armado e os volantes de registros retirados preventivamente.

No trecho localizado à montante da barragem, além dos 1.500 metros, na bacia hidrográfica do Rio Grande, o sistema de drenagem da plataforma é direcionado para os sistemas de contenção.

Estas águas seguem escoando superficialmente ou pelas redes de tubos até o término do terrapleno, junto à próxima OAE, onde existe um sistema de bloqueio de fluxo que é acionado pela equipe de operação da rodovia quando ocorrer um acidente com um veículo transportador de carga perigosa nesse trecho. Todo o sistema de drenagem desse trecho de rodovia é encaminhado para caixas coletoras antes do deságüe no terreno natural.

Estes sistemas oferecem proteção aos braços do Rio Grande, no trecho compreendido entre a proximidade da interligação com a Av. Papa João XXIII e a rodovia Anchieta; as duas obras de arte que atravessam as represas Billings; e a que atravessa a Guarapiranga. A figura 52 ilustra os locais de implantação desses.

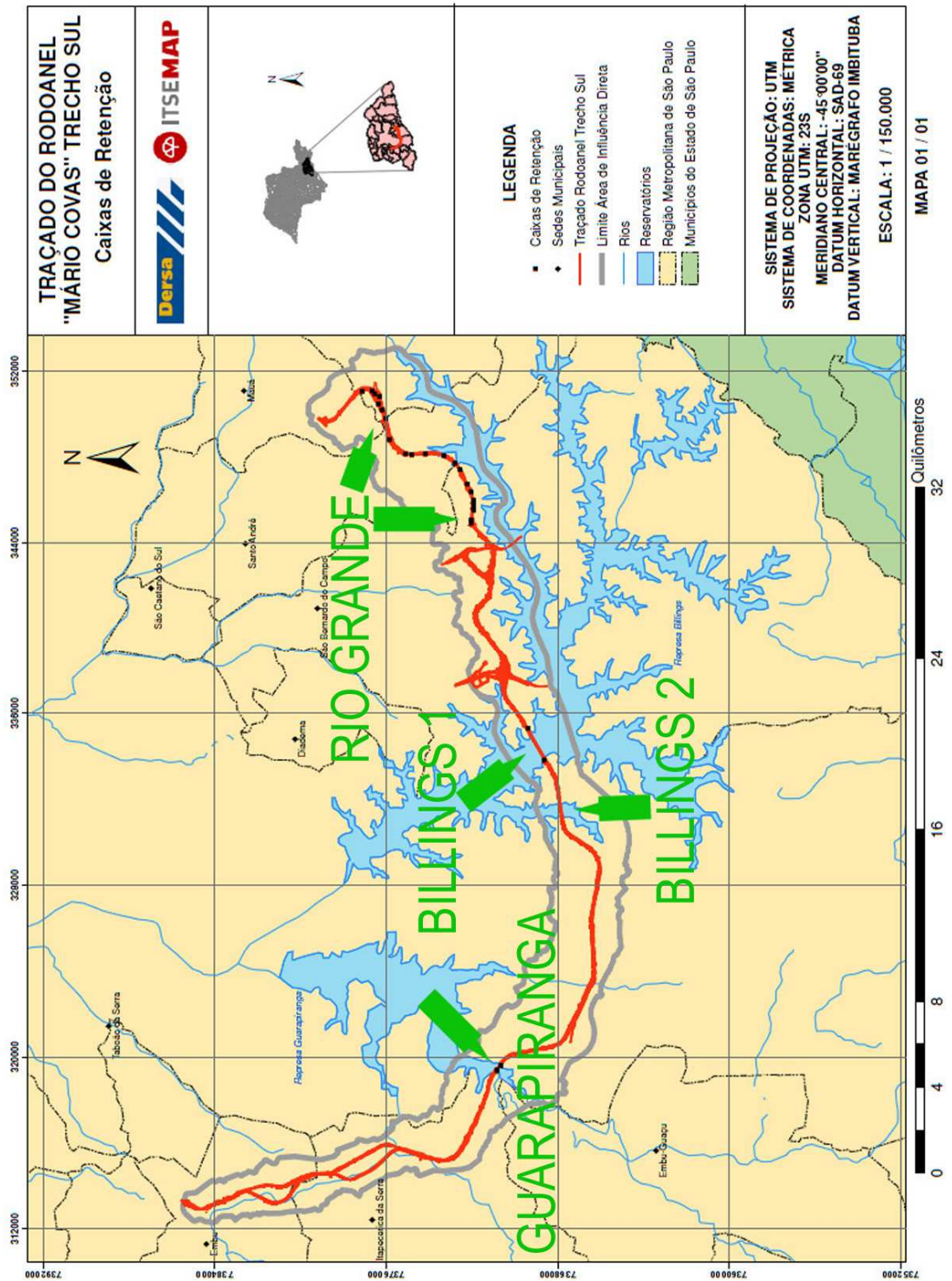


Figura 52 – Mapa de Localização das Caixas de Retenção no Rodoanel Sul.
Fonte: adaptado de DERSA & ITSEMAP, 2010.

Em termos de contenção, a mínima admissível por solicitação do órgão ambiental para este sistema é de 30 m³, desta forma foi adotada inicialmente a caixa tipo 1, ou T1, desenvolvida para o trecho oeste do Rodoanel.

A caixa T1 tem escoamento por gravidade e separa líquidos mais densos ou menos densos que a água. Por motivos de segurança é fechada e possui inspeções e dutos de ventilação para facilitar a limpeza e impedir a formação de gases. Tem grandes dimensões, com dois estágios para contenção de líquidos, de densidades igual e menor que a água respectivamente. Este tipo de caixa também considera a passagem da vazão de projeto independente destes volumes. Um corte esquemático dessa caixa pode ser observado na figura 53.

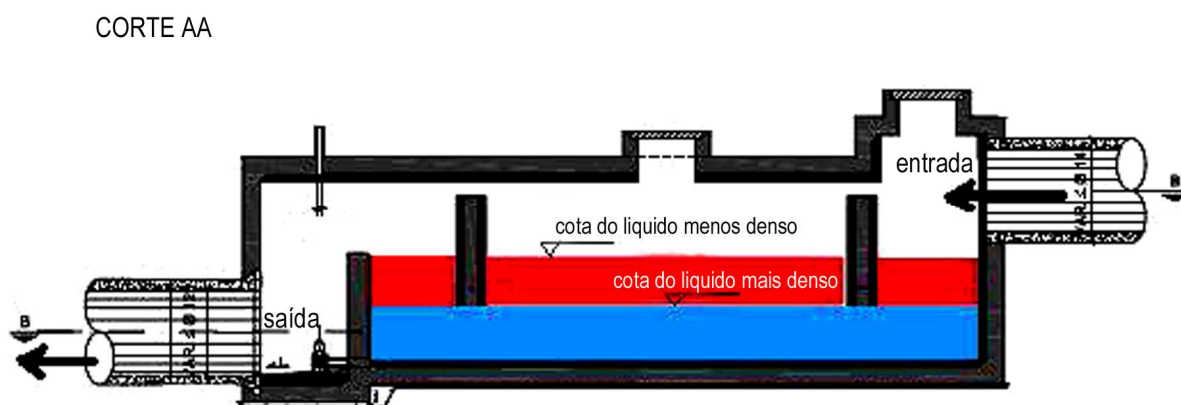


Figura 53 – Detalhe de caixa do tipo 1, densidades. – Corte AA.
Tipo Retenção “in line” (S.A.O): caixas separadoras de areia e óleo.
Fonte: Adaptado de Dersa, MD-1.30.000-A09/801.

No entanto, no desenvolvimento do projeto optou-se por aumentar esta capacidade, com resultados muito superiores a este valor. Em alguns é possível contar com o funcionamento de dispositivos em série, o que pode aumentar ainda mais a capacidade de contenção (DERSA & ITSEMAP, 2010). A nova capacidade de contenção, utilizando-se este sistema associado às caixas tipo CC-04, com tubulações, bacias dos canteiros, e diques chega à 2.366 m³. A figura 54 ilustra um corte esquemático da caixa tipo CC-04.

A caixa, tipo CC-04 tem uma comporta com acionamento manual por meio de uma haste que permite o fechamento da passagem do fluxo. Com o fechamento dessa comporta o líquido que estiver escoando à montante, acumula-se nas redes de tubos até o limite de capacidade desses dispositivos, quando passa a encher as

caixas de passagem até seu limite, quando passa a ocupar a pequena bacia no canteiro entre as pistas, as valetas e sarjetas próximas, até o limite do dique.

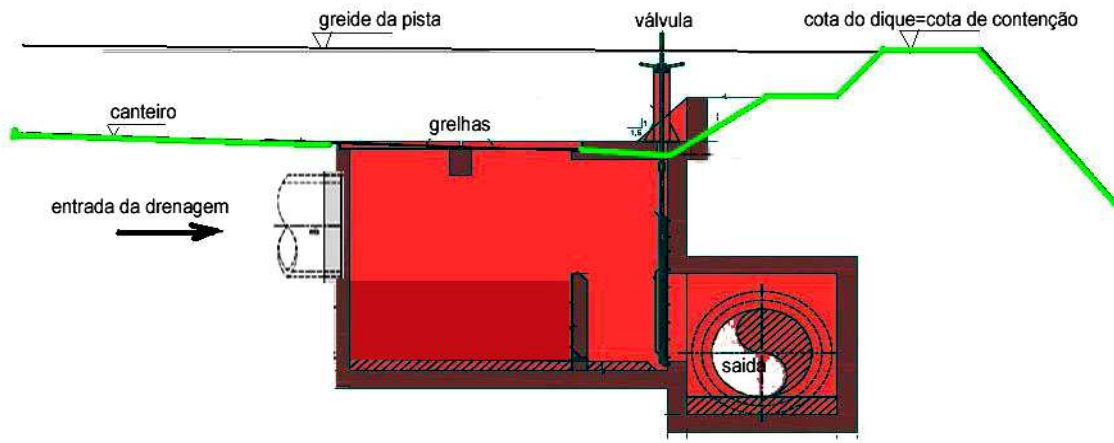


Figura 54 – Detalhe Esquemático da Caixa de Contenção do Tipo CC-04 –Corte AA. Tipo Contenção “in line” (V.Tb): com válvula de obturação utilizando a tubulação e outros dispositivos como depósitos.

Fonte: Adaptado de Dersa, MD-1.30.000-A09/801.

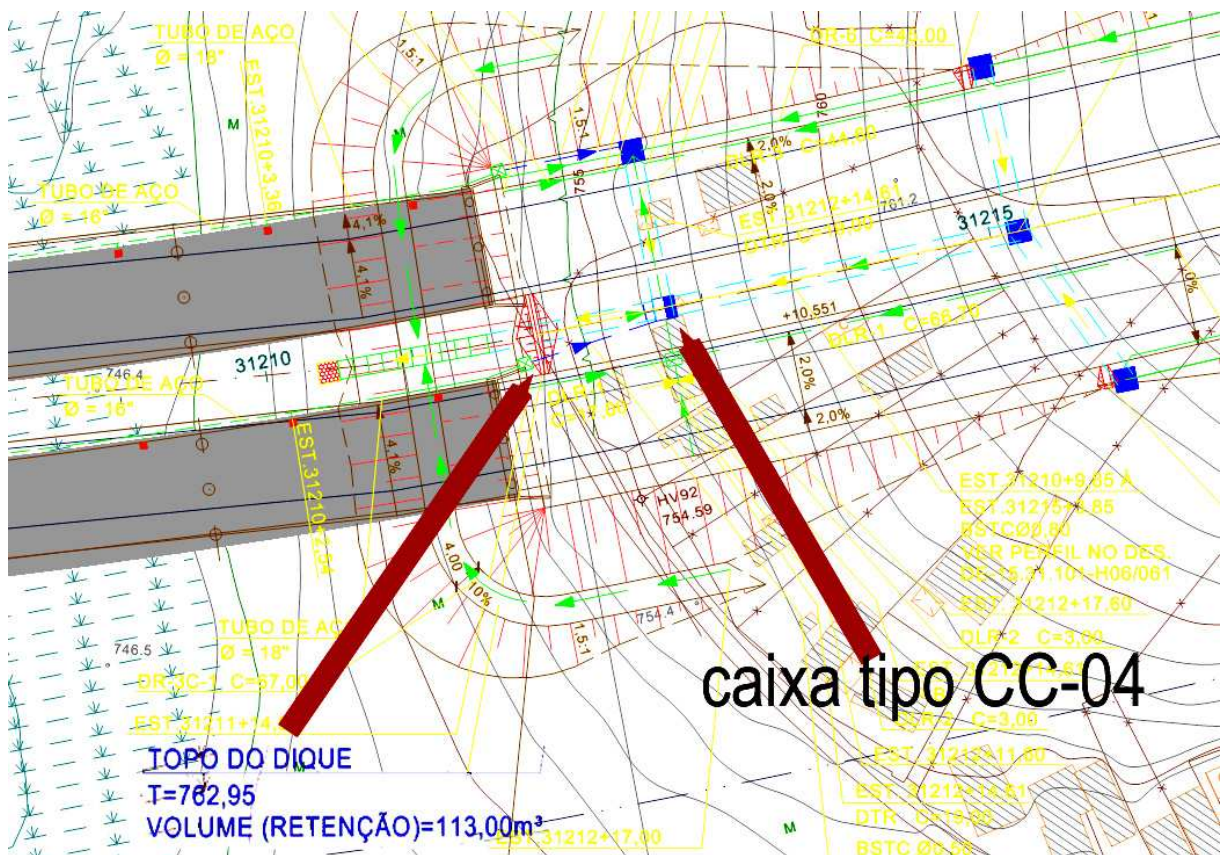


Figura 55 – Detalhe sobre a implantação de caixa do tipo CC-04 –Planta. Observe o dique, o volume e a posição no canteiro central.

Fonte: Autor, adaptado de DE-15.31.000-H04-011_B do Dersa.

A figura 55 ilustra o detalhe típico de localização de implantação da caixa CC-04, na cabeceira de pontes, na região do canteiro central. No caso a caixa é a RG20, com 113 m³ de retenção prevista. A localização das caixas no canteiro central facilita também o acesso de equipamentos para o transbordo da carga derramada.

Este sistema foi assim projetado, levando-se em conta que o sistema de drenagem da rodovia é formado pelo conjunto de caixas, redes de tubos e valetas superficiais que possuem uma grande capacidade de armazenamento. Considerou-se que um líquido perigoso, ao escoar por este sistema de drenagem, poderia ser contido e reservado nesse próprio sistema, ao invés de se construir caixas de grandes dimensões, visando facilitar a operação e manutenção do sistema (DERSA & ITSEMAP, 2010).

Na tabela 4 destacam-se os volumes previstos para retenção em caso de derrames, desde que a equipe de emergência consiga acionar as válvulas para o fechamento dos registros.

Tabela 4 – Localização das caixas e volume retido, no Rodoanel Sul

RODOANEL TRECHO SUL-CAIXAS DE CONTENÇÃO				
Trecho coberto				
	BRAÇO RIO GRANDE			
NUMERO	ESTACA	TIPO CX	VOL (m³)	OBS
S/N	30971+0,00			INICIO DO TRECHO COBERTO
RG1	30993+13,07	CC-04	79,00	
RG2	31041+18,44	CC-04	2.366,00	ACESSO À PAPA JOÃO 23 RAMO 31101
RG3	31027+11,439	CC-04	668,00	RAMO 31100
RG4	31041+18,44	CC-04	76,00	RAMO 31101
RG5	31060+0,00	CC-04	62,50	RAMO 31100
RG6	31096+0,00	CC-04	62,50	
RG7	31109+6,36	CC-04	79,00	
RG8	31146+11,11	CC-04	86,50	
RG9	31185+0,00	CC-04	100,50	
RG10	31196+15,06	CC-04	65,50	
RG11	31212+15,11	CC-04	113,00	
NUMERO	ESTACA	TIPO	VOL	
RG12	31244+7,47	CC-04	136,00	
RG13	31270+0,00	CC-04	283,40	
RG14	31275+14,22	CC-04	214,00	
RG15	31288+2,55	CC-04	158,00	...continuação

RODOANEL TRECHO SUL-CAIXAS DE CONTENÇÃO - conclusão

RG16	31310+17,07	CC-04	640,00	
RG17	31319+11,82	CC-04	72,00	
RG18	31360+9,00	CC-04	80,00	
RG19	31375+12,15	CC-04	80,00	
NUMERO ESTACA TIPO VOL				
RG20	31386+4,49	CC-04	113,00	
RG21	31415+4,91	CC-04	180,00	
RG22	31435+0,00	CC-04	136,00	
RG23	31450+0,00	CC-04	142,00	
RG24	31486+0,00	CC-04	472,00	
RG25	31546+8,53	T1	30,00	
S/N	31552+0,00			FIM DO TRECHO COBERTO
	Trecho coberto			
TRAVESSIA BILINNGS 1				
NUMERO	ESTACA	TIPO CX	VOL (m³)	OBS
S/N	32011+0,00			INICIO DO TRECHO COBERTO
B11	32143+0,00	T1	30,00	
B12	32188+0,00	T1	30,00	
S/N	32188+0,00			FIM DO TRECHO COBERTO
TRAVESSIA BILINNGS 2				
NUMERO	ESTACA	TIPO CX	VOL (m³)	OBS
S/N	32295+10,00			INICIO DO TRECHO COBERTO
B21	32330+0,00	T1	30,00	
S/N	32338+0,00			FIM DO TRECHO COBERTO
TRAVESSIA GUARAPIRANGA				
NUMERO	ESTACA	TIPO CX	VOL (m³)	OBS
S/N	33262+0,00			INICIO DO TRECHO COBERTO
G1	33310+8,00	CC-04	521,00	
G2	33349+14,00	CC-04	562,00	
G3	33361+7,00	CC-04	194,00	
S/N	33361+7,00			FIM DO TRECHO COBERTO

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Dersa & Itsemap, 2010.

As duas travessias que transpõem a represa Billings não permitiram o lançamento destas redes no canteiro central, por problemas de geometria e vazão de tubulações, com um diâmetro de até 700 mm. Para solucionar este problema, os

projetistas interligaram as descidas d'água às caixas de contenção T1, já utilizadas no Rodoanel Trecho Oeste (DERSA & ITSEMAP, 2010).

No tocante aos sistemas da Represa Guarapiranga adotou-se solução semelhante àquele descrita para o trecho do Rio Grande, ou seja, foram utilizadas caixas tipo CC-04.

8.12 Inovações

A principal inovação observada para esses sistemas foi o aumento do volume contido, com redução dos custos pelo aproveitamento do conjunto de dispositivos de drenagem. O uso de baixadas gramadas no acesso a entrada da drenagem ajuda a ganhar tempo de retenção.

Em relação ao volume retido na caixa T1 de 30 m³, com a utilização das caixas tipo CC-04 esse volume passa para um mínimo duas vezes maior (62,50 m³), a um volume máximo setenta e nove vezes maior (2.366 m³). A caixa T1 não possui uma válvula estanque, permitindo que o fluxo continue sem interrupção, separando os líquidos pela densidade.

A principal redução de custos seria em função do uso de caixas menores. O tamanho da caixa tipo T1 é maior do que a CC-04.

9 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, são elaboradas as considerações sobre os aspectos relevantes dentre as informações levantadas.

9.1 Dispositivos: HMTs x BMPs

A pesquisa de informações sobre os dispositivos de captura ou “*Hazardous Materials Traps*” (HMT), direcionou esta pesquisa também ao estudo dos dispositivos de tratamento ou “*Best Management Practices*” (BMP). Isto ocorreu principalmente em função:

- dos raros documentos exclusivos que tratam o tema (IPT, 2004);
- da mistura de sistemas que ocorre na bibliografia existente;
- e da maior ocorrência de bibliografia sobre BMP;
- de conceitos de localização, drenagem e terminologia, que podem ser “emprestados” em parte da bibliografia de BMP para HMT;

Os dois tipos de dispositivos são voltados à proteção de recursos hídricos em áreas sensíveis, o que serve de ponte para o empréstimo de conceitos. O foco das HMTs é a poluição pontual e das BMPs a poluição difusa. Os dois tipos eram apresentados em conjunto, quando houve uma evolução dos HMTs que começaram a ser estudados em separado, como fica evidente em Marler, Barret & Malina (2005).

9.2 Classificação geral dos Dispositivos

Foram observados diversos tipos de classificação. Vieira & Oliveira (2001, apud MARTINS et al, 2005) classificam os dispositivos como secos e úmidos, outros como Namy (1999) nomeiam os sistemas de pré-tratamento como especiais. Landphair, Mcfalls & Thompson (2000), classificam os sistemas por tipo de tratamento.

Com base na revisão bibliográfica realizada foi elaborada a figura 56 com uma classificação geral dos sistemas.

Pela maior disponibilidade de estudos, informações, e bibliografia recente, foi adotada a classificação de Marler, Barret & Malina (2005). Com a seguinte separação conceitual:

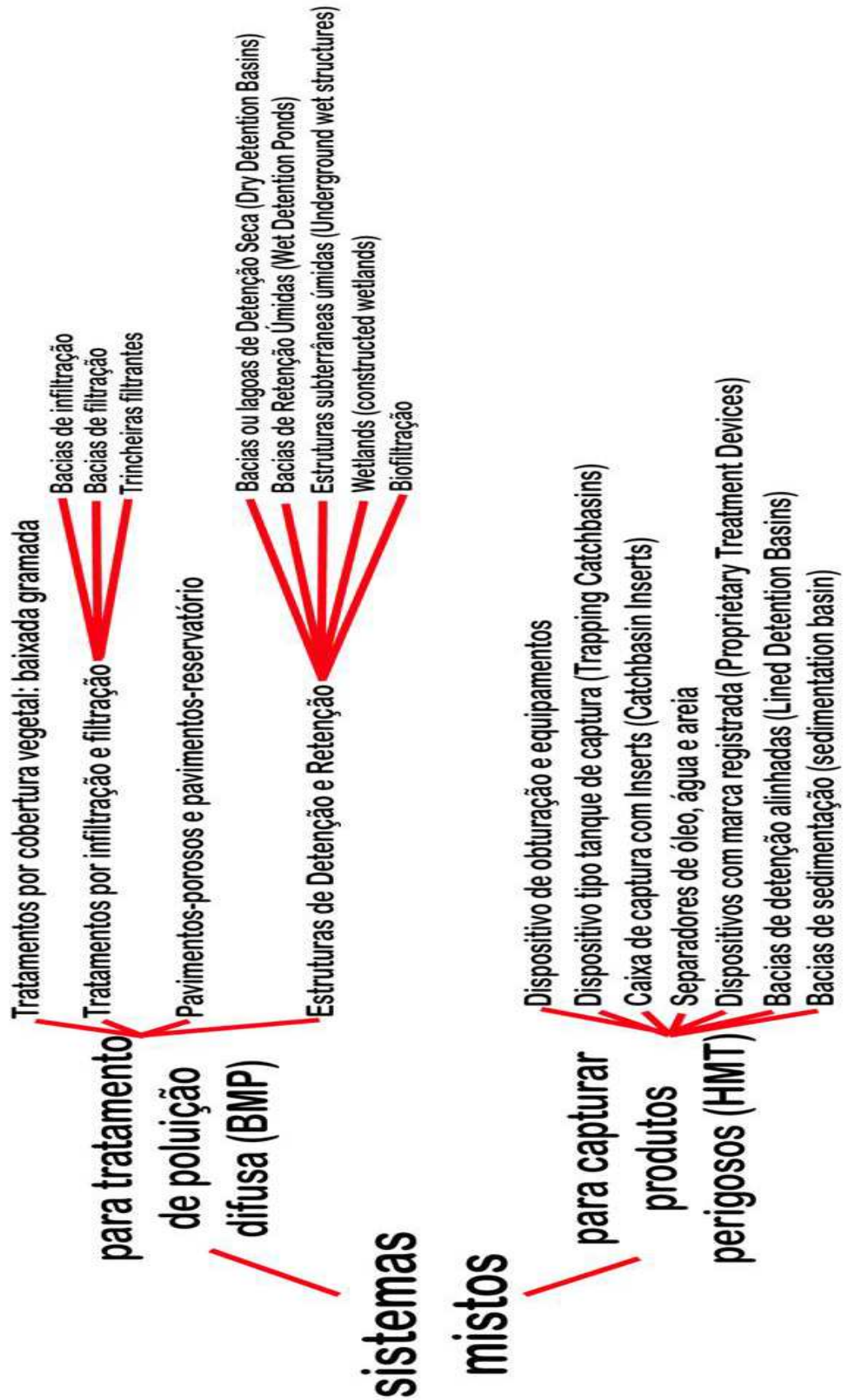


Figura 56: Sistemas mistos, classificação geral dos dispositivos.
 Fonte: Autor, adaptado de Marler, Barret & Malina (2005) e Landphair, Mcfalls & Thompson (2000).

- Dispositivos de Tratamento ou BMP incluem todos os referentes tratamento.
- Dispositivos de Captura ou HMT incluem todos os referentes à contenção e ao pré-tratamento, gradeamentos para lixo, dispositivos para a perda de energia cinética, sedimentação, etc..

A separação não é exata com dispositivos que podem se enquadrar nas duas descrições, como por exemplo a baixada gramada.

Outro exemplo pode ser observado em IPT (2004), que faz referência a bacias de detenção secas para o controle de derrames. Este termo é utilizado como um tipo de BMP. O termo mais atual para este HMT, segundo Marler, Barret & Malina (2005), seria o de bacias de detenção alinhadas (Lined Detention Basins), o que ilustra a evolução desses conceitos.

Os sistemas HMTs desenvolveram-se a partir dos sistemas BMPs. Nos sistemas BMPs o foco é o tratamento do afluente com períodos de permanência longos no interior das estruturas. Nos HMTs o foco é a emergência, com curtos períodos de permanência no interior das estruturas, assim seus conceitos precisam evoluir ainda mais.

9.3 Classificação dos sistemas no Brasil

Pela classificação americana, todos os dispositivos adotados no Brasil seriam do tipo captura, onde a exceção, como sistema de tratamento, seria a baixada gramada, mas com o enfoque em drenagem de estradas para conter erosões. Dessa forma todos os dispositivos instalados em rodovias nacionais possuem a finalidade de conter derrames de cargas pontuais de produtos perigosos (HMTs).

Todos os sistemas são: ou de Contenção, pela presença de bloqueios associados a reservatórios; ou de Retenção, como no caso das caixas separadoras de areia e óleo (S.A.O) que armazenam, mesmo que temporariamente, esses líquidos. Os dispositivos de Detenção encontram-se inseridos nos sistemas de Contenção ou Retenção.

Nos quadros de análise, apresentados mais adiante, as estruturas nacionais são classificadas como detenção, retenção e contenção, segundo as características predominantes apresentadas.

9.4 Terminologia

Na análise sobre a terminologia observa-se que muitos dos conceitos estão em constante evolução ao longo do tempo, em função do aprimoramento do conhecimento e da experiência adquirida na prática (TUCCI & MENDES, 2006). Isso explica em parte a afirmação de Landphair, Mcfalls & Thompson (2000), de que a terminologia utilizada para a descrição dos sistemas pode ser incoerente.

A análise sobre a terminologia utilizada em dispositivos como “retenção, caixa, sistema” etc.. já foi exposta no capítulo 5 intitulado Dispositivos de Captura. Recomenda-se a adoção dos conceitos e terminologias mais adequados a fim de se tentar padronizar e evoluir em estudos futuros no Brasil.

Ressalta-se que para estas HMTs, na perspectiva de emergências, o termo contenção está relacionado a bloqueio de fluxo, que é novo apesar do seu conceito já existir a algum tempo na bibliografia de forma implícita, como em IPT (2004). Também que o termo detenção está relacionado a captura de partículas e material suspenso passível de decantação. Por fim o termo retenção, que possui um significado mais amplo que o termo detenção, e está relacionado ao retardamento do fluxo para algum tipo de pré-tratamento.

O tempo de permanência também foi apreciado uma vez que a variável tempo é muito importante para as equipes de emergência. Nas BMPs tempos de detenção estão na escala de dias, e os tempos de retenção em semanas (DEBO & REESE, 1995, e VIEIRA & OLIVEIRA, 2001, apud MARTINS et al., 2005), em emergências o tempo de resposta está na escala de minutos.

Nos sistemas de detenção e retenção dos BMPs, muitas vezes é observado o uso de válvulas de bloqueio, no entanto, por estarem relacionadas ao tratamento do afluente, e não às emergências, não podem ser considerados sistemas de contenção.

No quadro 12, observam-se os principais conceitos e termos adotados pelo autor, em uso no Brasil para as HMTs, sob a perspectiva de emergências com produtos perigosos. Sistemas de contenção e retenção podem englobar os dispositivos de detenção.

CONCEITOS E TERMINOLOGIA: SISTEMAS DE CAPTURA HMTs NO BRASIL		
TERMO:	USO EM :	RELACIONADO COM:
PERMANÊNCIA	TEMPO DE PERMANÊNCIA	Tempo de permanência média de um afluente no interior das estruturas;
DETENÇÃO	DISPOSITIVO DE DETENÇÃO	Estruturas temporárias de obra contra assoreamentos; Estruturas de obra que permanecem para a fase de operação; Estruturas temporárias de emergência montadas para derrames; Caixas de areia ou outros dispositivos de proteção de drenagem; Bacia de decantação; Bacia de sedimentação; Piscinões;
RETENÇÃO	DISPOSITIVO DE RETENÇÃO	Em geral sem um volume permanente de água; Dissipação de energia;
CONTENÇÃO	DISPOSITIVO DE CONTENÇÃO	Estrutura que retarda o escoamento de um fluxo, por determinado tempo e volume; Durante o tempo de permanência propicia um pré- tratamento ou segregação; Não estanque; segregação de materiais; Autonomia parcial; ganhar tempo; Conceito mais amplo que "detenção". Pode possuir um volume de água permanente em seu interior para facilitar o tratamento; Estrutura reguladora de fluxo; Dissipação de energia;
		Separadores de água e óleo; Sifões; Baixadas gramadas; Caixas sifonadas; Outros;
		Válvula ou comporta para o bloqueio completo do fluxo; Tanques, caixas e reservatórios sem saída de fluxo, apenas registros para manutenção; Válvula ou comporta para desvio do fluxo; Locais alternativos para armazenamento como tubulações, bacias e diques; Caixas de Contenção;

Quadro 12 – Conceitos e Terminologia para emergências: Sistemas de Captura HMTs no Brasil.

Fonte: Elaborado pelo autor.

9.5 Drenagem tradicional e conceitos a serem ampliados

Com relação às drenagens convencionais e essas estruturas, são destacados os seguintes aspectos:

a) Segregação da drenagem

A primeira característica comum que é observada sobre o estudo desses sistemas é a segregação da drenagem. Em todos os locais onde foram instalados, separa-se a micro bacia, com a respectiva área a ser drenada, para o cálculo do escoamento, seja para sua condução ao pré-tratamento ou à contenção.

A segregação da drenagem pode ser observada em trechos do Rodoanel Sul e Oeste, na pista descendente da Imigrantes, e nos demais projetos que envolveram esses dispositivos.

A segregação de drenagem pode ser observada também no manual do DNIT (2005) que trata do PAE, quando prevê a criação de áreas especiais para estacionamento de cargas perigosas. O DNIT (2005) menciona *que “a área deverá ser cercada e possuir drenagem estanque com vedação periférica adequada”*.

No Rodoanel Sul além da segregação utilizada para o direcionamento local às caixas de contenção, em áreas de estacionamento, baias e pontes, foi utilizada também para se desviar todo o volume drenado a 1,5 km a montante da captação do Rio Grande, para jusante dessa.

Na pista descendente da Imigrantes, além da separação da drenagem de pista, viadutos, e pontes, como ocorreu no Rodoanel Sul, separou-se também a contribuição do lençol freático em túneis. Nas fotos 14 e 15 podem ser comparados os sistemas da primeira e da segunda pista da Imigrantes, quanto a esse detalhe construtivo.

Por se tratar de uma micro-bacia com menos de 200 hectares, o método de dimensionamento a ser utilizado é o consagrado Método Racional. Já os dados sobre a pluviosidade variam de região para região, inevitavelmente.



Foto 14: Pista ascendente da imigrantes. Uso de buznotes²². Descarga livre de poluentes sobre área protegida.
Fonte: Autor.



Foto 15: Pista descendente da imigrantes. Segregação de drenagem. Captura e destinação da drenagem de pista.
Fonte: Autor.

²² Tubos de saída de água, sem condutores de águas pluviais.

A segregação das áreas de drenagem de pista está relacionada com:

- Estacionamento e baias para cargas perigosas (PAE);
- Pontes e viadutos (Imigrantes Descendente e Rodoanel Sul);
- Túneis (Imigrantes Descendente);
- Pista, para desviar o fluxo a jusante de captações (Rodoanel Sul);
- Pista, para direcionar o fluxo aos sistemas de contenção/retenção de pista.

A drenagem de pista, em taludes de corte e aterro, geralmente envolve como área drenada, além da pista de rolamento e acostamentos, os taludes até o limite da primeira banqueteta²³. A figura 57 ilustra um primeiro talude e banqueteta.

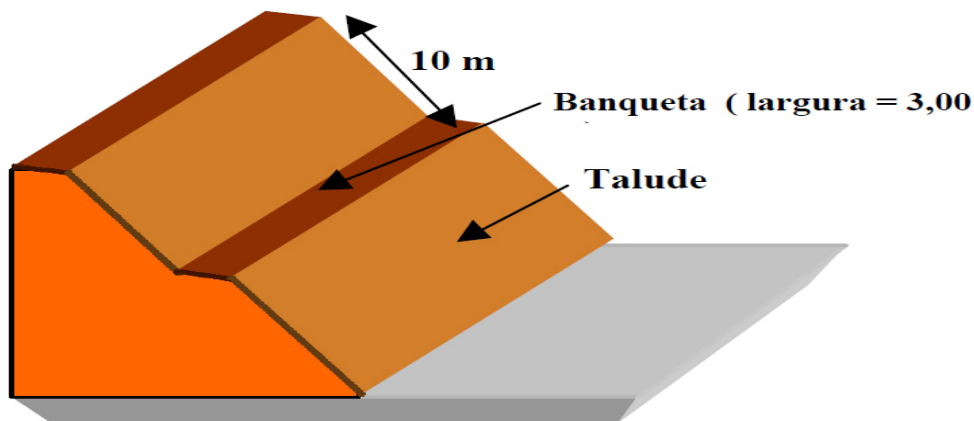


Figura 57 – Talude e Banqueta
Fonte: CEHOP, 2010

Este conceito de segregação em aplicação nas rodovias, e também citado no manual do PAE (DNIT) para as áreas de baia e estacionamento, tende a ser absorvido e ampliado para as áreas de pista, nos manuais de projeto e drenagem.

b) Dispositivos, “in line”, “off line” e “by pass”

Outro conceito que surge no estudo desses dispositivos, é o “in line” e “off line”. O sistema “off line”, geralmente, é instalado em paralelo à linha tradicional de drenagem, com um controle de desvio de fluxo, o “bypass”. Quando ocorre o derrame acidental é feito o desvio do fluxo, retornando à posição de passagem livre ao fim do evento.

²³ Banqueta, segundo o Álbum de Projetos tipo do DNIT são plataformas em forma de degraus construídas longitudinalmente aos taludes de grande altura, com o objetivo de minimizar o efeito da águas pluviais ou deslizamentos de terra sobre os mesmos.

Este dispositivo foi observado nas rodovias SP-300, SP-348, e na rodovia Anchieta, junto a estruturas de contenção. DNIT (2005) menciona: “A *drenagem pluvial (em casos de chuva) deve ser encaminhada através de operação de comando a distância com “bypass” no tanque de armazenagem estanque, escoando para a drenagem natural do terreno (rio, etc.)*”. Apesar do manual do DNIT indicar um comando a distancia, geralmente o “bypass” depende da ação humana para que se efetive o desvio do fluxo, o que pode comprometer sua eficiência (BARBOSA, ESCARAMEIA & CARVALHO, 2004).

O dispositivo “*in line*”, ou alinhado, significa que foi instalado em série, ou seja, na seqüência natural de dispositivos, sendo obrigatória a passagem do fluxo através dele. Como exemplo podemos citar as caixas S.A.O, ou bacias de decantação com um vertedor, ou a caixa T1 da Dersa. Também foi localizado o termo “*on line*” com o mesmo significado.

Foi adicionado o termo “*end line*” para dispositivos que não possuem saída de fluxo, no fim da linha de drenagem. Não possuem válvula de fluxo mas podem apresentar tubulações de dreno para limpeza, ou rebaixo para bombeamento, comum em tanques.

Outros mecanismos também são observados, como por exemplo, o de sifonagem automática para descarga das caixas no Texas, EUA, que tendem a ser incorporados aos manuais de projeto.

Além dos conceitos acima os referentes a detenção, retenção e contenção tendem a ser incorporados aos manuais.

9.6 Sistemas mistos

Os sistemas HMTs e BMPs podem ser instalados em série para o tratamento da poluição difusa e para a contenção de derrames de produtos perigosos. Podem ser dimensionados em separado, mas atuam e devem ser concebidos em conjunto (LANDPHAIR, MCFALLS & THOMPSON, 2000).

Mesmo nos BMPs, cada dispositivo tem uma finalidade específica para controlar um determinado tipo de poluente. No entanto, nenhum sozinho reduz todos o tipos de poluentes. A literatura sugere que os tratamentos mistos seriam os mais

eficientes, seguidos em escala decrescente por sistemas úmidos, sistemas de filtração e sistemas secos.

Vários autores indicam a utilização sistemas em série, conforme a finalidade. Assim, podem ser combinados, sistemas HMTs seguidos de BMPs, ou vários sistemas BMPs visando uma determinada redução de poluentes específicos, ou ainda sistemas de pré-tratamento, seguidos de sistemas de tratamento etc...

A seqüência recomendada para sistemas mistos, seria um sistema de pré-tratamento (HMT retenção), um de contenção (HMT contenção), seguido pelos sistemas de tratamento (BMP).

No Brasil surgem as primeiras iniciativas de implantação de HMTs. Percebe-se uma tendência internacional voltada ao uso dos sistemas mistos (HMT + BMP). Tendo em vista o planejamento, a melhoria continua e os custos de implantação, pergunta-se qual o impacto financeiro atual em se planejar no projeto de drenagem, para a instalação futura, áreas dentro da faixa de domínio com a finalidade de instalar sistemas mistos? Sabe-se que a instalação imediata do sistema completo e sua manutenção poderia ser significativa em termos de custo, mas a instalação posterior sem o planejamento antecipado certamente será mais cara.

9.7 HMTs

Os sistemas de captura tipo pré-tratamento, como caixas S.A.O, não são uma resposta às substancias solúveis em água, mas ajudam a detenção temporária de determinado volume de liquido. Este tipo de dispositivo não interrompe o fluxo de líquidos, mas separa o liquido mais leve que a água de forma autônoma.

No caso das caixas de retenção S.A.O, o objetivo principal é o de separar os hidrocarbonetos, sempre transportados em grande quantidade, nacional ou internacionalmente. Como visto no estudo realizado em Portugal para hidrocarbonetos, é possível projetar-se um dispositivo que retenha determinado volume de liquido mais leve que a água, mesmo em caso de chuva, contornando-se os problemas conhecidos desse tipo de dispositivo.

Mas além dessa característica sujeita a melhora tecnológica citada, o dispositivo S.A.O possui outra, na perspectiva da emergência. Na medida em que retêm temporariamente um determinado volume, proporciona às equipes de

emergência uma fração adicional de tempo para agir, onde a eficiência pode ser medida em minutos. O ganho ocorre porque essa retenção inicia-se de forma autônoma, antes da equipe de emergência entrar em ação. Cada fração de volume de produto perigoso no interior do sistema é uma fração a menos a chegar ao recurso hídrico.

Os de captura tipo contenção, com válvula ou reservatório fechado, podem ser usados para qualquer tipo de produto, uma vez que a equipe de emergência fecha a válvula de bloqueio, ou aciona uma comporta para o desvio a um reservatório (“bypass”), e depois procede à coleta e ao descarte correto. O ponto fraco desse sistema é justamente a dependência completa da equipe de emergência, que precisa ser acionada, chegar e agir. Isso aumenta o risco de falha e não proporciona nenhuma proteção ao recurso hídrico, até a chegada da equipe.

9.8 BMPs em derrames pontuais

Os BMPs incluem todas as outras formas de tratamento já descritas, voltadas principalmente à remoção da poluição difusa. Como se comportariam em derrames pontuais?

Apesar das estradas brasileiras não possuírem um sistema de tratamento e controle da poluição difusa, fica o alerta para o fato de que também essas estradas apresentam poluentes diversos, como qualquer outra, incluindo os metais pesados que são contaminantes sujeitos à bioacumulação ao longo das cadeias tróficas, representando riscos ambientais e à população (MARTINS et al., 2005).

Muitas BMPs, como parte integrante de sistemas mistos, podem ser úteis no controle das cargas pontuais como derrames de produtos perigosos. Isto ocorreria por que:

- em geral, aumentariam a capacidade de líquido no interior do sistema misto, ganhando mais tempo de resposta para as equipes de emergência;
- sistemas mistos com tratamento por lagoas, bacias de retenção e detenção, possuem volumes para tratamento maiores, aumentando a capacidade do sistema e ganhando ainda mais tempo de resposta.

- sistemas mistos envolvendo filtração, infiltração, vegetação e wetlands, podem conter todo o derrame, por envolver o solo, elementos filtrantes como areia, e plantas em detrimento do próprio sistema de tratamento.

Assim o uso de sistemas de tratamento de poluição difusa, pode ser válido para a contenção de derrames pontuais. É preciso admitir que o derrame pode acarretar a destruição desse sistema de tratamento, pela contaminação de solo, elementos filtrantes, vegetação, ou outros componentes desse.

Os sistemas de tratamento por infiltração não seriam recomendados para o uso em descargas pontuais, porque permitem a percolação ao subsolo. Podem não conter o derrame devido a fatores intervenientes à contaminação do solo como: coeficientes de permeabilidade do solo, volumes derramados, condições atmosféricas, dentre outros. Isso poderia ser agravado no caso da presença de subsolo com:

- sistemas cársticos;
- ou com alta permeabilidade;
- ou com lençol freático de baixa profundidade.

Além desses Martins et al. (2005) alerta para que sejam também investigados:

- a situação atual do solo e das águas (superficial e subterrânea), quanto à contaminação, nos pontos de descarga;
- as características hidrogeológicas e composicionais do solo das áreas pretendidas à instalação das estruturas.

9.9 HTMs no controle da poluição difusa

Os HTMs são concebidos para a poluição pontual. Como se comportariam no controle da poluição difusa?

- Os de contenção “puros” , em um primeiro exame, não servem para o controle da poluição difusa, por consistirem apenas de válvulas de bloqueio e armazenamento de afluentes;
- Na situação de bloqueio de fluxo pelo sistema de contenção, dependendo do tempo de permanência, o sistema passa a funcionar como um sistema de detenção;

- Podem ter sistemas de pré-tratamento como os S.A.O, caixas de areia ou baixadas gramadas que atenuam a poluição difusa;
- Com um pré-tratamento, alguns sistemas podem gerar resíduos sólidos e efluentes; esses precisam ser classificados, monitorados para melhor compreensão da “nossa” poluição difusa.

Assim HMTs de retenção podem atenuar a poluição difusa.

9.10 HTMs em Baias e Estacionamento de veículos

Os HTMs nacionais foram separados dois grupos básicos: os de áreas de baias e estacionamento e os de pista de rolamento.

O Decreto 88821/83, Seção IV- Do Estacionamento, menciona:

[...]Art. 8º - Qualquer veículo transportando produtos perigosos, somente pode estacionar em áreas previamente determinadas pela autoridade de trânsito ou em estacionamento e áreas separadas...

... 2º - Quando a parada ou o estacionamento for por motivo técnico, o veículo transportando produtos perigosos deve evitar locais próximos a rodovias, áreas densamente povoadas, aglomerações de pessoas e veículos, reservatórios de águas, reservas florestais e ecológicas.[...]

A publicação do manual do PAE do DNIT (2005), indica a construção de áreas separadas para estacionamento e baias de parada em rodovias, para veículos com cargas perigosas. Essa publicação foi um marco pela adoção do PAE em termos nacionais. A implantação dessas áreas especiais pode ser observada em rodovias como a Anchieta, Rodoanel e outras, o que indica que sua utilização está em processo de consolidação.

Para estas áreas o padrão das HTMs utilizadas é o de tanque simples, sem tubulação de saída de vazão de fluxo, com apenas uma tubulação para limpeza. Estes tanques são construídos em concreto armado, com ou sem laje de cobertura.

A caixa Carga Perigosa Tipo 2 da Dersa observada no Rodoanel Oeste, e a Caixa de Contenção de Produtos Perigosos Tipo CP-1 A e B do DER, ou ainda as observadas na Rodovia Anchieta são citadas como exemplo para esse tipo de área.

Esses sistemas são mais fáceis de implantar em rodovias existentes pois não envolvem a drenagem de pista, apenas da área anexa separada, com um maior controle sobre o fluxo, vazão e velocidade. Portanto possuem características típicas de pátios de manutenção ou de postos de gasolina.

Os manuais rodoviários nacionais sobre modelos de projeto deverão incorporar os desenhos específicos para esse tipo de dispositivo, a exemplo do DER e Dersa.

A figura 58 ilustra um HMT de Baia. A baia é um pátio anexo a rodovia, um acostamento com a área drenada em separado.

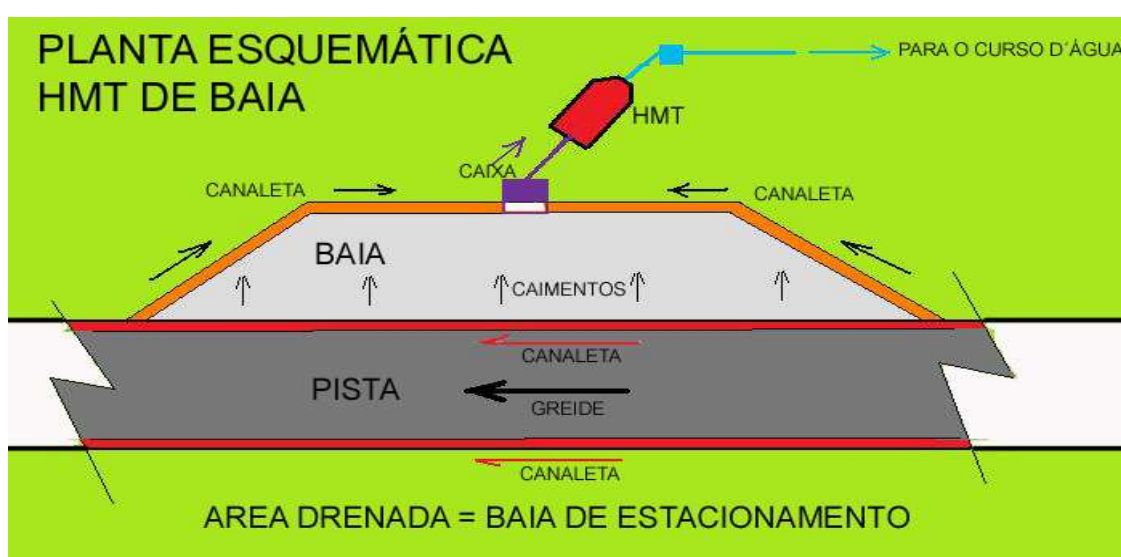


Figura 58 – HMT de Baia. Uma área anexa a rodovia.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Devido ao processo de consolidação dos PAEs, e conseqüentemente dos dispositivos dessas áreas, a pesquisa e análise sobre esse tipo de dispositivo foi concluída neste ponto, não se efetuando a quantificação desses dispositivos na pesquisa.

9.11 HTMs em Pistas de Rolamento

Os manuais rodoviários nacionais sobre meio ambiente, são vagos sobre estes tipos de dispositivos. A única referência direta são esquemas genéricos no manual do DAER/RS, que ilustram sistemas mistos. Nos demais manuais de projeto não foram localizados modelos ou desenhos.

Também não existem no Brasil manuais ou regulamentações referentes a implantação dos HTMs de pista de rolamento. A diferença básica é que enquanto os

HTMs de baía e estacionamento capturam vazamentos constantes provenientes de veículos com problemas detectados durante a viagem em plataformas com baixa declividade e pequena área, os HTMs de pista estão aptos a receber a carga proveniente de uma ruptura catastrófica, causada por um acidente inesperado, com todas as complicações inerentes a geometria da pista, agravadas em caso de chuva pela velocidade e vazão da água.

Em documentos técnicos como projetos executivos, EIAs, PGRs, ou na literatura internacional são localizados alguns desenhos. Não foi encontrado a nível nacional ou internacional qualquer documento sobre o efetivo funcionamento desses em caso de grandes derrames.

A figura 59 ilustra um HMT de Pista, onde a área drenada é a bacia delimitada pela pista, suas inclinações e pontos altos de greide.

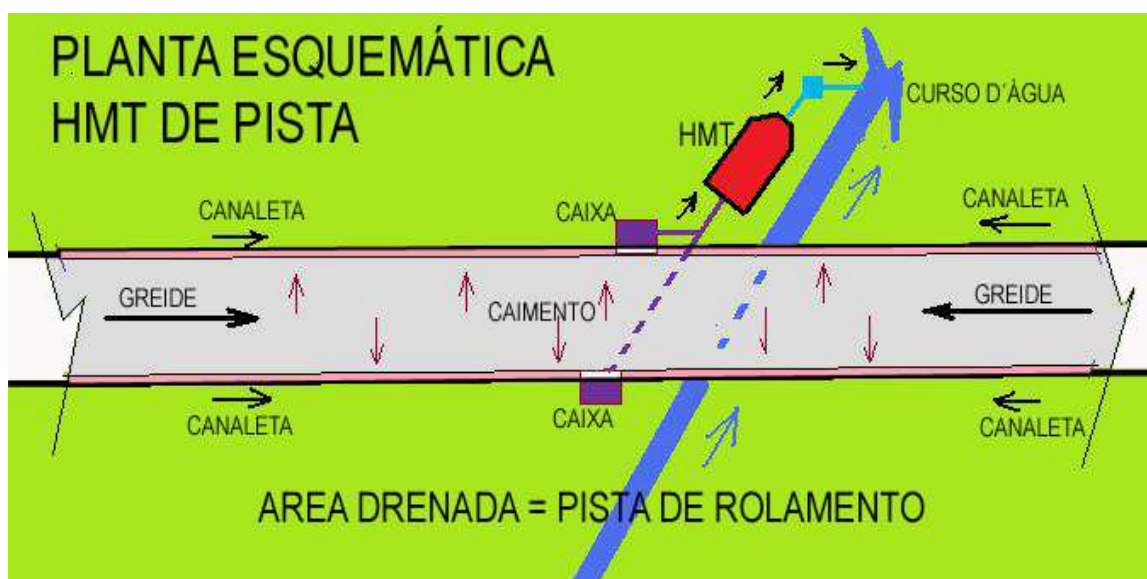


Figura 59 – HMT de Pista. Drenagem da pista de rolamento.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para derrames em pista, IPT (2004) recomenda a utilização de uma bacia dotada de uma válvula de interrupção de fluxo para a efetiva contenção.

O HMT para pista do tipo S.A.O foi observado, com algumas variações, em trechos das rodovias:

- Trecho sul do Rodoanel; Caixa Tipo 1A da Dersa;

- Rodovia dos Imigrantes pista descendente; Caixa de Meio Ambiente Padrão da Ecovias;
- Rodovia Carvalho Pinto; Caixa de Contenção da Ecopistas (em implantação);
- Rodovia SP-270, SP-300, com a adição de uma válvula que reverte de S.A.O para caixa de areia (S.A.O.v.);
- Trecho leste do Rodoanel; em licenciamento.

9.12 Volumes dos sistemas

Outra característica relacionada aos sistemas de captura (HTM), faz referência ao volume mínimo de capacidade das caixas.

DNIT (2005) menciona no item relativo a estacionamentos segregados: “a capacidade de armazenagem do tanque estanque deve ser no mínimo igual ao volume do pior caso de vazamento (maior capacidade volumétrica do caminhão – tanque)”.

Todos fazem menção ao volume máximo transportado a granel por um caminhão tanque. No Brasil adotou-se 30 m³, na Europa 34 m³ e nos EUA 38 m³. Esse volume tende a ser revisto no futuro, com a adoção de caminhões tanque de maior capacidade, como caminhões tanque tipo bi-trem (treminhões), ou pela partição interna de tanques, ou ainda pelas estatísticas históricas de acidentes etc..

Quanto ao problema do derrame no momento de chuvas, é recomendado o acréscimo ao sistema do volume da precipitação prevista, embora se admita a dificuldade de se obter um consenso sobre o critério de cálculo desse fluxo.

A maioria dos autores cita que em caso de chuva os sistemas de retenção, como as S.A.O, não funcionariam corretamente. Esse problema já foi abordado em itens anteriores e mostrado que podem ser incorporadas novas tecnologias a esses sistemas como no caso da caixa de hidrocarbonetos de Portugal.

A caracterização da vazão de escoamento, particularmente em países de grandes dimensões como nos EUA, ou no Brasil, é um problema porque a pluviosidade pode variar bastante sazonalmente, e de região para região.

A exceção fica por conta do estudo de caso, onde o sistema adotado foi a Caixa Tipo CC-04 da Dersa tipo contenção, que inclui outros componentes além da caixa como tubulações, bacias, diques e baixadas gramadas, e pode conter volumes de até de 2.366 m³.

9.13 Regulamentação

Teixeira (2010) recomenda a elaboração de regulamentação específica com a finalidade de tornar obrigatório às administradoras de rodovias, públicas e privadas, a adoção de sistemas de retenção e contenção em projetos de drenagem de águas pluviais, quando necessário.

Segundo FHWA (1996 apud BARBOSA, ESCARAMEIA & CARVALHO, 2004) sobre os sistemas de contenção e retenção:

[...] A literatura publicada não contém referências ao uso direto destes sistemas de proteção no ambiente rodoviário, exceto para bacias de contenção, originariamente concebidas para mitigar a poluição das águas de drenagem das auto-estradas. [...]

a) Leis

A pesquisa referente a este aspecto indicou a ausência de legislação específica sobre esses sistemas. Conforme indicado na literatura e verificado no estudo de caso, a legislação faz menção a esses dispositivos para a proteção específica de determinados mananciais locais.

Isso foi verificado na Lei Estadual do Guarapiranga, em São Paulo, e na legislação municipal de San Antonio, para a proteção ao aquífero Edwards, no Texas, EUA.

A legislação municipal de San Antonio, vai mais longe especificando um regramento genérico para a instalação dos dispositivos de tratamento (BMP) e de captura (HMT).

b) Normas

A Norma ABNT-NBR-14095/1998, que trata dos estacionamentos segregados, prevê a instalação desses pátios em locais afastados de áreas urbanas, povoados, escolas, hospitais áreas de mananciais e de proteção ambiental. Essa norma é

focada para a instalação de HMTs de Baia assim como os S.A.O normatizado para estacionamentos.

c) Manuais

O Manual do PAE do DNIT (2005) foi o único a nível nacional localizado pela pesquisa, a mencionar o uso específico de caixas tipo S.A.O, padrão ABNT, na rede de drenagem, a montante do tanque estanque e áreas segregadas para estacionamento e baia. Também menciona que a implantação das medidas estruturais preventivas possibilitará uma atuação firme na prevenção e atendimento de ocorrências de acidentes envolvendo veículos transportadores.

O Manual do DAER (1997) do Rio Grande do Sul, foi o único a nível estadual localizado pela pesquisa, a apresentar esquemas de projeto sobre sistemas de tratamento da poluição difusa, mas sem outros tipos de detalhamento.

Em State of North Carolina (2010) são apresentados alguns parâmetros de instalação no “*Guidelines For The Location and Design of Hazardous Spill Basins*”, como volumes, classe da água do corpo receptor, distâncias de manancial, etc...

d) Relatórios técnicos

Os relatórios técnicos, pareceres, e EIAs são ainda a maior fonte de informação disponível sobre esses sistemas, de onde foram retirados a maioria dos conceitos estudados nessa pesquisa.

Destacam-se os relatórios internacionais do LNEC do Polmit em Portugal; os documentos da FHWA, do “*North Caroline State University*”, e do “*Center for Transportation and the Environment*” nos EUA; do SUDS e “*Highways Agency*” no Reino Unido; da “*Association Mondiale de La Route*” na França; os projetos do “*Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen*” e “*Kocks Consult GMBH*” da Alemanha. No âmbito nacional o EIA do estudo de caso, sobre o tema.

De maneira geral há falta de regulamentação legal sobre o tema. Há necessidade da normatização e a incorporação de dados nos manuais técnicos sobre rodovias.

9.14 Ferramentas

Sem dúvida, a principal ferramenta que identifica a necessidade prévia destes sistemas de mitigação são os EIAs, com suas respectivas análises de risco, vulnerabilidade, PAEs, simulações e metodologias estatísticas inerentes.

Após a implantação da rodovia, os chamados pontos negros, ou pontos onde ocorrem mais acidentes, são detectados e incorporados ao PGR, que pode propor a implantação de novos sistemas de proteção e mitigação. Os PGRs tendem a ser uma ferramenta importante, mas precisam ser regulamentados (Teixeira, 2010).

Os bancos de dados sobre histórico de acidentes, origem e destino de produtos perigosos e propriedades químicas desses produtos são a base para a formação de análises de riscos e vulnerabilidade.

Quando cruzadas espacialmente, em bancos de dados geo-referenciados, as rotas e depósitos de produtos perigosos, com os locais vulneráveis como pontos de captação de água e áreas legalmente protegidas, podem fornecer indicativos da necessidade desses sistemas de proteção. As cartas temáticas situacionais e de rotas de produtos perigosos, como as elaboradas pelo DER (2010b), são exemplos muito importantes para a visualização espacial e possível instalação desses sistemas.

Os bancos de dados existentes sobre BMPs apesar de não enfocarem os HMTs, mostram sistemas mistos que podem ser úteis em projeto.

Apesar das iniciativas isoladas sobre a formação de bancos de dados relativos ao assunto, é importante sua manutenção e integração nacional além da complementação com os dados referentes aos sistemas implantados, sua eficiência e monitoramento. Com base nesse banco de dados integrado, poderão ser estudados o mapeamento de rotas de produtos perigosos como alternativas a áreas vulneráveis, e ainda, com os sistemas geo-referenciados, um melhor planejamento das ações integradas de combate a eventos de emergência.

9.15 Sobre as fases do licenciamento

Para empreendimentos novos (LI) ou já em atividade que necessitem regularização (LO), as fases são as mesmas do processo de licenciamento convencional. Assim, para a definição do termo de referência, o órgão ambiental pode solicitar além dos estudos tradicionais, um estudo específico sobre o

roteamento dos produtos perigosos e a previsão de sistemas de mitigação de impactos para derramamento de produtos perigosos, quando entender que a área é ambientalmente importante.

Conforme relatado na bibliografia, devido à falta de leis e normas, a iniciativa para a implantação desses sistemas tem sido tomada pontualmente por órgãos licenciadores, consultores ambientais e setores de meio ambiente das empresas envolvidas.

Constatada a necessidade da implantação destes sistemas como uma alternativa técnica para a mitigação de impactos, conforme preconiza o código florestal quando da intervenção em APPs, seria lícito ao órgão ambiental solicitar sua implantação como medida mitigadora.

Tal solicitação constaria nos condicionantes da LP ou LI no caso de empreendimentos novos, e da renovação da LO, para empreendimentos em atividade.

Na fase do desenvolvimento do projeto executivo, para a obtenção da LI, estes sistemas são efetivamente projetados e localizados, sujeitos a aprovação ou novo condicionamento.

Para a fase da LO, estes sistemas já estariam efetivamente implantados, e prontos para o uso, podendo ser complementados pós licença por meio dos PGRs e monitoramentos estabelecidos, ou até à época da renovação dessa licença.

9.16 Indicadores de macro localização

Como indicadores preliminares para se considerar a implantação desses sistemas, por meio da análise efetuada, têm-se:

- onde a faixa de domínio cruze áreas de captação, a uma distância de 5 km a montante das captações públicas de água para abastecimento (HADDAD, 2010), classes especial, 1, 2, e 3 da legislação brasileira;
- no cruzamento da faixa de domínio da rodovia com áreas protegidas legalmente;
- no cruzamento da faixa de domínio da rodovia com áreas urbanas densamente povoadas;

- em rodovias onde é previsto um volume médio diário de tráfego igual ou maior a 30.000 veículos/dia;
- em rodovias que possam ser rotas de veículos para o transporte de produtos perigosos (banco de dados e roteamento);
- no cruzamento da faixa de domínio da rodovia com áreas de armazenamento de produtos perigosos (banco de dados e roteamento);

De todos os indicadores expostos o principal e mandatório é o primeiro, sobre a distância entre captações e a faixa de domínio da rodovia. A fonte potencialmente poluidora, no caso a estrada localizada a montante da captação, pode causar conseqüências catastróficas em caso de derrame. Isso ocorre em função da magnitude dos impactos que podem afetar o meio biótico, físico, econômico e social.

9.17 Indicadores de micro localização

Uma vez dentro das áreas de macro localização indicadas no item anterior, deve-se considerar a implantação desses sistemas em locais onde a frequência e a severidade de acidentes tendem a ser maiores, como trechos com:

- intersecções em nível, com a instalação do dispositivo próximo ao cruzamento;
- declives acentuados, com a instalação do dispositivo no ponto de cota mínima do trecho;
- curvas fechadas, com a instalação do dispositivo próximo ao ponto crítico;
- túneis, com a instalação dos dispositivos nos emboques;
- intersecções em desnível, com a instalação dos dispositivos nas cabeceiras de pontes e viadutos (OAE);
- travessias de cursos d'água (APPs), em OAEs e OACs;
- travessias de áreas de entorno de nascentes (APPs) em OACs;
- ou outros indicados pelos PGRs;

Sobre a determinação da localização dessas estruturas, deve-se primeiramente identificar os pontos de maior sensibilidade ambiental, bem como os

locais de maior incidência de acidentes, de modo a caracterizar as áreas de risco (IPT, 2004). Simulações e análises de risco indicam a localização das estruturas.

9.18 Análise geral dos sistemas nacionais

Após a reunião dos dados sobre os sistemas nacionais contidos em projetos, manuais e em relatórios técnicos foi feita uma triagem para a retirada de elementos repetidos ou não relacionados. Foi selecionado da pesquisa o seguinte material:

- foco em dispositivos de pista;
- 23 tipos de dispositivos em 10 rodovias;
- total aproximado de 130 unidades;
- projetos de dispositivos da: Dersa, Ecovias, Ecopistas, Autoban, Viaoeste, Novadutra, Rodonorte, Colinas e DER²⁴;
- projetos de implantação da: Dersa, Ecopistas, Autoban, Viaoeste.

Após a pesquisa dos sistemas nacionais implantados e em implantação, foram elaborados quadros com as diversas características desses sistemas. A revisão bibliográfica, as observações colhidas em entrevistas e vistorias forneceram indicativos sobre os itens de análise utilizados, tais como:

a) Sistema segundo a finalidade: BMP, HTM

Apesar do foco dessa pesquisa não ser os BMPs, a mistura de conceitos e de sistemas encontrados na literatura obriga a essa primeira separação, conforme a finalidade principal do sistema implantado.

Nas rodovias brasileiras não foram identificados sistemas específicos para o tratamento de poluição difusa, com exceção da baixada gramada, utilizada com outra finalidade.

b) HTM de Baía ou de Pista

A pesquisa mostrou uma segunda grande divisão dos sistemas. No caso os HTMs são separados por localização da área drenada, a saber:

- de pista de rolamento;

²⁴ DER sem a localização.

- ou áreas de baias para estacionamento.

Estes sistemas possuem características básicas diferentes conforme já exposto.

c) HTM em relação às linhas de drenagem

Em relação às linhas de drenagem o dispositivo pode se encontrar alinhado (*“in line”*) ou paralelo a linha de drenagem (*“off line”*) onde o fluxo pode ser desviado em caso de um derrame, conforme já exposto. Por outro lado, se a drenagem terminar nesse dispositivo, tipo tanque, sem uma saída para excedentes ou válvula de abertura de fluxo, classifica-se o sistema como *“end line”*.

d) HTM tipo

Em relação ao tipo de dispositivo, se esse possui características mais semelhantes a:

- um Tanque: reservatório sem fluxo de saída;
- uma Bacia: reservatório com fluxo de saída;
- uma caixa S.A.O: separador de areia e óleo;
- ou vários: outros tipos;

e) HTM detalhes do dispositivo

Em relação aos detalhes do dispositivo, se possui:

- Cobertura em laje;
- Válvula de obturação ou fechamento;
- “Bypass” para desvio de fluxo;

f) HTM pré-tratamento

Em relação aos dispositivos que possuem um volume de água permanente em seu interior:

- Seco: quando permanece seco nas situações a espera do evento;

- Úmido: quando possui um volume de água permanente, com a função de diluição e pré-tratamento.

g) HMT status

Conforme a condição do sistema:

- Implantado: já em funcionamento;
- Em implantação: em projeto ou em vias de ser executado;
- Em licenciamento: quando não se enquadra nos itens anteriores, mas já se encontra em fase de LP ou apresentação de EIA.

h) HMT rodovia

Quanto a implantação dos sistemas em:

- Rodovia nova: ao mesmo tempo em que a rodovia, fase de implantação;
- Rodovia existente: após o início da fase de operação da rodovia.

i) HMT retenção, contenção e detenção

Conforme as características predominantes dos sistemas, conforme o resumo do quadro 13:

RESUMO DE CONCEITOS E TERMINOLOGIA: SISTEMAS DE CAPTURA HMTs PARA EMERGÊNCIAS		
TERMO:	CARACTERÍSTICAS	DISPOSITIVO
DETENÇÃO	CAPTURA DE SEDIMENTO	CAIXA DE AREIA
	AMORTIZAÇÃO DE FLUXO	BACIA DE DECANTAÇÃO
	CONTRA ASSOREAMENTO	DIQUE, BARRAMENTO
	AUTONOMIA PARCIAL	BACIA DE SEDIMENTAÇÃO
RETENÇÃO	RETARDO DO FLUXO	SEPARADOR TIPO S.A.O
	PRÉ-TRATAMENTO	SIFÕES
	NÃO IMPEDE O FLUXO	BAIXADA GRAMADA
	AUTONOMIA PARCIAL	LONGA TUBULAÇÃO
	GANHO DE TEMPO	DISPOSITIVO DE DETENÇÃO
CONTENÇÃO	INTERROMPE O FLUXO	VALVULA DE OBTURAÇÃO
	DESVIA O FLUXO	COMPORTA
	RESERVATÓRIO ASSOCIADO	DESVIO BYPASS
	VALVULA ASSOCIADA	RESERVATORIO ESTANQUE
	ESTANQUE	TANQUE
	ACIONADO POR AÇÃO HUMANA	TUBULAÇÃO ESTANQUE
	ARMAZENAMENTO ASSOCIADO	DISPOSITIVO DE DETENÇÃO

Quadro 13 – Resumo de termos, características e dispositivos HMT

Fonte: Elaborado pelo autor.

j) Características básicas

Descrição sucinta das principais características do dispositivo.

Os quadros 14 a 17 apresentam detalhes dos sistemas localizados e os itens analisados.

k) Outros itens analisados mas não planilhados foram:

- Distribuição geográfica dos sistemas HMTs de pista

Na figura 60, apresenta-se um mapa geo-referenciado de trechos aproximados cobertos por sistemas de pista. Não foram incluídos os trechos onde o processo se encontra ainda em fase de EIA ou LP, como no caso do Rodoanel trechos Norte e Leste.

Observa-se nesse mapa uma concentração maior desses no estado de São Paulo, especialmente entre as regiões metropolitanas da capital, Campinas e Santos. Essa informação é coerente com o mapa de acidentes do IBAMA (2010) e com o maior volume de circulação de cargas do país (David 2002, apud COSTA, 2010), citados na introdução desse estudo.

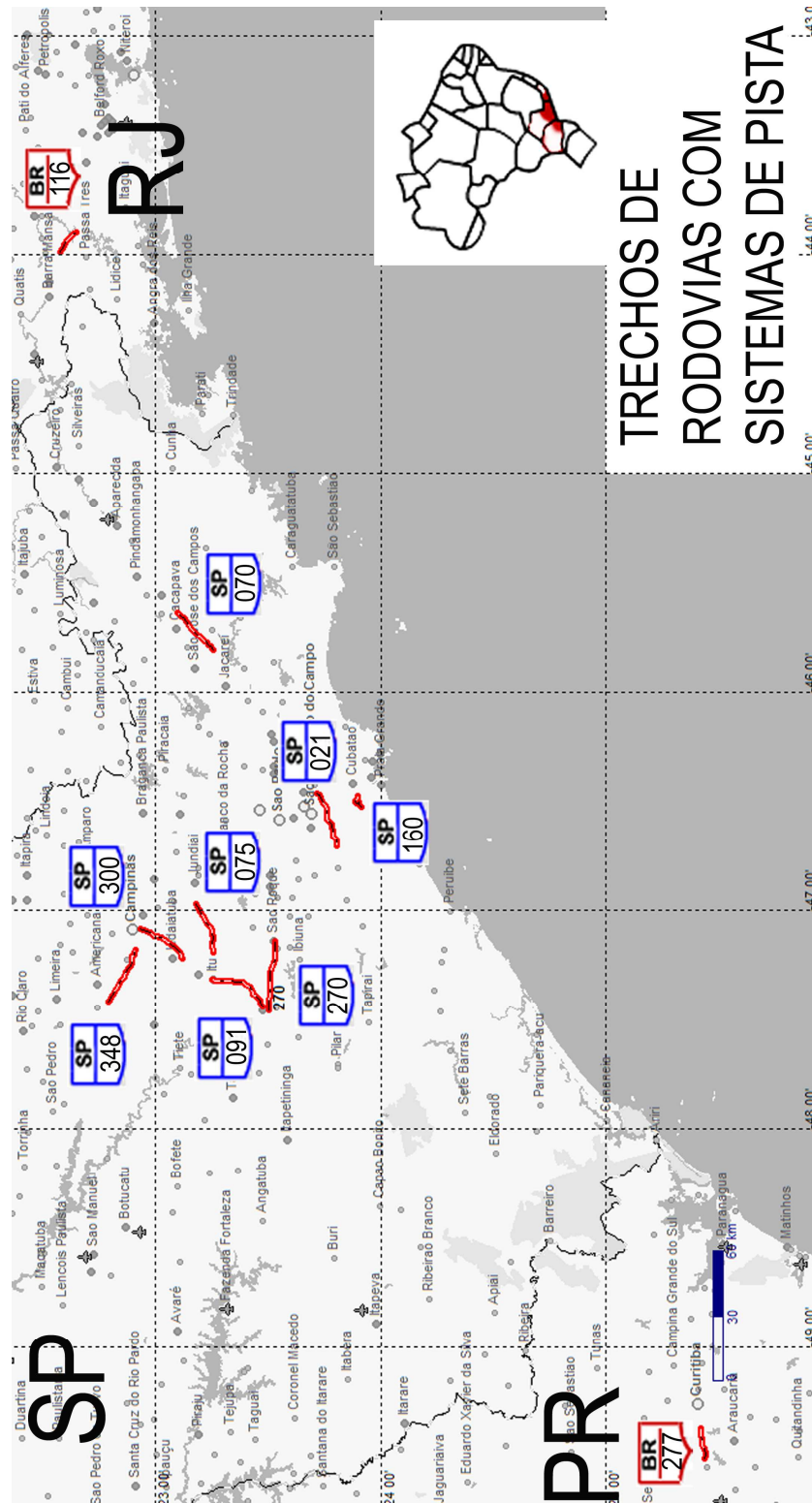
- Classe de projeto da rodovia

Os sistemas de pista foram observados em rodovias das Classes de projeto 0 (zero) e I, em rodovias sob concessão ou previstas para tal.

- Dispositivos eletrônicos de apoio

Para que os sistemas de contenção possam ser ativados é preciso que as equipes de emergência possam ser acionadas. Assim o monitoramento da rodovia pelos Centros de Coordenação de Operações do Plano de Emergência da Rodovia (CCOs), por câmeras e redes internas de TV, representam um avanço importante no acionamento dessas equipes com a redução do tempo total para a chegada da equipe. Rodovias como a Imigrantes e o Rodoanel contam com esse tipo de cobertura.

Apenas um dispositivo de acionamento à distância para desvio de fluxo foi observado, na baía com o “paradouro” de emergência na Rodovia Anchieta, mesmo assim aparentemente desativado.



**TRECHOS DE
RODOVIAS COM
SISTEMAS DE PISTA**

Figura 60 – Caixas de Retenção/Contenção pesquisadas. Mapa da localização aproximada de trechos de rodovias com sistemas de pista.
Fonte: Elaborado pelo autor.

ITEM	CAIXAS DE RETENÇÃO/CONTENÇÃO NO BRASIL NOME	LOCALIZAÇÃO / ESTRADA	SISTEMA		HTM		HTM	
			FINALIDADE		ÁREA DE		DRENAGEM	
			BMP	HTM	BAIA	PISTA	IN LINE	OFF LINE
1	Caixa de contenção de líquidos perigosos CC-04	Rodoanel trecho sul, SP-021	N	S	N	S	S	N
2	Caixa de meio ambiente padrão com tubo afluente	descendente da Imigrantes, SP-160	N	S	N	S	S	N
3	Caixa da Ecovias saída de tunel da Imigrantes desc.	descendente da Imigrantes, SP-160	N	S	N	S	S	S
4	Caixa de contenção de carga perigosa tipo 1 A e B	Rodoanel trecho sul, SP-021	N	S	N	S	S	N
5	Caixa de Contenção 1 a 12	Rodovia Carvalho Pinto, SP-070	N	S	N	S	S	N
6	Caixa de retenção 1 e controle	prolongamento Bandeirantes, SP-348	N	S	N	S	N	S
7	Caixa de retenção 2, 3, 4 5 e controle	prolongamento Bandeirantes, SP-348	N	S	N	S	N	S
8	Detalhamento da caixa de controle	prolongamento Bandeirantes, SP-348	N	S	N	S	N	S
9	Caixa	Sorocaba, SP-091, Sorocaba Itu	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
10	Caixa de Retenção	São Roque, SP-270, Cotia Votorantin	N	S	N	S	S	N
11	Caixa de retenção Tipo C com válvula	BR - 116 /RJ	N	S	N	S	N	S
12	Caixa de retenção Tipo C	BR- 227 /PR	N	S	N	S	N	S
13	Caixa Retenção Produtos Perigosos, Projeto Padrão	SP-300, Itu Jundiá	N	S	N	S	S	N
14	Caixa Retenção Tipo - Produtos Perigosos	SP-300, Itu Jundiá	N	S	N	S	N	S
15	Caixa	SP-075, Itu Campinas	N	S	N/D	N/D	N/D	N/D
16	Caixa de contenção de carga perigosa	Rodoanel trecho leste, SP-021	N	S	N	S	S	N
17	Caixa de contenção de líquidos perigosos	Rodoanel trecho norte, SP-021	N	S	N	S	S	N
18	Caixa de Contenção de Produtos Perigosos Tipo CP-1 A	não localizado	N	S	N	S	S	S
19	Caixa de contenção de carga perigosa tipo 1 A e B	Rodoanel trecho oeste, SP-021	N	S	N	S	S	N
20	Caixa de contenção de carga perigosa tipo 2	Rodoanel trecho oeste, SP-021	N	S	N	S	S	S
21	Caixa da Ecovias na descida da Anchieta	Anchieta, SP-150	N	S	N	S	N	S
22	Caixa da Ecovias estacionamento caminhões da Anchieta	Anchieta, SP-150	N	S	N	S	N	S
23	Barragem para Retenção de Sólidos	Rodoanel trecho oeste, SP-021	N	S	N	S	N	S
LEGENDA								
S	SIM							
N	NÃO							
N/D	NÃO DISPONÍVEL							

Quadro 14 – Caixas de Retenção/Contenção pesquisadas. Finalidade, área e drenagem.

Fonte: Elaborado pelo autor.

CAIXAS DE RETENÇÃO/CONTENÇÃO NO BRASIL		LOCALIZAÇÃO / ESTRADA		HTM TIPO		HTM DISPOSITIVO		HTM PRÉ-TRAT.	
ITEM	NOME	BACIA SAO	VÁRIOS	TANQUE	COBERTO	VALVULA	BYPASS	SECO	ÚMIDO
1	Caixa de contenção de líquidos perigosos CC-04	N	S	N	S	S	N	N	S
2	Caixa de meio ambiente padrão com tubo afluente	N	S	N	S	N	N	N	S
3	Caixa da Ecovias saída de tunel da Imigrantes desc.	S	N	N	S	N	N	S	N
4	Caixa de contenção de carga perigosa tipo 1 A e B	N	S	N	S	N	N	N	S
5	Caixa de Contenção 1 a 12	N	S	N	S	N	N	N	S
6	Caixa de retenção 1 e controle	N	S	N	S	N	S	S	N
7	Caixa de retenção 2, 3, 4 5 e controle	N	S	N	S	N	S	N	S
8	Detalhamento da caixa de controle	N	S	N	S	N	S	N	S
9	Caixa	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
10	Caixa de Retenção	N	S	N	S	S	S	N	S
11	Caixa de retenção Tipo C com válvula	N	S	N	S	N	S	N	S
12	Caixa de retenção Tipo C	N	S	N	S	N	S	N	S
13	Caixa Retenção Produtos Perigosos, Projeto Padrão	N	S	N	S	N	N	N	S
14	Caixa Retenção Tipo - Produtos Perigosos	N	S	N	S	N	S	S	N
15	Caixa	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
16	Caixa de contenção de carga perigosa	N	S	N	S	N	N	S	N
17	Caixa de contenção de líquidos perigosos	N	S	N	S	S	N	N	S
18	Caixa de Contenção de Produtos Perigosos Tipo CP-1 A	S	N	N	S	N	N	S	N
19	Caixa de contenção de carga perigosa tipo 1 A e B	N	S	N	S	N	N	N	S
20	Caixa de contenção de carga perigosa tipo 2	S	N	N	S	N	N	S	N
21	Caixa da Ecovias na descida da Anchieta	N	S	N	S	N	S	S	N
22	Caixa da Ecovias estacionamento caminhões da Anchieta	S	N	N	S	N	N	N	S
23	Barragem para Retenção de Sólidos	N	S	N	S	N	N	N	S
LEGENDA									
S SIM									
N NÃO									
N/D NÃO DISPONIVEL									

Quadro 15 – Caixas de Retenção/Contenção pesquisadas. Tipo, dispositivo e pré-tratamento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

ITEM	CAIXAS DE RETENÇÃO/CONTENÇÃO NO BRASIL NOME	LOCALIZAÇÃO / ESTRADA	HTM STATUS		HTM RODOVIA		HTM RETENÇÃO, CONTENÇÃO
			IMPLANTADO	EM IMPLANTAÇÃO	NOVA	EXISTENTE	
1	Caixa de contenção de líquidos perigosos CC-04	Rodoanel trecho sul, SP-021	S	N	S	N	C
2	Caixa de meio ambiente padrão com tubo afluente	descendente da Imigrantes, SP-160	S	N	S	N	R
3	Caixa da Ecovias saída de tunel da Imigrantes desc.	descendente da Imigrantes, SP-160	S	N	S	N	C
4	Caixa de contenção de carga perigosa tipo 1 A e B	Rodoanel trecho sul, SP-021	S	N	S	N	R
5	Caixa de Contenção 1 a 12	Rodovia Carvalho Pinto, SP-070	N	S	S	N	R
6	Caixa de retenção 1 e controle	prolongamento Bandeirantes, SP-348	N	S	N	S	DeC
7	Caixa de retenção 2, 3, 4 5 e controle	prolongamento Bandeirantes, SP-348	N	S	N	S	DeC
8	Detalhamento da caixa de controle	prolongamento Bandeirantes, SP-348	N	S	N	S	DeC
9	Caixa	Sorocaba, SP-091, Sorocaba Itu	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
10	Caixa de Retenção	São Roque, SP-270, Cotia Votorantin	S	N	N	S	DeR
11	Caixa de retenção Tipo C com válvula	BR -116 /RJ	N	S	N	S	DeR
12	Caixa de retenção Tipo C	BR- 227 /PR	N	S	N	S	R
13	Caixa Retenção Produtos Perigosos, Projeto Padrão	SP-300, Itu Jundiá	S	N	N	S	R
14	Caixa Retenção Tipo - Produtos Perigosos	SP-300, Itu Jundiá	S	N	N	S	DeR
15	Caixa	SP-075, Itu Campinas	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
16	Caixa de contenção de carga perigosa	Rodoanel trecho leste, SP-021	N	N	S	N	R
17	Caixa de contenção de líquidos perigosos	Rodoanel trecho norte, SP-021	N	N	S	N	C
18	Caixa de Contenção de Produtos Perigosos Tipo CP-1 A	não localizado	N/D	N/D	N/D	N/D	C
19	Caixa de contenção de carga perigosa tipo 1 A e B	Rodoanel trecho oeste, SP-021	S	N	S	N	R
20	Caixa de contenção de carga perigosa tipo 2	Rodoanel trecho oeste, SP-021	S	N	S	N	C
21	Caixa da Ecovias na descida da Anchieta	Anchieta, SP-150	S	N	N	S	C
22	Caixa da Ecovias estacionamento caminhões da Anchieta	Anchieta, SP-150	S	N	N	S	C e D
23	Barragem para Retenção de Sólidos	Rodoanel trecho oeste, SP-021	S	N	S	N	D
LEGENDA							
S	SIM						
N	NÃO						
N/D	NÃO DISPONÍVEL						
C	RETENÇÃO,						
R	CONTENÇÃO						
D	DETENÇÃO						

Quadro 16 – Caixas de Retenção/Contenção pesquisadas. Status, rodovia, retenção ou contenção.
Fonte: Elaborado pelo autor.

CAIXAS DE RETENÇÃO/CONTENÇÃO NO BRASIL		ESTACA, KILOMETRO, COORDENADA	QUANT.	CARACTERÍSTICAS
ITEM	NOME			
1	Caixa de contenção de líquidos perigosos CC-04	estacas 30,971 a 31,552	27	entrada ø 0,80 ou ø 1,00 m, chave de acionamento tipo "t", altura variável;
2	Caixa de meio ambiente padrão com tubo afluente	Km 9,10,46,47,50,53,56	14	grade para retenção de lixo, poço de esgotamento e limpeza;
3	Caixa da Ecovias saída de tunel da Imigrantes desc.	Km 46 ao 56	3	tanque, sistema de telemetria para controle de nível;
4	Caixa de contenção de carga perigosa tipo 1 A e B	estacas 32,011 a 33,361	2	3 fases. Possui dispositivo para separação por densidade e sifonagem;
5	Caixa de Contenção 1 a 12	Km 77,78,93 e 108	12	3 fases. Possui dispositivo para separação por densidade e sifonagem;
6	Caixa de retenção 1 e controle	Km 111 e 128	2	tanque de detenção com válvula de fluxo e "bypass";
7	Caixa de retenção 2, 3, 4 5 e controle	Km 111 e 128	4	tanque de detenção com válvula de fluxo e "bypass";
8	Detalhamento da caixa de controle	Km 111 e 128	6	tanque de detenção com válvula de fluxo e "bypass";
9	Caixa	Km 01 a 03	6	N/D
10	Caixa de Retenção	Km 58,63,87,89	8	caixa de areia reversível para caixa separadora de areia e óleo, por válvula;
11	Caixa de retenção Tipo C com válvula	Km 219 ao 227	N/D	caixa de areia reversível para caixa separadora de areia e óleo, por válvula;
12	Caixa de retenção Tipo C	Km 102	4	3 fases. Possui dispositivo para separação por densidade e sifonagem;
13	Caixa Retenção Produtos Perigosos, Projeto Padrão	Km 80,85,86,88,89,90,91,98,129	incluso	bacia de detenção dupla com bypass e extrator;
14	Caixa Retenção Tipo - Produtos Perigosos	Km 80,85,86,88,89,90,91,98,129	20	bacia de detenção com dispositivo separador de óleos em descargas rápidas;
15	Caixa	Km 65	3	N/D
16	Caixa de contenção de carga perigosa	em licenciamento	N/D	3 fases. Possui dispositivo para separação por densidade e sifonagem;
17	Caixa de contenção de líquidos perigosos	em licenciamento	N/D	idem ao item 1.
18	Caixa de Contenção de Produtos Perigosos Tipo CP-1 A	não localizado	N/D	tanque de contenção, para baias de produtos perigosos;
19	Caixa de contenção de carga perigosa tipo 1 A e B	Km 01,10,12,23,24,27	9	3 fases. Possui dispositivo para separação por densidade e sifonagem;
20	Caixa de contenção de carga perigosa tipo 2	coord. Lat 258081, Long. 142794	4	tanque de contenção, para baias de produtos perigosos;
21	Caixa da Ecovias na descida da Anchieta	Km 47	1	bacia coberta com bypass para a drenagem da caixa de brita de parada de emergência;
22	Caixa da Ecovias estacionamento caminhões da Anchieta	na interligação com Imigrantes	2	tanque aberto para a drenagem de estacionamento de veículos com produtos perigosos;
23	Barragem para Retenção de Sólidos	não localizado	2	diques de detenção construídos com solo para a fase de construção, e operação;
				129
LEGENDA				
S	SIM			
N	NÃO			
N/D	NÃO DISPONÍVEL			

Quadro 17 – Caixas de Retenção/Contenção pesquisadas. Micro localização, quantidade e características básicas.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Rodovia dos Imigrantes, pista descendente, observou-se um dispositivo de telemetria nos HMTs tipo tanque, para a captação da saída da drenagem de pista dos túneis. Esses sensores são interligados ao CCO e tem a finalidade de monitorar os níveis do afluyente e acionar as equipes responsáveis pelo transbordo, quando o nível chega a determinado limite.

Espera-se que a tendência seja da progressiva utilização desses dispositivos eletrônicos de apoio, apesar das ações de vandalismo observadas em rodovias.

O acionamento a distância de válvulas de bloqueio, a exemplo da tecnologia existente em ferrovias para o acionamento de desvios da linha, poderia reduzir o tempo de resposta em emergências há segundos.

- Dimensionamento e manutenção

Em geral, o dimensionamento e manutenção desses sistemas seguem a mesma metodologia dos sistemas tradicionais de drenagem, acrescidos do volume e características das substancias perigosas a serem consideradas.

A manutenção periódica é acrescida daquela que deve obrigatoriamente ser realizada após a ocorrência do derrame, considerando-se o treinamento adequado e o uso de equipamento específico pelas equipes.

9.19 Comparação entre os principais sistemas nacionais de pista

Da análise geral dos sistemas de pista implantados no Brasil, destacam-se quatro tipos principais, classificados pelo autor:

- S.A.O: retenção “in line”, caixas separadoras de areia e óleo (Dersa T1, Ecovias);
- S.A.O.v: retenção/detenção “in line”, caixas de areia que com a ação de uma válvula de obturação agregada, muda a função da caixa para separadoras de areia e óleo (CCR/Engellog);
- B.Tq: contenção/detenção “off line”, sistema com “bypass” e dispositivo para reservatório tipo tanque ou bacia (Autoban, Colinas);
- V.Tb: contenção/detenção “in line”: com válvula de fechamento utilizando a tubulação e outros dispositivos como reservatório (Dersa CC-04);

A figura 61 ilustra um Sistema de Contenção tipo B.Tq. Os tipos S.A.O e V.Tb são apresentados no capítulo sobre o estudo de caso, Rodoanel Mario Covas. A figura 62 ilustra o dispositivo S.A.O.v.

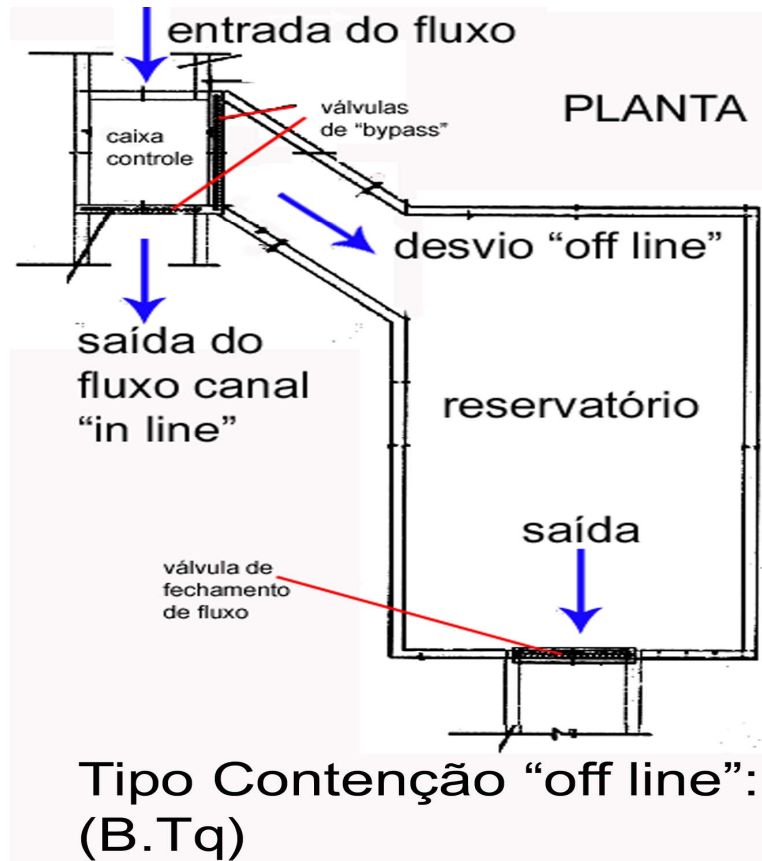


Figura 61 – Sistema de Contenção tipo B.Tq .
 Fonte: Adaptado de Autoban DE-01.348.000-1 -H07/079.

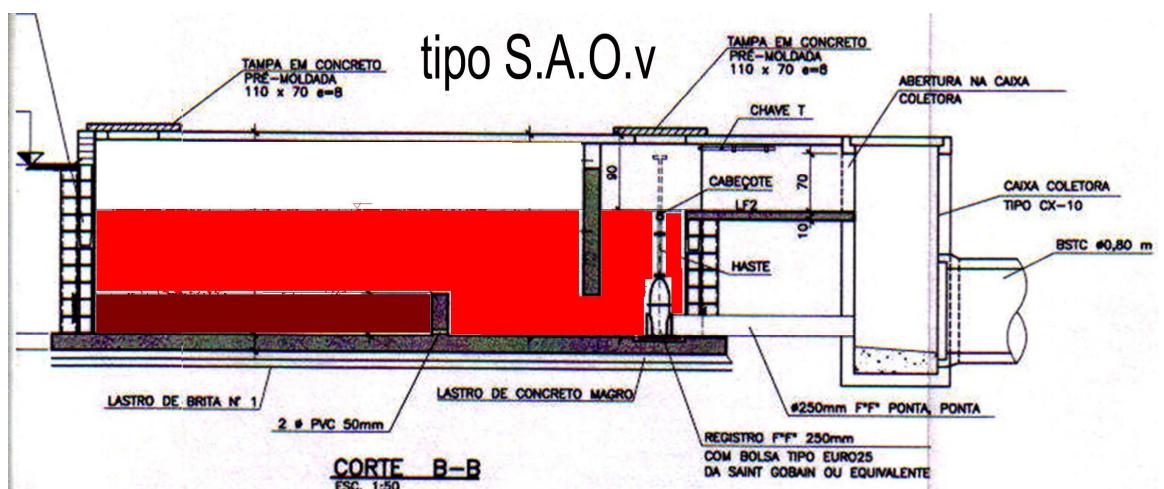


Figura 62 – Sistema de Contenção tipo S.A.O. v.
 Fonte: adaptado de Viaoeste, DE- SP0000270-086-086-120-H07/001.

a) Volume detido

Entre os sistemas o V.Tb, utilizado no Rodoanel Sul e com previsão de uso para o Rodoanel Norte, é o que apresenta maior capacidade, equacionando o problema do volume de precipitação adicional por pluviosidade.

b) Funcionamento autônomo

O sistema tipo S.A.O é o que apresenta funcionamento parcialmente autônomo, por meio de processos físicos naturais, sem a intervenção imediata da equipe de emergência, o que é uma característica dos sistemas de retenção. Parcialmente autônomo porque está limitado ao volume de afluente projetado para a retenção, constância de fluxo, etc...

Os sistemas de retenção são mais indicados em locais mais distantes das equipes de emergência, guardadas as limitações apresentadas, por apresentarem essa autonomia relativa.

Os sistemas de contenção utilizados no Brasil, o B.Tq e o V.Tb, ainda não são projetados para o funcionamento autônomo.

c) Tempo de travessia do sistema

O conceito do tempo de travessia difere em parte do conceito de tempo de permanência. Enquanto que o tempo de permanência é o tempo que o afluente passa dentro do dispositivo para algum tipo de tratamento o tempo de travessia seria o tempo que o afluente gasta desde sua entrada no sistema de drenagem, passando por todos os dispositivos, até ser descarregado no corpo hídrico ou equivalente.

Por exemplo, um afluente leva um determinado tempo de travessia sobre o sistema de drenagem convencional (T1), e outro tempo para atravessar o mesmo sistema com os dispositivos de retenção (T2). Quanto mais dispositivos, maior o tempo de travessia.

Quanto maior o tempo que o afluente demora a atravessar o sistema, mais tempo disponível existe para a resposta das equipes de emergência e menor tende a ser a frente de contaminação. Assim, de maneira geral, os sistemas de retenção, tipo S.A.O prestam auxílio às equipes de emergência antes da chegada desta ao sítio do derrame.

Melhorias no aumento do tempo de travessia do sistema foram incorporadas aos sistemas de contenção no Rodoanel sul. Os dispositivos V.Tbs representam um avanço em relação aos B.Tqs porque incorporam as baixadas gramadas no canteiro central, uma caixa de detenção em seu interior, no caminho do fluxo de entrada do sistema, dispositivos que diminuem a velocidade da frente de contaminação e aumentam o tempo de travessia do sistema.

O ideal seria que a equipe de emergência pudesse chegar a tempo de conter a frente de contaminação antes da descarga do afluente contaminado no corpo hídrico.

d) Tipo de produtos retidos

Os sistemas de contenção levam vantagem nesse item pela possibilidade de estancar completamente o fluxo, detendo todos os tipos de produtos (100%).

Os de retenção são projetados para os produtos da classe 3, o que representa aproximadamente 51% dos acidentes com produtos perigosos, conforme os dados da Artesp do primeiro trimestre de 2010.

e) Eficiência com chuva

Outro item em que os sistemas de contenção levam vantagem porque não estão comprometidos pelo volume adicional de chuva ou podem suportar um volume maior.

Conforme demonstrado em modelo construído pelo LNEC de Portugal, existe a possibilidade de se incorporar novas tecnologias aos sistemas retenção S.A.O para que o volume adicional de precipitação pluviométrica não atrapalhe o funcionamento desses, mas ainda não foram incorporadas.

f) Risco de falha humana

Barbosa, Escarameia & Carvalho (2004), ressalta que a necessidade de intervenção da equipe de emergência, na seqüência imediata de um acidente, para abrir ou fechar válvulas ou comportas (retenção), representa um risco considerável de falha no sistema.

g) Risco para a saúde pública

A presença de água nos dispositivos é apontada por vários autores como um fator positivo no pré-tratamento de afluentes, entretanto também é apontada como um fator de risco à saúde pública quando o dispositivo é aberto, pela possibilidade de proliferação de vetores.

h) Conclusão sobre a comparação de sistemas nacionais

Apesar do dispositivo de contenção V.Tb incorporar muitas inovações importantes, o acesso do fluxo pela parte superior da caixa é feito por meio de uma grelha de concreto. O vão entre barras da grelha é de 5 cm aproximadamente, e o volume de água permanente encontra-se um pouco abaixo, o que pode ser discutível do ponto de vista dos órgãos de saúde pública.

Os dispositivos de contenção tipo V.Tb, utilizados no Rodoanel Sul, representam um avanço considerável em relação ao tipo B.Tq, utilizados anteriormente em rodovias do interior do estado, em função do volume contido e a incorporação de outros dispositivos com acréscimo de tempo de retenção ao sistema.

O tipo S.A.O.v, que incorpora uma válvula, pode funcionar de duas formas. Caso a válvula esteja aberta o dispositivo funciona como uma caixa de areia, ou seja em detenção. Quando fechada a válvula o dispositivo funciona como uma caixa S.A.O, portanto como retenção. Para emergências pode não estancar todo o volume derramado além de estar propenso a falha humana. Comparados aos S.A.O de retenção convencionais, apresentam a desvantagem de menor autonomia em termos de volume e tempo de travessia, antes da chegada da equipe de emergência para fechar a válvula.

9.20 Fator tempo

O tempo é uma variável chave para emergências e influencia diretamente na efetividade da resposta da equipe responsável. A localização da base da equipe e do CCO torna-se então estratégica, e deve ser considerada na análise de riscos.

A avaliação da utilidade dos sistemas de retenção e contenção, para o meio ambiente e emergências, fica mais clara quando observada na figura 63.

TEMPO X RETENÇÃO X CONTENÇÃO

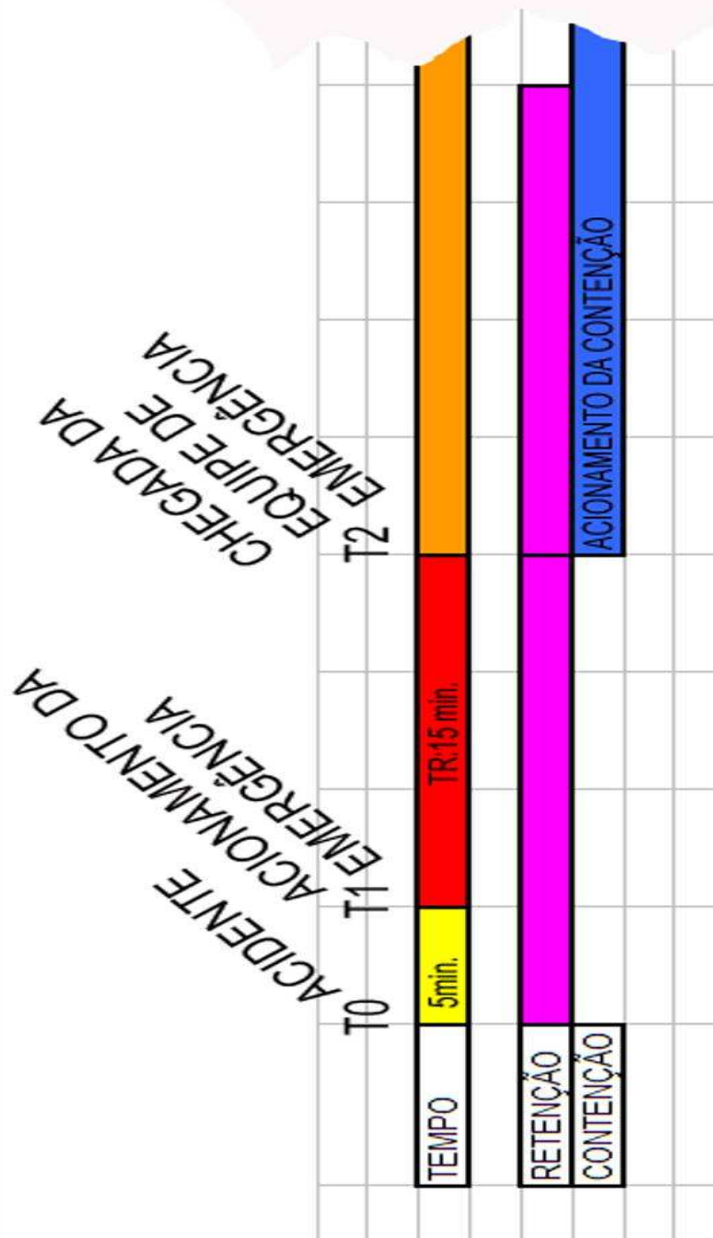


Figura 63 – Avaliação comparativa entre os tempos nos sistemas de contenção e retenção, para o meio ambiente e emergências. Observa-se que o sistema de retenção entra em ação no início do evento, mas possui uma capacidade limitada. Fonte: Autor

A figura 63 foi concebida para o seguinte cenário hipotético: imagine que ocorreu um acidente com grande derramamento de um produto perigoso na pista no tempo T0 (tempo zero). O acidente é percebido (Ta), a autoridade rodoviária é avisada (Tb) e aciona a equipe de emergência (Tc). Adote-se que a soma desses três tempos seja de 5 minutos ($T1 = Ta + Tb + Tc$) e que essa equipe chega ao local no tempo de resposta de 15 minutos (T2). O manual do PAE (DNIT, 2005c) considera um tempo de resposta razoável de 12 a 30 minutos.

- Cenário 1: a autoridade administradora da rodovia é avisada, mas não possui uma equipe de emergência especializada para atender esse tipo de chamado e a rodovia não possui nenhum tipo de dispositivo de proteção aos recursos hídricos. Equipes de bombeiros e defesa civil são acionadas mas demoram a chegar e controlar a situação. O líquido escorre pelo sistema de drenagem convencional até descarregar no curso d'água, contaminando-o e espalhando-se rapidamente.
- Cenário 2: a autoridade administradora da rodovia é avisada, e a rodovia possui um sistema de Contenção. A equipe de emergência é acionada 5 minutos após o acidente (T1), e leva mais 15 minutos (tempo de resposta, T2) para chegar ao local e fechar a comporta estancando rapidamente a drenagem e armazenando a substância no reservatório associado. A estrutura de contenção presente no local ajudou muito o trabalho da equipe. Nos vinte minutos anteriores em que o fluxo correu livre pela drenagem, provavelmente contaminaria o recurso hídrico, mas a equipe de emergência evitaria uma catástrofe maior, por meio do estaqueamento do fluxo no sistema de Contenção.
- Cenário 3: a autoridade administradora da rodovia é avisada, e a rodovia possui um sistema de Retenção. A equipe de emergência é acionada 5 minutos após o acidente (T1), e leva mais 15 minutos (tempo de resposta, T2) para chegar ao local. O sistema de retenção entrou em ação automaticamente logo em seguida ao acidente, retardando o escoamento do fluxo, e conseqüentemente a velocidade da frente de contaminação, até o limite de sua capacidade. Quando a equipe chega ao sitio a situação tende a ser menos catastrófica porque o sistema já está funcionando retendo parte da carga. Entretanto para o estaqueamento completo do vazamento, a equipe tem mais trabalho pois não existe uma válvula para o bloqueio, entretanto, ganhou mais alguns minutos para trabalhar. O ganho de tempo trabalha a favor da equipe de emergência nos sistemas de Retenção.

Observa-se que mesmo inadequados para separar produtos específicos do fluxo, os sistemas de Retenção são os únicos obstáculos efetivos entre o derrame e o recurso hídrico, antes da chegada da equipe de emergência. E que o único

sistema adequado para estancar completamente um fluxo de grande volume é o de Contenção.

Algumas considerações podem ser extraídas da situação hipotética descrita:

a) Integração dos sistemas de Retenção e Contenção

Ao aproveitar as vantagens de ambos os sistemas a efetividade no controle do derrame aumenta. Com o bloqueio completo do fluxo e a armazenagem adicional dos sistemas de Contenção, aliados ao ganho de tempo e redução do volume derramado na frente de contaminação dos sistemas de Retenção, a equipe de emergência é duplamente auxiliada.

Por exemplo, a utilização em série dos sistemas de Retenção/Detenção que ganham tempo, tipo S.A.O, em conjunto com caixas de areia e baixadas gramadas; acrescidas dos sistemas de Contenção como uma válvula de contenção geral de fluxo de saída "in line", e a incorporação de elementos de armazenamento adicionais como tubulações, diques, bacias, como nos sistemas V.Tb. do Rodoanel Sul.

Nenhum dos sistemas nacionais implantados possui as características ideais descritas acima.

b) Efeitos da incorporação de novas tecnologias aos sistemas

A incorporação de novas tecnologias aos sistemas é possível, e em alguns casos já se encontram disponíveis. Seus efeitos seriam:

- nos sistemas de Retenção o efeito da incorporação de novas tecnologias, como a do estudo realizado na S.A.O em Portugal, seria o de aumentar sua capacidade e eficiência, portanto indiretamente seu tempo de Retenção;
- nos sistemas de Contenção a incorporação de tecnologias de monitoramento por câmeras e comando a distância de válvulas, tende a reduzir o tempo de resposta a segundos.

Ambas positivas para o meio ambiente e emergências.

Um exemplo de incorporação de tecnologia aos sistemas é o da segregação da micro de drenagem de taludes, bermas, banquetas e anexos. Isso representou um ganho na redução de volumes e fluxos a serem considerados, com a respectiva

melhora de dispositivos como o S.A.O, menores quantidades de resíduos poluentes, menor turbulência e ressuspensão, etc..

c) Incorporação em projeto do Tempo de Retenção para emergências

Considerando que:

- essas estruturas são instalações que auxiliam na ação das equipes de emergência;
- o Tempo de Resposta é importante para o sucesso dessas equipes;
- a Contenção só ocorre após a chegada e ação da equipe;
- a Retenção começa a funcionar no início do derrame, após o acidente e antes da chegada da equipe;
- com a descarga de parte do produto perigoso ao corpo hídrico, já existiriam danos ao meio ambiente, e um esforço muito maior da equipe de emergência para controlar a frente de contaminação.

Torna-se vital para o meio ambiente, e para a efetividade das equipes de emergência, que as simulações, as análises de risco e os projetistas de drenagem de estradas levem em conta a equação:

$$T_{paa} + TR > T_{travessia}$$

Onde:

$$T_{paa} = \text{Tempo de percepção do acidente} + \text{Tempo de aviso à autoridade rodoviária} + \text{Tempo de acionamento da equipe de emergência}$$

$$TR = \text{Tempo de Resposta da equipe de emergência}$$

$$T_{travessia} = \text{Tempo de travessia do sistema de drenagem com Retenção}$$

Dessa forma a equipe chegaria a tempo de evitar quase que completamente os efeitos do derrame, ao invés de tentar minimizar os danos, com um esforço bem menor e uma efetividade muito maior.

Após essas considerações procedeu-se a verificação, dentre as estruturas analisadas, da existência de algum sistema que tivesse a propriedade de retardar o fluxo sem estancá-lo, de modo a auxiliar as equipes de emergência conforme o proposto para o conceito de retenção.

Dessa verificação surgiu a macro segregação do Trecho Sul do Rodoanel, onde foi executada a separação de 1,5 Km de linha de drenagem. Essa linha conduz a drenagem de pista à jusante da captação, atravessa os obstáculos naturais da topografia e evita a chegada do fluxo à captação.

Essa estrutura pode ser classificada como de retenção por:

- ganhar tempo para a chegada das equipes até sua descarga a jusante; um líquido que seja descarregado na ponta da linha, a uma velocidade adotada para escoamento de 5 Km/h, sem considerar a vazão, levaria 18 minutos para atingir o corpo hídrico, o que começa a ser coerente com o tempo de resposta.
- evitar a descarga da substância perigosa na captação, sem estancar o fluxo; o conceito de ganhar tempo para a chegada da equipe de emergência nesse caso é levado ao limite, porque a substância nunca será descarregada na captação em função do desvio efetuado à jusante. Isso direciona o ganho tempo ao máximo, ou seja infinito.

Assim, pelas características de retardar a descarga a jusante e evitar a chegada do fluxo a um ponto estratégico, sem impedi-lo, essa macro segregação pode ser considerada um sistema de retenção.

Como componentes desse sistema de retenção de macro segregação têm-se as caixas de areia, baixadas gramadas e a própria tubulação com 1,5 Km.

10 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A presente dissertação teve como objetivo localizar, identificar e analisar os Sistemas de Retenção e Contenção de produtos perigosos em derrames nas estradas brasileiras, em termos conceituais.

A revisão bibliográfica exhibe uma carência de regulamentação e informações sobre os sistemas. Entretanto indica uma tendência de consolidação desses. A maioria dos autores apresenta os sistemas de captura para derrames de produtos perigosos associados a sistemas de tratamento para a poluição difusa. No entanto no Brasil as iniciativas localizadas existentes são voltadas apenas para poluição pontual, com a captura dos derrames. Sobre seu desempenho real não existem dados disponíveis.

Os subsídios apresentados nesse estudo podem ser úteis para auxiliar a formulação de diretrizes para políticas públicas e privadas voltadas ao meio ambiente.

10.1 Conclusões finais da pesquisa

Como resumo do estudo realizado apresentam-se as principais conclusões:

- a) A diretriz principal sobre a necessidade de instalação desses sistemas é a presença da faixa de domínio da rodovia a uma distância de 5 km a montante das captações públicas de água para abastecimento;
- b) Outras diretrizes são listadas nos indicadores de macro localização; dentro da região macro-indicada para a instalação do sistema, utilizam-se os indicadores de micro localização, simulações e análises de risco para posicioná-los;
- c) Os sistemas de captura (HMT), mais ligados a emergências, evoluíram e seus estudos começam a segregar-se dos sistemas de tratamento (BMP);
- d) Em algumas rodovias brasileiras começam a ser implantados os sistemas do tipo HMT e nenhum do tipo BMP;
- e) A terminologia utilizada é nova e encontra-se em evolução. É importante o entendimento de conceitos para o seu aprimoramento;

- f) Para os sistemas e dispositivos HMT, em emergências, são utilizados os seguintes termos:
- Detenção é associado a retirada dos sólidos por sedimentação, dissipação de energia e sistemas mais simples como as caixas de areia;
 - Retenção ao retardo e pré-tratamento do afluente, sem o bloqueio do fluxo, como os dispositivos S.A.O. O conceito de Retenção, para os sistemas HMT, possui um enfoque mais amplo que o termo Detenção;
 - Contenção a interrupção completa e armazenagem do fluxo, também a válvulas de bloqueio de fluxo para derrames em conjunto com qualquer tipo de reservatório.
- g) Os sistemas de Contenção e Retenção podem englobar dispositivos de Detenção.
- h) O termo sistema deve ser utilizado porque é a associação de vários dispositivos de drenagem, entre os quais as caixas;
- i) Novos conceitos, modelos de projeto e terminologia devem ser incorporados aos manuais rodoviários de drenagem e de meio ambiente; como o de *segregação da drenagem*, ou de dispositivos “*in line*”, “*off line*” e “*bypass*”;
- j) No Brasil o volume mínimo para os sistemas é de 30 m³, conforme a capacidade do veículo transportador;
- k) O sistema de Contenção tipo CC-04 da Dersa, abriu novas perspectivas ao problema de armazenamento dos volumes transportados derramados acrescidos ao volume de precipitação;
- l) Existe a necessidade de normatização dos sistemas e de legislação específica que exija a instalação desses quando necessário;
- m) As principais ferramentas para a confirmação e localização dos sistemas são os EIAs, por meio das análises de risco e simulações, como componentes dos PAEs e PGRs;
- n) Os bancos de dados sobre produtos, acidentes, e sistemas, assim como as cartas temáticas das zonas sensíveis e o roteamento do transporte

de produtos, são de grande importância para o planejamento e redução de riscos pela redução da vulnerabilidade;

- o) O licenciamento ambiental é o instrumento pré-obra mais importante para a efetiva implantação dos sistemas, assim como o PGR tende a ser o mais importante no pós-obra, além dos instrumentos tradicionais de gestão ambiental;
- p) A carta elaborada sobre a localização dos trechos cobertos por sistemas nacionais é coerente com os dados registrados sobre acidentes e volumes de cargas transportados no Brasil;
- q) A tendência na bibliografia internacional é de uso dos sistemas mistos HMT+BMP;
- r) Em alguns casos BMPs podem ser utilizados em derrames e em outros HMTs podem servir ao controle da poluição difusa;
- s) HMTs no Brasil podem ser separadas entre de Baía e de Pista, pela normatização, características técnicas das áreas drenadas e pelo tipo de evento/acidente;
- t) Os principais dispositivos brasileiros de HMT de Pista podem ser classificados em quatro grupos: S.A.O de retenção “in line”; S.A.O.v de detenção/retenção “in line”; B.Tq de detenção/contenção “off line”; V.Tb: detenção/contenção/“in line”;
- u) Todos os sistemas possuem vantagens e desvantagens. A melhor solução, do ponto de vista de emergências e do meio ambiente, seria a integração dos sistemas de Retenção e Contenção, aproveitando as vantagens de ambos, conforme detalhado no capítulo anterior;
- v) Esses sistemas são medidas estruturais (instalações e equipamentos) que auxiliam o trabalho das equipes de emergência. Para a emergência a variável tempo é muito importante;
- w) O sistema de Retenção é o único obstáculo efetivo entre o derrame e o corpo hídrico, antes da chegada da equipe de emergência; Dessa forma os projetistas devem incorporar dispositivos à drenagem que retardem a chegada dos produtos perigosos ao corpo hídrico receptor, até a

chegada dessas equipes; As análises de risco devem levar em conta também a localização dos CCOs e das bases das equipes de emergência, em função desses dispositivos, de modo a otimizar o tempo de resposta. As simulações utilizando-se valores limite de concentração de toxicidade para organismos aquáticos, após a descarga do produto tóxico no corpo hídrico, devem ser utilizadas como segunda linha de proteção para as captações.

- x) O sistema de Contenção é o mais adequado para estancar completamente um grande fluxo, armazená-lo e cessar a descarga da fonte ao corpo hídrico;
- y) A micro segregação de drenagem representa uma incorporação de tecnologia aos sistemas BMP e HMT; e a macro segregação de drenagem, como a utilizada no Rodoanel no braço do Rio Grande, pelas características e finalidade pode ser considerada como um sistema de Retenção.

10.2 Recomendações

Concluída a pesquisa e análise para a elaboração da presente dissertação, seguem algumas recomendações que contribuem para a implantação desses sistemas em estradas brasileiras, com o foco voltado aos atuais contextos de proteção de recursos hídricos, emergências e de sustentabilidade do modal rodoviário brasileiro. Algumas só se aplicam a órgãos governamentais. Essas recomendações são as seguintes:

- a) A tendência mundial é o uso de sistemas que atuem em conjunto para poluição pontual e difusa (HMT+BMP). É coerente e mais econômico que seja feita a previsão em projeto de áreas para essas futuras instalações;
- b) Elaboração de mapas temáticos de roteamento de produtos perigosos cruzados com mapas de áreas sensíveis ou vulneráveis, como ferramenta de planejamento, para uso público em nível nacional;
- c) A pesquisa evidenciou a falta de mapas rodoviários nacionais geo-referenciados que incluam as informações de localização desses

sistemas e trechos de drenagem cobertos, bem como detalhes da quilômetragem. A elaboração dessas cartas facilitaria as ações em novos projetos, planejamento e emergências;

- d) Integração, complementação, facilitação de acesso e efetivo funcionamento dos bancos de dados estaduais, federais e de outras instituições existentes, referentes ao tema para o planejamento, prevenção e controle de ações de resposta. Esta iniciativa cabe aos governos e instituições em conjunto;
- e) Atualização dos manuais rodoviários de projeto, drenagem e meio ambiente com os novos conceitos existentes e em evolução;
- f) Considerar a elaboração de planos de monitoramento e disposição de resíduos sólidos, em HMTs com pré-tratamento, visando o início do controle e pesquisa da poluição difusa no Brasil;
- g) Considerar a elaboração de planos de monitoramento da qualidade da água em afluentes e efluentes, nas entradas e saídas dos HMTs com pré-tratamento, e no curso d'água receptor. Esses estudos levariam em conta regime de chuvas e a manutenção dos dispositivos, com a possibilidade de uma melhor avaliação do impacto em caso de derrame;
- h) Considerar a pesquisa e incorporação de novas tecnologias a serem aplicadas nos dispositivos a exemplo da Caixa para Hidrocarbonetos desenvolvida em Portugal;
- i) Considerar a integração dos sistemas de vigilância, comando e controle a distância dos HMTs x vandalismo x manutenção, a exemplo das tecnologias utilizadas em ferrovias no mecanismo de desvio dos trilhos, para a redução no tempo de resposta das equipes de emergência.

Ao finalizar-se este estudo espera-se que os subsídios apresentados possam colaborar para a conscientização pela sociedade, do papel desempenhado pelo licenciamento ambiental, pelas equipes de emergência, e pelos consultores ambientais na viabilização dos empreendimentos rodoviários sob o ponto de vista da proteção do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES- ANTT. **Transporte de produtos perigosos**. Disponível em: <http://appeantt.antt.gov.br/faq/produtos_perigosos.asp>. Acesso em: 21 de abril de 2010.
- AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO- ARTESP. 2010. **Portarias**. São Paulo. Disponível em: <<http://www.artesp.sp.gov.br/portarias>>. Acesso em: 18 de março de 2010.
- ALBUQUERQUE, M.; BARBOSA A. E.; ALBUQUERQUE A. **Avaliação do funcionamento de um sistema de tratamento da A23 – ligação Covilhã (Norte) 2006**. Programa de monitorização ambiental da A23, SCUTVIAS – Auto-estradas da Beira Interior S.A. Lisboa. 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA – ABIQUIM. **Consulta geral a homepage oficial**. Disponível em: <<http://www.abiquim.org.br/>>. Acesso em: 25 de abril de 2010.
- AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS.- ASCE. **International Stormwater BMP Database**. V 08 04 10. Disponível em: <<http://www.bmpdatabase.org/>>. Acesso em: 28 de maio de 2010.
- BARBOSA, A. E.; ESCARAMEIA, M.; CARVALHO, C. R. **Sistemas para a Retenção de Derrames Acidentais de Substâncias Perigosas em Estrada**. Editado por Barbosa, A.E., Leitão, T.L., Hvitved-Jacobsen, T. e Bank, F. LNEC. 2003, 176 p.
- BARBOSA, A. E.; ESCARAMEIA, M.; CARVALHO, C. R. **Concepção de sistemas para a retenção de derrames acidentais de substâncias perigosas em estrada**. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2004. Relatório Técnico.11º ENaSB - Encontro Nacional de Saneamento Básico. Lisboa: LNEC. 2004.
- BARBOSA, A. E. et al. **Avaliação da eficácia das medidas de minimização de impactes ambientais implementadas em Portugal**, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2008. Relatório Final Sectorial. Proc. 0605/541/5517. Lisboa: LNEC. 2008, 89 p.
- BARRETO, W. O.; CLAESSEN, M. E. C. **Simplificação do método de Kjeldahl para a determinação de N-total de solos tropicais**. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/pdfs/comunicadotecnico1.pdf>>. Acesso em: 07 de junho de 2010.
- BARRETT, M. E. **Complying with the Edwards Aquifer Rules: Technical Guidance on Best Management Practices**. Austin: Texas Natural Resource Conservation Commission. 1999.
- BRASIL. Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília. 1981.
- BRASIL. Resolução Conama nº.01/86, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. **Diário Oficial da União**, Brasília. 17/02/1986.

BRASIL. Resolução Conama nº.20/86, de 18 de junho de 1986. Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília. 30/07/1986.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. **Diário Oficial da União**, Brasília, 5 /10/1988.

BRASIL. Resolução Conama nº. 237, de 19 de dezembro de 1997. Estabelece as atividades passíveis de licenciamento e competências. **Diário Oficial da União**, Brasília.

BRASIL. Decreto 96.044, de 18 de maio de 1988. Aprova o regulamento para o transporte rodoviário de produtos perigosos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília: Presidência da República, 19 de maio 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/Antigos/D96044htm>. Acesso em: 21 de abril de 2010.

BRASIL. Portaria 204, de 20 de maio de 1997 do Ministério dos Transportes. Regulamenta o Decreto 96.044, de 18 de maio de 1988. **Diário Oficial da União**, Brasília: Presidência da República, 21 de maio 1997. Disponível em <http://appeantt.antt.gov.br/legislacao/PPerigosos/Nacional/PorMT204-97/index.htm>. Acesso em 21 de abril de 2010.

BRASIL. Resolução 420, de 12 de fevereiro de 2004 da Agência Nacional De Transportes Terrestres. Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos **Diário Oficial da União**, Brasília, 31 de maio de 2004.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE- CETESB. **Desenvolvimento de índices biológicos para o biomonitoramento em reservatórios do Estado de São Paulo**. 2006. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/publicacoes.asp>>. Acesso em: 07 de junho de 2010.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE- CETESB. **Controle e garantia da qualidade nas análises microbiológicas de águas para consumo humano**. 2007a. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/publicacoes.asp>>. Acesso em: 07 de junho de 2010.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE- CETESB. **Relatório de Emergências Químicas Atendidas pela CETESB em 2007**. Relatório técnico – São Paulo. 2007b. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/artigos/artigos/emergencias1.pdf>>. Acesso em: 05 de junho de 2010.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE- CETESB. **Relatório de Emergências Químicas Atendidas pela CETESB em 2008**. Relatório técnico – São Paulo. 2008. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/artigos/artigos/emergencias1.pdf>>. Acesso em 05 de junho de 2010.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE- CETESB. 2010a. **Emergências Químicas**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em 05 de junho de 2010.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE- CETESB. 2010b. **Manual do PAE**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em 06 de junho de 2010.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE- CETESB. 2010c. **Variáveis de qualidade das águas**. 2010. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/publicacoes.asp>>. Acesso em: 07 de junho de 2010.

COMPANHIA ESTADUAL DE HABITAÇÃO E OBRAS PÚBLICAS – CEHOP. **Redes de Drenagem**, Estruturas complementares. Disponível em: <<http://200.199.118.135/orse/esp/ES00287.pdf>>. Acesso em: 01 de junho de 2010.

COSTA, S.; ALONSO, A.; TAMIOKA, S. **Modernização negociada: expansão viária e riscos ambientais no Brasil**. Brasília: IBAMA, 2001. 240p.

COSTA, E.; FORATTINI, G.; QUEIROZ, A. **Licenciamento ambiental federal: avanços e desafios**. Brasília: IBAMA, 2011. (Apresentação ao TCU).

COSTA, R. M. **O papel da supervisão ambiental e proposta de avaliação de desempenho ambiental em obras rodoviárias**. 2010. 351 p. Dissertação (mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Poli/USP, Departamento e Engenharia de Minas. São Paulo, 2010.

CREDENDIO J.E. Estudo vê risco de colapso de água em São Paulo. **Jornal Folha de São Paulo**. Reportagem do Caderno Cotidiano. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u538656.shtml>>. Acesso em: 5 de agosto de 2010.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA-DAEE. **Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas**. DAEE, São Paulo, SP. 2005. Disponível em: <<http://www.daee.sp.gov.br/>>. Acesso em: 15 de agosto de 2010.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA-DAEE. **Água Limpa**. Disponível em: <<http://www.daee.sp.gov.br/>>. Acesso em: 25 de julho de 2010.

DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO RIO GRANDE DO SUL – DAER. **Manual de Meio Ambiente: anexo 2, exemplos de medidas ambientais**. 1997. Relatório técnico – Rio Grande do Sul. 1997.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO - DER / SP. **Estudos hidrológicos**. 2002. São Paulo. 2010. Disponível em: <<http://www.ceset.unicamp.br/~epoleti/ST306/ESTUDOS%20HIDROL%D3GICOS%20DER>>. Acesso em: 22 de abril de 2010.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO - DER / SP. **Manual do Sistema de Gestão Ambiental: anexo 1 Impactos Ambientais e Ações Preventivas e Corretivas em Empreendimentos Rodoviários**. 2007. Manual técnico. São Paulo. 2007.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO - DER / SP. **Trechos com restrições**. 2010a. Disponível em: <http://200.144.30.103/siipp/public/imprime_trechos_restricoes.aspx>. Acesso em: 20 de abril de 2010.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO - DER / SP. **Sistema Integrado de Informações para Atendimento de Ocorrências no Transporte de Produtos Perigosos**. 2010b. Disponível em <http://200.144.30.103/siipp/public/imprime_legenda.aspx>. Acesso em: 21 de abril de 2010.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO - DER / SP. **Projeto Padrão**. 2010c. São Paulo. 2010. Disponível em: <http://www.der.sp.gov.br/documentos/normas/normas_projetoH07.aspx>. Acesso em 22 de abril de 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - DNER. **Corpo Normativo Ambiental para empreendimentos rodoviários**. 1996. 91p. Rio de Janeiro. 1996.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem**. 2005a. 133p. 2v. Relatório técnico. Rio de Janeiro. 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manual rodoviário de conservação, monitoramento e controle ambientais**. 2005b. 68p. 2v. Relatório técnico - Rio de Janeiro. 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manual para a implementação de planos de ação de emergência para atendimento a sinistros envolvendo o transporte rodoviário de produtos perigosos**. 2005c. 142p. Manuais - Rio de Janeiro. 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manual de drenagem de rodovias**. 2006. 130p. 2v. Relatório técnico - Rio de Janeiro. 2006a.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Álbum de projetos**. 2006b. 2v. Relatório técnico - Rio de Janeiro. 2006b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manual de implantação básica de rodovias**. 2010. 3v. Relatório técnico preliminar - Rio de Janeiro. 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Consulta geral a homepage oficial**. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/>>. Acesso em: 13 de abril de 2010.

DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S/A- DERSA; FUNDAÇÃO ESCOLA DE SOCIOLOGIA E POLÍTICA DE SÃO PAULO - FESPSP. **Avaliação ambiental e estratégica do Programa Rodoanel**. 2004a. 2v. Relatório técnico - São Paulo, 2004.

DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S/A- DERSA; FUNDAÇÃO ESCOLA DE SOCIOLOGIA E POLÍTICA DE SÃO PAULO - FESPSP. **Estudo de impacto ambiental do Rodoanel Mario Covas - Trecho Sul Modificado**. 2004b. 9v. Relatório técnico - São Paulo. 2004.

DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S/A- DERSA; ITSEMAP DO BRASIL. **Análise de Vulnerabilidade, PAE e PGR - Rodoanel Mario Covas Trecho Sul**. Relatório técnico - São Paulo. 2010.

- DICIONÁRIO WEB. **Consulta geral a homepage oficial**. Disponível em: <<http://www.dicionarioweb.com.br/>>. Acesso em: 15 de abril de 2010.
- DYMINSKI, A. S. **Contaminação de solos e águas subterrâneas**. UFPR. TC019. 2006. Disponível em: <http://www.cesec.ufpr.br/docente/andrea/TC019_Contaminacao_de_solos.pdf>. Acessado em: 20 de julho de 2010.
- FARIA, R. **Estrada sem ruído**. 2009. Reportagem da revista Téchne. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/148/imprime144156.asp>>. Acesso em: 21 de abril de 2010.
- FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION – FHWA. **Protective Systems for Spills of Hazardous Materials**. Volume II. FHWA-RD-96-098. Washington: U.S. Department of Transportation. 1996, 150 p. . Disponível em: <<http://water.epa.gov/drink/index.cfm>>. Acesso em: 25 de janeiro de 2010.
- FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION – FHWA. **Stormwater Best Management Practices in an Ultra-Urban Setting: Selection and Monitoring**. Washington: U.S. Department of Transportation. Disponível em: <<http://www.fhwa.dot.gov/environment/ultraurb/index.htm> >. Acesso em: 15 de fevereiro de 2010.
- FOGLIATTI, M. A.; FILIPPO, S.; GOUDARD, B. **Avaliação de impactos ambientais**: aplicação aos sistemas de transporte. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 249p.
- GALLARDO, A. L. C. F. **Análise das práticas de gestão ambiental da construção da pista descendente da rodovia dos imigrantes**. 2004. 295 p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Poli/USP, São Paulo, 2004.
- GONÇALVES, J. B.; ALMEIDA, J. R.; LINS, G. A. **Uma análise crítica do acidente em Cataguases- MG**. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <http://www.g1consultoria.com/arquivos/file_0804081859.pdf>. Acesso em: 25 de abril de 2010.
- GONÇALVES, M.; SILVA, A. C. F. **Lubrificante automotivo**, recolhimento, armazenamento e destinação. 2008. São Paulo: Sindirepa-SP. Disponível em: <<http://www.oficinadeveiculos.com.br/index.asp>>. Acesso em: 12 de junho de 2010.
- HADDAD, E. **Cetesb- Setor de Operações e Emergências**. São Paulo, 10 de fevereiro de 2010. Entrevista concedida a Fabio P. Callía.
- INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR IMPACT ASSESSMENT- IAIA. **EIA Training Resource**: Manual for South Eastern Europe. Disponível em: <<http://www.iaia.org/default.aspx>>. Acesso em: 25 de agosto de 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE. **Consulta geral a homepage oficial**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/>>. Acesso em: 05 de outubro de 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Acidentes Ambientais Registrados pelo IBAMA em maio de 2010**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/emergencias/documentos/ocorrencias-de-acidentes-ambientais-2010/>>. Acesso em: 05 de junho de 2010.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DE SÃO PAULO – IPT. **Medidas estruturais para controle de impactos ambientais decorrentes de acidentes com produtos perigosos em rodovias.** Parecer técnico 9022. Artesp. 2004.

INSTITUTO NACIONAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL – INEPRO. **Princípios do direito ambiental.** 2010. Disponível em: <<http://www.jurisambiente.com.br/ambiente/principios.shtm#Princípio%20da%20Prevenção>>. Acesso em: 5 de março de 2010.

INTERNATIONAL ROAD TRANSPORT UNION- IRU. **Road Transport Indices.** 2010. Disponível em: < <http://www.iru.org/index/indices-country-action?id=00>>. Acessado em: 25 de julho de 2010.

KALAINESAN, S. et al. Sedimentation basin performance at highway construction. Artigo, **Journal of Environmental Management.** 2008. Department of Civil & Environmental Engineering, University of Pittsburgh. 2008 Journal of Environmental Management. 2009. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 22 de outubro de 2010.

LANDPHAIR, H. C.; MCFALLS A. J.; THOMPSON, D. **Design methods, selection, and cost-effectiveness of stormwater quality structures.** Relatório Técnico.FHWA/TX-01/1837-1. 2000. Texas: Transportation Institute. Relatório Técnico. 2000.

LEITÃO, T. E. et al. **WP2/4 Pollution from Roads and Vehicles and Dispersal to the Local Environment:** mass flux and mass balance calculations; assessment of pollution of groundwater and soils by road and traffic sources. 2000a, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2000.

LEITÃO, T. E. et al. **A poluição ambiental causada por estradas, o projecto Polmit.** 2000b, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2000.

LEITÃO, T. E. et al. **Avaliação e gestão ambiental das águas de escorrência de estradas.** 2002, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2002.

LNEC- Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Lisboa. **Directrizes para a Gestão Integrada das Escorrências de Estradas em Portugal.** Disponível em: <<http://www.civil.uminho.pt/g-terra/>>. Acesso em: 15 de agosto de 2010.

MARLER, H. C.; BARRET, M. E.; MALINA, J. **Hazardous Materials Traps:** Transport Spill Containment for Stormwater Pollution Prevention along Texas Highways. CRWR 05-06. 2000. Center for Research in Water Resources. Relatório Técnico. 2005.

MARTINS, P. R. R. et al. **Medidas de controle de impactos ambientais gerados por cargas difusas na fase de operação de rodovias.** 11º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental - ABGE. Apresentação.Florianópolis, SC. 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE- MMA. **Número de Acidentes/Ano por Classe de Risco.** 2007. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=publicacao.publicacoes>>. Acessado em: 30 de junho de 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE- MMA. **National Plan of Preparedness and Response to Environmental Emergencies with Hazardous Chemical.** 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=publicacao>>. Acessado em: 25 de junho de 2010.

NAMY, R. B. **Drenagem de rodovias**: contribuição para o estudo de controle da poluição por cargas difusas gerada pelo escoamento superficial. 1999. Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação da Escola Politécnica de Engenharia da Universidade de São Paulo, Poli-Usp, São Paulo, 1999. 138p.

PRODANOFF, J. H. A. **Avaliação da poluição difusa gerada por enxurradas em meio urbano**. 2005. 266 p. Tese (doutorado) - Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coppe/Ufrj, Rio de Janeiro, 2005.

ROMANINI, P. U. **Rodovias e Meio Ambiente, Principais Impactos Ambientais, Incorporação da Variável Ambiental em Projetos Rodoviários e Sistema de Gestão Ambiental**. 2000. Tese (doutorado). Departamento de Ecologia da Universidade de São Paulo-USP. São Paulo, SP. 2000.

SADLER, B. et al. **Environmental impact assessment: training resource manual**. 2002. UNEP - United Nations Environment Programme, Centre of Environmental Assessment and Management. 2002.2v. Reino Unido, 2002.

SAN ANTONIO. **Water and Sewer**. Municipal Code of Ordinances, Chapter 34: division 6. aquifer recharge zone and watershed protection.1995 Disponível em: <<http://louisville.edu/landuse/Appendix.pdf>>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2010.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental**: conceitos e métodos. 2006. Oficina de Textos. 1ª rev. São Paulo. 2008.

SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES, GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO - ST. **Infra-estrutura**. Disponível em: <http://www.transportes.sp.gov.br/v20/infraestrutura_rodoviario.asp>. Acesso em 25 de julho de 2010.

SOLERA, M. L. **Transporte de produtos perigosos em rodovias paulistas**. 2006. 61p. Monografia – Especialização em perícia e auditoria ambiental do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, IPT, São Paulo, 2006.

SPIGLIATTI, S; Carreta tomba e interdita faixas do Trecho Sul do Rodoanel. 2010. Cidades, Reportagem. **Jornal o Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/cidades,caminhao-ainda-bloqueia-uma-faixa-do-trecho-sul-do-rodoanel,540686,0.htm>> Acesso em: 22 de junho de 2010.

STATE OF NORTH CAROLINA. **Guidelines For The Location and Design of Hazardous Spill Basins**. Department of Transportation. Division of Highways. Hydraulics Unit. Guidelines for the Location and Design of hazardous Spill Basins. Disponível em: <<http://www.ncdot.org/doh/preconstruct/highway/hydro/gl0399web/pdf/o.pdf>>. Acesso em: 06 de outubro de 2010.

SUSTAINABLE URBAN DRAINAGE SYSTEMS – SUDS. **SUDS for Roads**. Final version. 2010. Disponível em: <<http://www.ncdot.org/doh/preconstruct/highway/hydro/gl0399web/pdf/o.pdf>>. Acesso em: 03 de outubro de 2010.

TEIXEIRA, M. S. **Análise e prognóstico dos acidentes no transporte rodoviário de produtos perigosos no município de São Paulo (1989 a 2008)** – Situação e cenários de risco. São Paulo, 2010. 204p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

TEXAS DEPARTMENT OF TRANSPORTATION - TXDOT. **Consulta geral a homepage oficial**. Disponível em:

<http://www.dot.state.tx.us/project_information/default.htm>. Acessado em: 21 de julho de 2010.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Brasília: Curso do Ministério do Meio Ambiente; Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento; Rhama Consultoria Ambiental, 2006. 311p.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L.; BARROS, M. T. **Drenagem urbana**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1995.

VARGAS, M. **Metodologia da pesquisa tecnológica**. Rio de Janeiro: Globo S.A., 1985. 243p.

VEDOVELLO, R.; MACEDO, E. S. Deslizamentos de encostas, cap.6, In: Santos, R. F. (Org.) **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: MMA, 2007. 191p.

WATERSHED SCIENCE INSTITUTE; CENTER FOR SUSTAINABLE DESIGN - MISSISSIPPI STATE UNIVERSITY. **Water Runoff Management**. Disponível em: <<http://www.abe.msstate.edu/csd/NRCS-BMPs/index.html>>. Acesso em 21 de abril de 2011.

WIKIMEDIA FOUNDATION INC. **Consulta geral a homepage oficial**. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/>>. Acesso em: 15 de julho de 2010.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONCESSIONÁRIAS DE RODOVIAS – ABCR. **Consulta geral a homepage oficial**. Disponível em: < <http://www.abcr.org.br/>>. Acesso em: 25 de janeiro de 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA AUTOMOTIVA– AEA. **Consulta geral a homepage oficial**. Disponível em: < http://www.aea.org.br/pt_br/>. Acesso em: 15 de janeiro de 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PREVENÇÃO E CONTROLE DE EMERGÊNCIAS AMBIENTAIS – ABPCEA. **Consulta geral a homepage oficial**. Disponível em: <<http://www.abpcea.org.br/>>. Acesso em: 05 de janeiro de 2010.

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: Eduem. 2007. 501p.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Microbiological examination**: Standard methods for the examination of water and wastewater. 20^a ed. Washington: APHA:AWWA:WEF, 1998. Disponível em: <<http://www.apha.org/publications/>>. Acesso em: 10 de abril de 2010.

BARBOSA, M. A. **SMA, Licenciamento Ambiental**. São Paulo, 03 de setembro de 2009. Entrevista concedida a Fabio P. Callia.

BARBOSA, A. E.; LEITÃO, T.; CARVALHO, C. R. **Águas de escorrência de estradas**. Sistemas para minimização de impactes, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2003, 1º Relatório, 233/03-NRE/DHA. Lisboa: LNEC. 2003b, 130 p.

BARBOSA, A. E.; ANTUNES, P. B. **Águas de escorrência de estradas**. Sistemas para minimização de impactes, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2004, 2º Relatório, 128/04-NRE/DHA. Lisboa: LNEC. 2004, 66 p.

BARBOSA, A. E. et al. **Águas de escorrência de estradas**. Sistemas para minimização de impactes, Relatório Síntese. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2009. Relatório Técnico. Proc. 0605/1/14678. Lisboa: LNEC. 2009, 29 p.

BARRETT, M. E. et al. **Characterization of Highway Runoff in the Austin, Texas, Area**. Center for Research in Water Resources. Relatório Técnico 263. Austin: The University of Texas at Austin. 1995.

CARVALHO, E. D.; SILVA, V. F. B. **Aspectos ecológicos da ictiofauna e da produção pesqueira do reservatório de Jurumirim**. 1999.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - DNER. **Normas para o projeto geométrico de estradas de rodagem**. Brasília, 1975. 89 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA E TRANSPORTES - DNIT. **Glossário de termos técnicos rodoviários**. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/ipr/manuais/DNER-700-gttr.pdf>>. Acesso em: 08 de maio de 2009.

DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S/A- DERSA ; FUNDAÇÃO ESCOLA DE SOCIOLOGIA E POLÍTICA DE SÃO PAULO - FESPSP. **Estudo de impacto ambiental do Rodoanel Metropolitano de São Paulo**, Trecho Oeste. São Paulo, 1997. 8 v. Relatório técnico.

DIRECTRIZES PARA A GESTÃO INTEGRADA DAS ESCORRÊNCIAS DE ESTRADAS EM PORTUGAL. **Consulta geral a homepage oficial**. Disponível em: <<http://www.civil.uminho.pt/g-terra/>>. Acesso em: 03 de janeiro de 2010.

ELECTRONIC CODE OF FEDERAL REGULATIONS. **National Primary drinking water regulations**. Filtration and Disinfection.2007. Disponível em: <<http://www.gpoaccess.gov/ecfr/>>. Acesso em: 23 de janeiro de 2010.

ENVIRONMENTAL ALLIANCE. PPG 3: **Use and Design of Oil Separators in Surface Water Drainage Systems**. April 2006. Disponível em: <<http://publications.environment-agency.gov.uk/>>. Acesso em 10 de novembro de 2010.

ENVIRONMENTAL ALLIANCE. PPG 22: **Dealing with Spillages on Highways**. Disponível em: <<http://publications.environment-agency.gov.uk/>>. Acesso em: 10 de novembro de 2010.

ESTEVES, F. A.; **Fundamentos da limnologia**. 1998. Interciência, Rio de Janeiro: FINEP/RJ. 575p.

FUSP - FUNDAÇÃO DE APOIO À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Plano da Bacia do Alto Tietê**. São Paulo, 2001. 1 CD-ROM.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE ECOLOGIA – IEE. **Consulta geral a homepage oficial**. Disponível em: <<http://www.iie.com.br/>>. Acesso em: 25 de abril de 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **Consulta geral a homepage oficial**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/>>. Acesso em: 09 de janeiro de 2010.

INSTITUTO SOCIO AMBIENTAL – ISA. **Seminário Billings 2002**, avaliação de áreas e ações prioritárias para a conservação, recuperação e uso sustentável da Bacia Hidrográfica da Billings. Disponível em: <<http://www.socioambiental.org/inst/sem/billings/seminario.pdf>>. Acesso em: 15 de julho de 2010.

INTERNATIONAL ROAD TRANSPORT UNION – IRU. **Consulta geral a homepage oficial**. Disponível em: <<http://www.iru.org/index>>. Acesso em: 25 de abril de 2010.

IRISH, L. B. et al. **An Evaluation of The Factors Affecting the Quality of Highway Runoff in the Austin, Texas**, Center for Research in Water Resources. CRWR Online Report 95-9. 1995. Austin: The University of Texas at Austin.

KEBLIN, M. V. et al. **The effectiveness of permanent highway runoff controls: sedimentation/filtration systems**. TX-00/2954-1. Research report 2954-1. Center for Transportation Research. The University of Texas at Austin Texas Department of Transportation. Relatório Técnico. 1998. Disponível em: http://www.utexas.edu/research/ctr/pdf_reports/2954_1.pdf. Acesso em: 15 de julho de 2009.

MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. G. **Calanoida (Copepoda) species composition changes in the reservoirs of São Paulo State (Brazil) in the last twenty years**. Hidrobiologia. 2003.

MATSUMURA-TUNDISI T. et al. **Cartilha da Água - Série 2 - Os organismos que vivem na água**. São Paulo: IIE. 2003. 21p.

- MENENDEZ, M.; SANCHEZ, A. **Seasonal variations in P-I responses of Chara hispida L. and Potamogeton pectinatus L. from stream Mediterranean ponds.** Amsterdam.: Aquatic Botany.1998.
- NOGUEIRA, M. G.; HENRY, R.; JORCIN, A. **Ecologia de reservatórios : impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata.** 2006. São Carlos .Rima.
- PIMENTEL, V. C. R. **Alternativas de solução para os impactos físicos de barragens.** Tese (doutorado). São Paulo. Escola politécnica – USP.2004.416p.
- POLLAN, S. **Dersa - Setor de Projetos.** São Paulo, 05 de outubro de 2009. Entrevista concedida a Fabio P. Callía.
- PRAT, N.; MUNNÉ, T.; RIERADEVALL, M. **La calidad ecológica de las aguas.** Seminário .internacional sobre macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de calidad de agua. Anais.1997. Cali: Universidad del Valle, 1997.
- ROMANINI, P. H. **Artesp - Meio Ambiente.** São Paulo, 15 de junho de 2010. Entrevista concedida a Fabio P. Callía.
- RIBEIRO, V.; SILVEIRA J. L. **Ecovias - Meio Ambiente.** São Paulo, 25 de junho de 2010. Entrevista concedida a Fabio P. Callía.
- SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental de empreendimentos rodoviários e reassentamento humano.** Relatório Técnico. São Paulo, Secretaria dos Transportes. 2000.
- SÁNCHEZ, L. E.; GALLARDO, A. L. C. F. **On the successful implementation of mitigation measures.** Impact assessment and project appraisal, v.24. 2005.
- SÁNCHEZ, L. E.; HACKING, T. **An approach to linking environmental impacts assessment and environmental management systems.** Impact assessment and project appraisal, v.20. 2002.
- SANTOS, E. B.; GUBIOSO, E. B. S. **Guia para elaboração da dissertação de mestrado.** 5. ed. São Paulo: IPT-CET, 2009. 44p.
- SCHUELER, T. R. **Controlling Urban Runoff: A Practical Manual for Planning and Designing Urban BMPs.** Department of Environmental Programs, Metropolitan Washington Council of Governments, Washington, D.C. 1987.
- SERPA, R. R. **ITSEMAP.** São Paulo, 20 de março de 2011. Entrevista concedida a Fabio P. Callía.
- SILVA, A. L. **A utilização do modelo WinHSPF no estudo de cargas difusas de poluição da bacia do Ribeirão da Estiva, SP.** Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação da Escola Politécnica de Engenharia da Universidade de São Paulo, Poli-Usp, São Paulo, 2003. 153p.
- SINDICATO DA INDÚSTRIA DE REPARAÇÃO DE VEÍCULOS E ACESSÓRIOS DO ESTADO DE SÃO PAULO - SINDIREPA-SP. **Consulta geral a homepage oficial.** Disponível em: < <http://www.oficinadeveiculos.com.br/index.asp>>. Acesso em: 12 de junho de 2010.
- STORMCEPTOR®. **Consulta geral a homepage oficial.** Disponível em: <www.stormceptor.com>. Acesso em: 16 de setembro de 2010.
- TUNDISI, J. G.; TUNDISI-MATSUMURA, T. **Limnologia.** 2008. Oficina de Textos. 2008. 255p.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI**: enfrentando a escassez. 2003. Rima Artes e Textos 248p.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI-MATSUMURA, T.; SIDAGIS G.C. **Eutrofização na América do Sul**: causas, conseqüências e tecnologias para gerenciamento e controle. São Paulo: IIE. 2006. 255p.

YOUNG, G. et al. **Evaluation and Management of Highway Runoff Water Quality**. Office of Environment and Planning, Federal Highway Administration, Washington, D.C. 1996.

APÊNDICE 1-

RODOVIAS: CLASSIFICAÇÃO, PAVIMENTO, DRENAGENS E RESÍDUOS

I. Rodovias e sua Classificação

Existem basicamente quatro critérios para a classificação das rodovias, conforme se apresenta a seguir (DNIT, 2010):

a) Quanto à sua administração ou jurisdição: federais, estaduais, municipais e particulares. Em determinados casos, sob circunstâncias específicas, trechos integrantes da malha rodoviária sob jurisdição federal têm a sua administração repassada para a responsabilidade de outro órgão rodoviário, por delegação do DNIT.

b) Quanto à sua classificação funcional: arteriais que compreendem as rodovias cuja função principal é a de propiciar mobilidade; coletoras que englobam as rodovias que proporcionam um misto de funções de mobilidade e acesso; locais que abrangem as rodovias cuja função principal é oferecer condição de acesso.

c) Quanto às suas características físicas: não pavimentadas, pavimentadas, com pistas simples ou duplas.

d) Quanto ao seu padrão técnico: dividem-se em classes, devendo ser obedecidos os critérios estabelecidos na quadro 19.

Para cada classe de projeto são estabelecidos os valores a serem observados na elaboração do Projeto Geométrico, referentes aos vários parâmetros integrantes, a saber: rampa máxima, valores do raio de curva, largura de pista, tipos de acostamentos etc.

CLASSE DE PROJETO	CARACTERÍSTICAS	CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO TÉCNICA	VELOCIDADE DE PROJETO POR REGIÃO (km/h)		
			Plana	Ondulada	Montanhosa
0	Via Expressa – controle total de acesso	Decisão administrativa	120	100	80
I	A Pista dupla – Controle parcial de acesso	O volume de tráfego previsto reduzirá o nível de serviço em uma rodovia de pista simples	100	80	60
	B Pista simples	Volume horário de projeto VHP > 200 Volume médio diário VMD > 1400			
II	Pista simples	Volume médio diário VMD 700 - 1400	100	70	50
III	Pista simples	Volume médio diário VMD 300 - 700	80	60	40
IV	Pista simples	Volume médio diário VMD < 300	80 – 60	60 – 40	40 – 30

Quadro 19 – Critérios de classificação de rodovias.
Fonte: Adaptado do Manual do DNIT, 2010.

II. O pavimento

O pavimento é uma estrutura de camadas em que materiais de diferentes graus de resistência e deformação são colocados em contato, resultando daí uma estrutura resistente às cargas impostas pelo tráfego. De uma forma geral, os pavimentos são classificados em flexíveis, semi-rígidos e rígidos, a saber:

a) Flexível: todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Exemplo típico: pavimento constituído por uma base de brita (brita graduada, macadame) ou por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica.

b) Semi-rígido: caracteriza-se por uma base cimentada com algum aglutinante com propriedades cimentícias como, por exemplo, uma camada de solo cimento, revestida por uma camada asfáltica.

c) Rígido: aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões

provenientes do carregamento aplicado. Exemplo típico: pavimento constituído por lajes de concreto de cimento Portland.

III. Drenagens tradicionais

É fundamental que o técnico responsável pelo projeto de uma rodovia tenha ampla consciência da importância da drenagem na garantia da estabilidade da via a ser construída. E, portanto, estabeleça, de uma maneira coerente, tanto técnica como econômica, o correto dimensionamento das obras de drenagem a serem implantadas (NAMY, 1999).

Em uma estrada, a água superficial, que é a fração que resta de uma chuva após serem deduzidas as perdas por evaporação e por infiltração, pode surgir percolando pelas encostas ou taludes, ou escoando sobre a pista de rolamento. Estas águas podem ser captadas por canais de proteção conforme a figura 64.

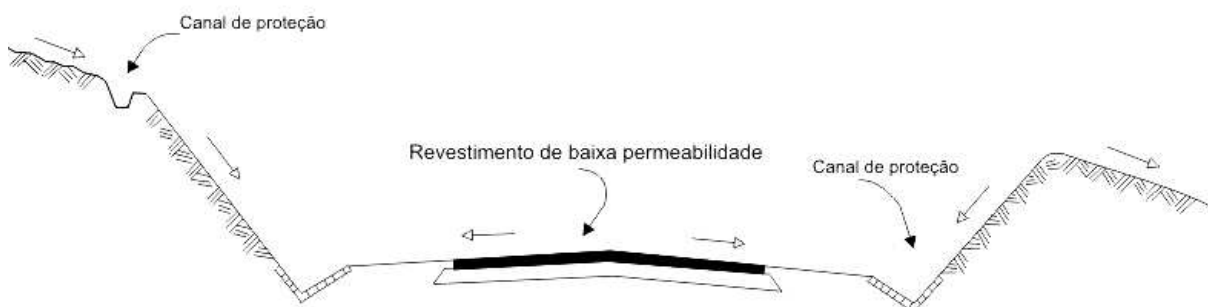


Figura 64 – Fluxo da água superficial.
Fonte: DNIT, 2010.

Em um projeto de sistema de drenagem superficial, os canais de proteção apresentados na figura 65 e demais dispositivos, possuem objetivos específicos conforme sua finalidade, são os seguintes:

- valetas de proteção de corte;
- valetas de proteção de aterro;
- sarjetas de corte;
- sarjetas de aterro;
- sarjeta de canteiro central;

- descidas d'água;
- saídas d'água;
- caixas coletoras;
- bueiros de greide²⁵;
- dissipadores de energia;
- escalonamento de taludes;
- corta-rios.

Para que haja drenagem eficiente do corpo estradal, todo o sistema de drenagem, com os dispositivos acima, deve funcionar de forma integrada e em cadeia, devendo ser freqüentemente desobstruídos, limpos e mantidos em boas condições estruturais.

Uma rodovia envolve ainda outros componentes que se constituem como componentes de projeto específico como interseções, paisagismo, obras de contenção de taludes e de preservação ambiental além das obras de arte.

A obra de arte especial (OAE) é aquela que deva ser objeto de projeto específico, especialmente: túneis; pontes; viadutos; passagens superiores e inferiores e muros de arrimo (DNIT, 2010).

A obra de arte corrente (OAC) é aquela que por sua freqüência e dimensões restritas, obedece a um projeto-padrão, em geral: drenos superficiais ou profundos; bueiros com vão ou diâmetro até 5,00m, inclusive; pontilhões com vão até 12,00m, inclusive; pontes com vão até 25,00m, inclusive; passagens inferiores e superiores com vão até 25,00m, inclusive; muros de arrimo com altura até 3,5m, inclusive; e corta-rios.

A figura 65 ilustra o sistema de drenagem e dispositivos em pista simples.

²⁵ Greide de uma estrada de rodagem é o projeto em perfil ou projeto vertical, e demonstra a altura da pista em relação ao relevo do entorno.

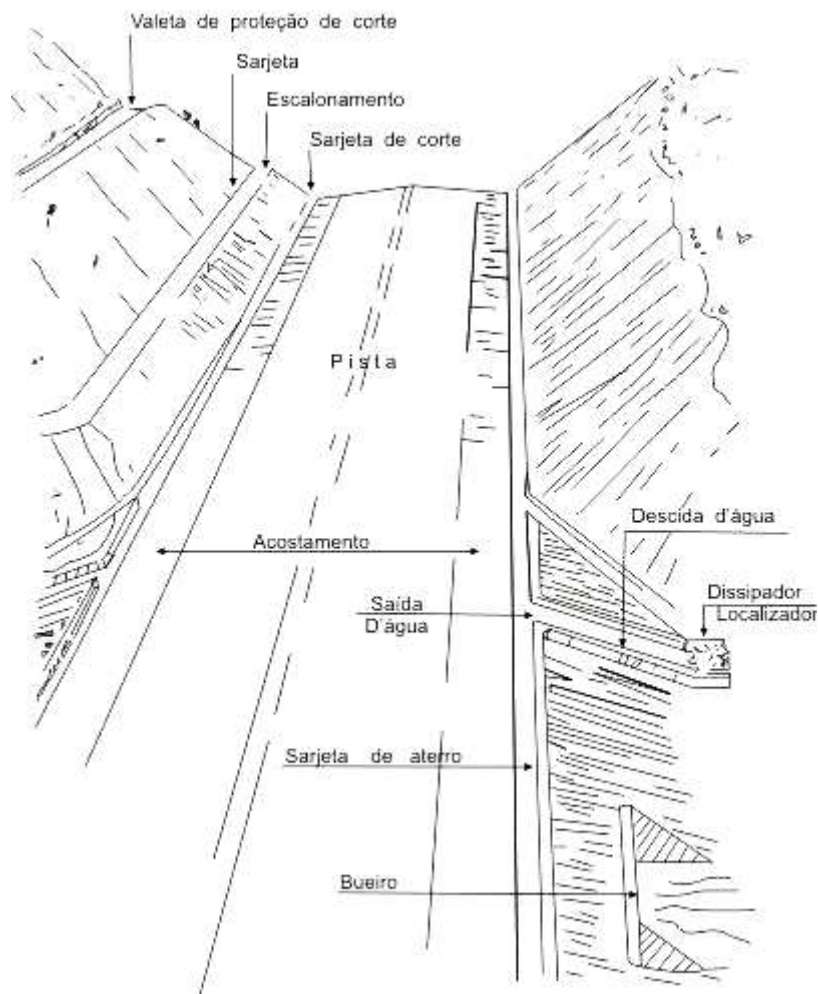


Figura 65 – Sistema de drenagem em pista simples.
 Fonte: DNIT. Manual do DNIT, 2010.

IV. Estudos hidrológicos de projeto

Os principais aspectos a serem considerados nestes estudos consistem em:

a) Pluviometria

Inicia-se com a coleta de dados das chuvas dos postos localizados na área, com os respectivos períodos de observação, justificando a escolha dos postos meteorológicos da região do projeto, de forma a representar o regime pluviométrico do trecho.

Após a coleta de dados, procede-se ao cálculo dos seguintes elementos: média anual de chuvas da região; média mensal; número de dias de chuva por mês; total anual; alturas máximas e mínimas; registro de chuvas e respectivos pluviogramas;

precipitação total; indicação do trimestre mais chuvoso e mais seco; e precipitação máxima em 24 horas.

Elabora-se um mapa, em escala apropriada, destacando a rede hidrográfica básica a ser afetada pelo projeto e a localização do trecho em estudo, associando-se as bacias às obras-de-arte projetadas.

b) Fluviometria

É o procedimento de coleta de elementos para elaboração dos fluviogramas das alturas d'água médias, máximas e mínimas mensais dos principais rios da região.

c) Cálculos, parâmetros de projeto

Os métodos e procedimentos pertinentes à elaboração desses estudos, com vista à confecção do Projeto de Drenagem, são descritos no Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem (DNIT, 2005a), considerando:

- Tempo de recorrência, ou período de retorno;
- Metodologia para a transposição de dados;
- Relação entre níveis d'água e descargas de projeto;
- Tempo de concentração, ou o tempo que leva para a chuva chegar à seção de interesse a partir do ponto mais distante;
- Metodologia do hidrograma unitário sintético;
- Método racional;

Segundo os projetistas do Dersa, para o cálculo da vazão de projeto é utilizado o Manual do DAEE (2005), onde o limite para a separação de método de cálculo para a área drenada seria de 200 hectares. Entretanto os projetistas contestam este valor por alegarem que no texto original em inglês o limite seria de 200 acres americanos, o que é equivalente a 80,94 hectares.

V. Dimensionamento dos dispositivos de drenagem

Na metodologia adotada pelo DNER, atual DNIT, têm-se entre os parâmetros a serem estudados, para cada segmento de rodovia de 40 km, o perfil do terreno, as características hidrológicas e hidrogeológicas, os parâmetros geológicos, parâmetros

dos solos (susceptibilidade a erosão), chuvas intensas em mm/24hs, tempo de retorno (TRa) igual há 50 anos, os tipos de cobertura vegetal, e a caracterização da energia associada à drenagem, para o dimensionamento de mecanismos de dispersão de energia (DNIT, 2005a).

Estabelecidas as vazões por bacia, para cada obra de arte e diversas estruturas de drenagem, procede-se o dimensionamento dos dispositivos, onde a recomendação do DNIT é de que devem ser dimensionadas pelos métodos e fórmulas consagradas, com a apresentação da memória de cálculo na qual constem as normas, especificações, bem como as hipóteses adotadas.

No álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem do DNIT, elaborado em 1988 e atualizado em 2006, constam praticamente todas as estruturas convencionais de um projeto de drenagem.

VI. Manutenção dos dispositivos de drenagem

No caso de se verificar o depósito de materiais, procede-se sua retirada, com disposição em local adequado. Conforme informações recolhidas em entrevista com o pessoal da concessionária Ecovias, o material proveniente das caixas de drenagem de pista geralmente é classificado como não inerte.

Segundo a Norma ABNT -NBR 10.004/87, os resíduos sólidos são rotulados nas seguintes classes:

a) Resíduos de Classe I - Perigosos - Resíduos que, em função de suas propriedades físico-químicas e infecto-contagiosas, podem apresentar risco à saúde pública e ao meio ambiente. Devem apresentar no mínimo uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

b) Resíduos de Classe II - Não Inertes - Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou classe III. Apresentam propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.

c) Resíduos de Classe III - Inertes - Quaisquer resíduos que submetidos a um contato estático ou dinâmico com água, não tenham nenhum de seus componentes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água definidos pelo Anexo H da Norma NBR 10.004.

Esses materiais recolhidos das caixas são classificados também como resíduos de serviços de transportes, pela Lei 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, e de acordo com a Lei 11.445/07, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e a gestão de resíduos. Devem ter uma destinação adequada, sendo encaminhados a aterros sanitários.

APÊNDICE 2 –

IMPACTOS, POLUIÇÃO, EIA, ÁGUA E GESTÃO AMBIENTAL EM RODOVIAS

I. Impactos em rodovias

Em Sánchez (2000 apud ROMANINI, 2000) e Sánchez (2006), são apontados os principais impactos sócio-ambientais para os diversos ciclos de vida ou fases de empreendimentos rodoviários:

- Fase de planejamento
 - criação de expectativas e inquietação junto à população;
 - especulação imobiliária;
 - abandono ou redução das atividades agrícolas.
- Fase de implantação: atividades preparatórias e de construção, meio físico
 - modificação do relevo;
 - intensificação dos processos erosivos;
 - indução de escorregamentos e outros movimentos de massa;
 - aumento da carga de sedimentos e assoreamento de corpos d'água;
 - represamento parcial de cursos d'água;
 - alteração da qualidade das águas superficiais;
 - alteração das propriedades físicas e biológicas do solo;
 - alteração da qualidade do ar;
 - alteração do ambiente sonoro;
 - risco de poluição da água e do solo com substâncias químicas.
- Fase de implantação: atividades preparatórias e de construção, meio biótico
 - destruição e fragmentação de habitats da vida selvagem;
 - perda e fuga de espécimes da fauna;
 - soterramento de comunidades bentônicas;
 - criação de ambientes lóticos;
 - modificação na cadeia alimentar.
- Fase de implantação: atividades preparatórias e de construção, meio antrópico;
 - alteração das formas de uso do solo;
 - alteração ou perda de sítios arqueológicos e outros elementos do patrimônio cultural;

- impacto visual;
- deslocamento de pessoas e atividades econômicas;
- aquecimento do mercado imobiliário;
- aumento da oferta de empregos;
- aumento da demanda de bens e serviços;
- aumento da arrecadação tributária;
- Fase de implantação: desmobilização
 - redução das oportunidades de trabalho;
 - redução da arrecadação tributária;
- Fase de operação: já citados no corpo do texto.

O aumento do escoamento superficial, associado às rodovias, pode aumentar a taxa e a extensão de erosões, reduzir a percolação e as taxas de recarga dos aquíferos, alterar a morfologia de canais e aumentar a taxa de descarga de rios (BESCHTA, 1978 apud ROMANINI, 2000).

Os impactos físicos de rodovias nos ecossistemas de florestas incluem aumento da contribuição de sedimentos finos para os canais de drenagem, taxas aceleradas de escorregamentos e movimentos de massa durante as grandes enchentes, aumento da densidade de drenagem e mudanças e magnitude de picos dos eventos de “runoff” (WEMPLE, 1996 apud ROMANINI, 2000).

A remoção da floresta resulta em menor evapo-transpiração e capacidade de armazenamento de água, mas a rodovia por si pode aumentar as taxas de pico de descarga. Além disso, a frequência de cheias em uma bacia hidrográfica correlaciona-se com a porcentagem de áreas cobertas por rodovias (JONES & GRANT, 1996 apud ROMANINI, 2000).

II. Estudo de Impacto Ambiental

Inicia-se o EIA, com a identificação dos impactos. Esta definição leva em conta a sobreposição de parâmetros como: níveis de tráfego, atuais e futuros, áreas a serem preservadas, áreas de expansão urbana, reservas, aptidão regional, interfaces, indicadores de impactos significativos, e ainda para sua caracterização fatores como: geologia, geomorfologia, climatologia, recursos hídricos, solos, florestas e matas, bem como a base econômica, conflitos com áreas de preservação, fluxo de produtos e pessoas, planos diretores etc..

Um estudo ambiental deve contemplar na etapa de identificação de impactos, a coleta de dados históricos, a seleção de indicadores ambientais, e deve ser orientado para possibilitar comparações entre a situação prévia e a pós-projeto. Indicadores ambientais são parâmetros representativos de processos ambientais e do estado do ambiente (SÁNCHEZ, 2003 apud GALLARDO, 2004).

Visando a abrangência e quantificação de impactos, é estabelecida a área de influência direta (AID). A AID envolve no mínimo a faixa de domínio da estrada e as micro-bacias de drenagem até 1,5 a 2 km de afastamento do eixo, onde podem existir perdas diretas como erosões, assoreamentos, contaminação, etc..

O resultado desta análise dos impactos conduz ao prognóstico e o diagnóstico da qualidade ambiental da área de influência, no caso de adoção ou não do projeto e suas alternativas. Após a análise detalhada dos impactos sobre o meio físico, biótico e socioeconômico, chega-se uma síntese conclusiva dos impactos relevantes para cada fase do empreendimento, com uma avaliação de sua magnitude e interações.

O Diagnostico Ambiental é que caracteriza a situação ambiental da área de influência, para aquele momento, antes da implantação do projeto, para o meio físico, biológico e sócio-econômico.

O Prognostico Ambiental, é a caracterização ambiental futura da área de influência, elaborada para as hipóteses de implantação ou não do empreendimento. Então, são propostas as medidas mitigadoras que visam diminuir os impactos identificados e quantificados. São apresentadas segundo a classificação de sua natureza (prevenção ou correção), fase (implantação, projeto ou operação), meio (físico, biótico ou socioeconômico), duração (prazos) e o responsável por sua aplicação.

A quantificação dos impactos ambientais é a etapa seguinte. Busca informar sobre a magnitude e intensidade das mudanças nos sistemas naturais e sociais decorrentes do projeto .

A próxima etapa na elaboração dos estudos, corresponde à avaliação dos impactos ambientais, atribuindo-se significância aos impactos previstos, sempre considerando o contexto socioambiental em que o empreendimento se insere (SÁNCHEZ, 2003 apud GALLARDO, 2004).

Em seguida são propostos planos para o acompanhamento de impactos, com a definição de métodos para coleta e processamento de informações, indicadores, abrangência, periodicidade, justificativas, visando retratar a evolução dos impactos. Estes planos são denominados PBAs, Planos Básicos Ambientais, abrangem todo o detalhamento das medidas a serem adotadas, desde sua otimização e definição de programas ambientais para cada meio, ações corretivas, preventivas, identificação das instituições, custos, duração, parcerias, objetivos etc...

Por fim é elaborado o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), que é em síntese um resumo do EIA, com uma linguagem acessível ao público leigo.

Após a finalização e análise do EIA, a etapa que antecede a decisão é a consulta pública, por parte do órgão licenciador realizada principalmente por meio de audiências públicas com essa finalidade. As dúvidas e questionamentos por parte da população são anotadas, analisadas e respondidas pelo empreendedor, que pode complementar o EIA, e encaminhá-las ao órgão licenciador para uma avaliação final. Não é necessária a conclusão do EIA para a realização de audiências públicas.

Gallardo (2003 apud GALLARDO, 2004) confirmou, por meio da análise de processos de AIAs de 76 empreendimentos rodoviários no estado de São Paulo, entre 1998 e 2002, a crescente inserção da variável ambiental nas fases de construção e operação de rodovias.

III. Impactos sobre recursos hídricos na fase de operação da rodovia

A poluição das águas tem como origem diversas fontes (CETESB, 2006), dentre as quais se destacam: as cargas pontuais de origem doméstica e industrial; e as cargas difusas de origem urbana e agrícola.

Dos efeitos sobre a qualidade de vida da população, têm-se:

- intoxicações;
- aumento do custo do tratamento de água;
- inviabilização de mananciais, distanciamento de captações;
- inviabilização da piscicultura, pesca e recreação;
- inviabilização de culturas agrícolas;

Efeitos de alterações sobre a Biota:

- Sobre os recursos hídricos, pelas captações, drenagens, rebaixamentos de lençol freático e poluição de água superficial e subterrânea.

Como um exemplo de poluente automotivo típico, têm-se o óleo lubrificante usado, que é resultante da deterioração parcial do produto, formando compostos como ácidos orgânicos, compostos aromáticos poli-nucleares, que podem ser carcinogênicos, além de outros contaminantes. A resolução Conama 362/05, que trata sobre a disposição de óleo lubrificante usado, e a norma da ABNT, NBR-10004, sobre a classificação de resíduos, classificam o óleo lubrificante usado como resíduo perigoso por ser tóxico. O recolhimento de óleo lubrificante usado só pode ser executado por empresas credenciadas na Agência Nacional de Petróleo²⁶ (ANP).

O manual do DER/SP, sobre o Sistema de Gestão Ambiental do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER, 2007), identifica impactos ambientais com produtos perigosos, no vazamento de tanques de armazenagem ou em transporte veículos na etapa de obras, indicando a retenção de veículos em pátios apropriados para tal fim.

Barbosa, Escarameia & Carvalho (2003), com o enfoque sobre esses sistemas de mitigação, ressalta que para uma avaliação de impactos devem ser estudadas, as características do meio hídrico, dos ecossistemas receptores, e as características de toxicidade da substância. Situações de risco e impactos ambientais indiretos causados, por exemplo, pelo risco de incêndio ou explosão também devem ser estudados.

IV. Riscos de poluição pontual e difusa na fase operacional da rodovia

Na fase operacional da rodovia, a poluição da água se deve principalmente à precipitação de hidrocarbonetos e aldeídos, provenientes da descarga e vazamentos dos veículos, borracha e asbestos provenientes do desgaste de pneus e lonas de freios, e poeiras, materiais sólidos e líquidos transportados em cargas. Esses efeitos podem ser mitigados pela observação e controle de qualidade sobre os equipamentos automotores conforme previsto na resolução Conama 18/86, que

²⁶ A portaria 127 de 30 de julho de 1999.

exige uma adequação tecnológica dos veículos para minimizar os efeitos da poluição.

Essas preocupações são agravadas com a tendência de menor disponibilidade do recurso hídrico, com a piora de sua qualidade e o aumento de sua poluição.

Prodanoff (2005) conclui que a poluição difusa é responsável por mais de 30% da poluição de corpos d'água em regiões urbanas em águas de enxurrada.

Em rodovias o problema da poluição difusa pode ser agravado em eventos pluviométricos intensos nos quais essa carga é carregada com as águas pluviais para a área de captação de água de abastecimento.

As origens das fontes dos diversos poluentes encontrados em rodovias são as seguintes (LNEC, 2002 apud MARTINS et al., 2005):

- tipo de material do pavimento;
- combustão nos motores;
- perdas do sistema de lubrificação;
- degradação dos pneus e perdas de produtos em transporte;
- corrosão e desgaste de componentes dos veículos e dos equipamentos de proteção e sinalização da rodovia.

Existem ainda poluentes provenientes de outras fontes como, a poluição atmosférica, a erosão do solo, indústrias, lixo, animais e vegetação, que podem ser transportados de zonas distantes, pela chuva e vento, contribuindo para a poluição do escoamento superficial de rodovias.

Em Porto (PORTO, 1995 apud TUCCI, PORTO & BARROS, 1995) afirma-se que parte da poluição gerada em áreas urbanas tem origem no escoamento superficial de locais impermeáveis, áreas em fase de construção, depósitos de lixo ou de resíduos industriais, onde o escoamento superficial carrega material solto ou solúvel ao longo de todo o seu percurso em áreas urbanas até o lançamento nos corpos d'água, levando consigo cargas poluidoras significativas.

O quadro 20 ilustra a poluição por metais pesados por tipo de via.

Libertação de metais pesados devido ao desgaste dos pneus, em diferentes tipos de estrada

Tipo de estrada	Pb	Cr	Cu	Ni	Zn	Desgaste total
	g/km/ano					kg/km/ano
Caminho residencial	24	4	5	4	14	55
Rua residencial	84	14	199	13	47	68
Estrada de distribuição de tráfego	157	26	36	25	88	100
Estrada principal de distribuição de tráfego	241	40	55	38	135	153
Estrada principal	506	84	115	80	284	242
Estrada com duas vias	1108	185	225	176	621	347
Auto-estrada	1145	241	329	230	810	657

Quadro 20 – Metais pesados por tipo de via.

Fonte: MUSCHACK, 1990 e HIRD, 2000, apud LEITÃO et al., 2000b.

Assim, o lançamento da carga poluidora em cursos d'água é intermitente, dependendo da precipitação. As cargas poluidoras não podem ser monitoradas a partir de seu ponto de origem porque não é possível identificar exatamente qual seria esta origem. O controle da poluição de origem difusa, deve incluir ações sobre a área geradora da poluição.

Torna-se difícil o estabelecimento de padrões de qualidade para o lançamento do efluente, uma vez que a carga poluidora lançada varia de acordo com a intensidade e a duração do evento meteorológico, com sua extensão e com outros fatores, que tornam a correlação vazão x carga poluidora praticamente impossível de ser estabelecida.

Hoje se reconhece que as águas fluviais são a causa direta de mais da metade da contaminação das águas no estado da Flórida, sendo que as águas carregadas das rodovias tem grande importância nesse processo (RIVERO-DE-AGUILAR & BATEMAN, 1992 apud ROMANINI, 2000).

V. Monitoramento e qualidade da água

A resolução Estadual SMA-65/98, criou um grupo de trabalho para revisão do Índice de Qualidade das Águas, o IQA. Esse grupo instituiu grupos técnicos compostos por especialistas da Cetesb, Universidades e Institutos de Pesquisa que geraram o Índice para Proteção da Vida Aquática (IVA) e uma primeira versão para

índices biológicos baseados nas comunidades fitoplanctônica, zooplanctônica, bentônica e íctica (CETESB, 2006).

Os índices utilizados pela Cetesb, sempre comparados a um padrão pré-estabelecido, são utilizados para se classificar a qualidade de água para banho de contato prolongado em praias, a qualidade de água para uso industrial, a destinada ao abastecimento público, a manutenção da vida das comunidades aquáticas, entre outras.

Segundo a Cetesb (2010) são indicadores no monitoramento da água:

- Sobre sólidos suspensos:

Em estudos de controle de poluição das águas naturais, principalmente nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais, as determinações dos níveis de concentração das diversas frações de sólidos resultam em um quadro geral da distribuição das partículas com relação: ao tamanho, que são os sólidos em suspensão e dissolvidos; e com relação à sua natureza, se minerais, voláteis ou orgânicos.

Este quadro não é definitivo para se entender o comportamento da água em questão, mas constitui-se em uma informação preliminar importante. Deve ser destacado que, embora a concentração de sólidos voláteis seja associada à presença de compostos orgânicos na água, não propicia qualquer informação sobre a natureza específica das diferentes moléculas orgânicas eventualmente presentes. No controle operacional de sistemas de tratamento de esgotos, algumas frações de sólidos assumem grande importância.

Em processos biológicos aeróbios, como os sistemas de lodos ativados e de lagoas aeradas mecanicamente, bem como em processos anaeróbios, as concentrações de sólidos em suspensão voláteis nos lodos dos reatores tem sido utilizadas para se estimar a concentração de microrganismos decompositores da matéria orgânica. Isto porque as células vivas são, em última análise, compostos orgânicos e estando presentes na formação de numerosos flocos em relação à matéria orgânica “morta” nos tanques de tratamento biológico de esgotos.

Embora não representem exatamente a fração ativa da biomassa presente, os sólidos voláteis têm sido utilizados de forma a atender às necessidades práticas do controle de rotina. Imaginem-se as dificuldades se utilizássemos por exemplo, a

concentração de DNA para a identificação da biomassa ativa nos reatores biológicos. Algumas frações de sólidos podem ser inter-relacionadas produzindo informações importantes.

Para o recurso hídrico, os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Eles podem sedimentar-se no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos, ou também danificar os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia. Altos teores de sais minerais, particularmente sulfato e cloreto, estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, além de conferir sabor às águas.

Os sólidos também influenciam na turbidez, que é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, onde esta redução dá-se por absorção e espalhamento, uma vez que essas partículas são maiores que o comprimento de onda da luz branca, devido à presença de sólidos em suspensão, como as partículas inorgânicas, e de detritos orgânicos.

A erosão das margens dos rios em estações chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas. A erosão pode decorrer do mau uso do solo no qual se impede a fixação da vegetação. Este exemplo mostra também o caráter sistêmico da poluição, ocorrendo inter-relações ou transferência de problemas de um ambiente, no caso do solo, para a água.

Os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas, como ocorre em atividades de mineração, onde os aumentos excessivos de turbidez têm provocado formação de grandes bancos de lodo em rios e alterações no ecossistema aquático. Alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e de algas. Esse reduzido crescimento de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta negativamente os usos doméstico, industrial e recreacional de uma água.

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico. Diversos esgotos de origem industrial se caracterizam por apresentarem

predominantemente matéria em estado coloidal, além de diversos efluentes industriais contendo taninos, provenientes de curtumes, anilinas provenientes de indústrias têxteis e de pigmentos, lignina e celulose, provenientes de indústrias de celulose e papel, da madeira.

Os principais sólidos minerais que influenciam na cor são os óxidos de ferro e manganês, que são abundantes em diversos tipos de solo. O problema maior de cor na água, em geral, é o estético, já que causa um efeito repulsivo aos consumidores.

A condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, fornecendo uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, onde altos valores podem indicar características corrosivas da água.

- Sobre a demanda bioquímica de oxigênio (DBO);

A denominada DBO de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. A $DBO_{5,20}$ por exemplo, refere-se a um período de tempo de 5 dias, numa temperatura de incubação de 20°C, utilizada em estações de tratamento de esgoto.

Nesse processo, os compostos orgânicos biodegradáveis são transformados em produtos finais estáveis ou mineralizados, tais como água, gás carbônico, sulfatos, fosfatos, amônia, nitratos, etc. Para a transformação há o consumo de oxigênio da água e liberação da energia contida nas ligações químicas das moléculas decompostas, onde os microrganismos desempenham um papel muito importante. Esses microrganismos necessitam desta energia liberada, além de outros nutrientes, para exercer suas funções celulares tais como reprodução e locomoção, o que genericamente se denomina quimiossíntese.

Quando passa a ocorrer insuficiência de nutrientes no meio, os microrganismos sobreviventes passam a se alimentar do material das células que têm a membrana celular rompida. Este processo se denomina respiração endógena. Finalmente, há neste circuito, compostos que os microrganismos são incapazes de

produzir enzimas que possam romper suas ligações químicas, permanecendo inalterados.

A DBO somente mede a quantidade de oxigênio consumido, não indicando a presença de matéria não biodegradável, nem levando em consideração o efeito tóxico ou inibidor de materiais sobre a atividade microbiana. Os maiores aumentos da DBO, num corpo hídrico, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática. Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis e, ainda, pode obstruir os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento de água.

No campo do tratamento de esgotos, a $DBO_{5,20}$ é um parâmetro importante no controle da eficiência das estações, tanto de tratamentos biológicos aeróbios e anaeróbios, como de físico-químicos. Como padrão de lançamento de esgotos diretamente em corpos d'água, a legislação do Estado de São Paulo prevê por meio do Decreto Estadual n.º 8468, que a $DBO_{5,20}$ máxima seja de 60 mg/L ou uma eficiência global mínima do processo de tratamento na remoção igual a 80%.

A carga de $DBO_{5,20}$, expressa em kg/dia, é um parâmetro fundamental no projeto das estações de tratamento biológico. Dela resultam as principais características do sistema de tratamento como áreas e volumes de tanques, potências de aeradores, etc. A carga de $DBO_{5,20}$ pode ser obtida do produto da vazão pela concentração.

- Sobre a demanda química de oxigênio (DQO);

É a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Os valores da DQO normalmente são maiores que os da $DBO_{5,20}$, sendo o teste realizado num prazo menor. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água deve-se principalmente a despejos de origem industrial. É um parâmetro indispensável nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais e é muito útil quando utilizada conjuntamente com a $DBO_{5,20}$, para observar a biodegradabilidade de despejos. Sabe-se que os valores de oxidação química de determinadas substâncias, como o

do dicromato de potássio, é maior do que o resultante por meio da ação de microrganismos, assim os resultados da DQO serão superiores aos de $DBO_{5,20}$. Quanto mais a este a $DBO_{5,20}$ se aproximar da DQO, significa que mais biodegradável é o efluente.

A DQO tem demonstrado ser um parâmetro bastante eficiente no controle de sistemas de tratamentos anaeróbios de esgotos sanitários e de efluentes industriais.

- Sobre o fósforo;

Seu aparecimento está relacionado às descargas de esgotos sanitários, onde os detergentes empregados em larga escala doméstica constituem a principal fonte. Efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas de drenagem em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo.

O fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes.

Os fosfatos orgânicos são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como a de um detergente, por exemplo.

Os ortofosfatos são representados pelos radicais, que se combinam com cátions formando sais inorgânicos nas águas.

Os polifosfatos, ou fosfatos condensados, polímeros de ortofosfatos, sendo esta terceira forma não é muito importante nos estudos de controle de qualidade das águas, porque sofre hidrólise, convertendo-se rapidamente em ortofosfatos.

Assim como o nitrogênio, o fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, por ser exigido também em grandes quantidades pelas células. Assim, torna-se parâmetro imprescindível em programas de caracterização de efluentes industriais em que se pretende aplicar um tratamento por processo biológico.

Os esgotos sanitários no Brasil apresentam, tipicamente, concentração de fósforo total na faixa de 6 a 10 mgP/L, não exercendo efeito limitante sobre os tratamentos biológicos. Por ser um nutriente para processos biológicos, o excesso de fósforo em esgotos sanitários e efluentes industriais conduz a processos de eutrofização das águas naturais.

- Sobre o nitrogênio e nitratos;

As fontes de nitrogênio nas águas são diversas. Os esgotos sanitários constituem em geral a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico devido à presença de proteínas e nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da uréia na água, etc... Mas alguns efluentes industriais também concorrem para estas descargas.

A atmosfera é outra fonte importante devido a diversos mecanismos como a biofixação desempenhada por bactérias e algas, que incorporam o nitrogênio atmosférico em seus tecidos, contribuindo para a presença de nitrogênio orgânico nas águas; a fixação química, reação que depende da presença de luz, concorre para as presenças de amônia e nitratos nas águas. E as lavagens da atmosfera poluída pelas águas pluviais concorrem para as presenças de partículas contendo nitrogênio orgânico bem como para a dissolução de amônia e nitratos.

Em áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio. Também nas áreas urbanas, a drenagem das águas pluviais, associadas às deficiências do sistema de limpeza pública, constituem fonte difusa de difícil caracterização.

Como visto, o nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras chamam-se formas reduzidas e as duas últimas, oxidadas. Pode-se estimar a idade da poluição pela relação entre as formas de nitrogênio. Por exemplo, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo; se prevalecer nitrito e nitrato denota-se que as descargas de esgoto se encontram distantes.

Em zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de:

- nitrogênio orgânico na zona de degradação amoniacal e na zona de decomposição ativa;
- nitrito na zona de recuperação;
- e nitrato na zona de águas limpas.

Os compostos de nitrogênio são nutrientes para os processos biológicos, exigidos em maior quantidade pelas células vivas, depois do carbono. Quando

descarregados nas águas, em conjunto com o fósforo e outros nutrientes, provocam o enriquecimento do meio, tornando-o mais fértil, possibilitando o crescimento em maior extensão dos seres vivos de seu meio, especialmente as algas, o que é chamado de eutrofização. Em descargas de nutrientes muito fortes, dá-se o florescimento intenso de gêneros, como as algas, que podem trazer prejuízos aos múltiplos usos dessas águas, como o abastecimento público ou causando poluição por morte e decomposição.

O controle da eutrofização, através da redução do aporte de nitrogênio é difícil pela multiplicidade de fontes, por isso o controle deve concentrar-se nas fontes de fósforo.

Pela legislação federal em vigor, o nitrogênio amoniacal é padrão de classificação das águas naturais e padrão de emissão de esgotos. A amônia é um tóxico bastante restritivo à vida dos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg/L. Além disso, a amônia provoca consumo de oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidada biologicamente, a chamada DBO de segundo estágio. Por estes motivos, a concentração de nitrogênio amoniacal é importante parâmetro de classificação das águas naturais e normalmente utilizado na constituição de índices de qualidade das águas.

A metodologia de Kjeldahl atualmente empregada na determinação do nitrogênio total requer a transformação prévia do nitrogênio orgânico em nitrogênio amoniacal, denominada mineralização (BARRETO, 2010).

Os nitratos são tóxicos, causando uma doença chamada metahemoglobinemia infantil, que é letal para crianças. Nesta doença o nitrato reduz-se a nitrito na corrente sanguínea, competindo com o oxigênio livre, tornando o sangue azul. A Portaria 518²⁷, de 25 de março de 2004, estabelece o nitrato como padrão de potabilidade, sendo 10 mg/L o valor máximo permitido.

- Sobre o cobre;

²⁷ Portaria 518/2004, do Ministério da Saúde trata sobre os sistemas de abastecimento de água e a quem cabe o controle de qualidade da água.

Com vários usos, o cobre é utilizado na fabricação de tubos, válvulas, acessórios para banheiro e está presente em ligas e revestimentos. Na forma de sulfato é usado como algicida.

As fontes de cobre incluem minas de cobre ou de outros metais, corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir do uso agrícola do cobre e precipitação atmosférica de fontes industriais.

O cobre ocorre naturalmente em todas as plantas e animais e é um nutriente essencial em doses mínimas. Estudos indicam que uma concentração de 20 mg/L de cobre ou um teor total de 100 mg/L por dia na água é capaz de produzir intoxicações no homem, com lesões no fígado. Concentrações acima de 2,5 mg/L transmitem sabor amargo à água; acima de 1 mg/L produz coloração em louças e sanitários.

Para peixes, muito mais que para o homem, as doses elevadas de cobre são extremamente nocivas. Concentrações de 0,5 mg/L são letais para trutas, carpas, bagres, peixes vermelhos de aquários ornamentais e outros. Os microorganismos morrem em concentrações acima de 1,0 mg/L. O padrão de potabilidade para o cobre, de acordo com a Portaria 518, é de 2 mg/L.

A presença de organismos fitoplanctônicos resistentes ao cobre, em reservatórios utilizados para abastecimento, pode ser utilizada como indicador de poluição por pesticidas ou metais pesados.

- Sobre o chumbo;

São muitas as fontes de chumbo, que estão presentes no ar, no tabaco, nas bebidas e nos alimentos. Nestes, o chumbo tem ampla aplicação industrial, como na fabricação de baterias, tintas, esmaltes, inseticidas, vidros, ligas metálicas etc.

A presença do metal na água ocorre por deposição atmosférica ou lixiviação do solo. O chumbo raramente é encontrado na água tratada, exceto quando os encanamentos são à base de chumbo, ou soldas, acessórios ou outras conexões. A exposição da população em geral ocorre principalmente por ingestão de alimentos e bebidas contaminados.

O chumbo pode afetar quase todos os órgãos e sistemas do corpo, mas o mais sensível é o sistema nervoso, tanto em adultos como em crianças. A exposição aguda causa sede intensa, sabor metálico, inflamação gastrintestinal, vômitos e diarreias. Na exposição prolongada são observados efeitos renais, cardiovasculares, neurológicos e nos músculos e ossos, entre outros.

É um composto cumulativo provocando um envenenamento crônico denominado saturnismo. As doses letais para peixes variam de 0,1 a 0,4 mg/L, embora alguns resistam até 10 mg/L em condições experimentais. O padrão de potabilidade para o chumbo estabelecido pela Portaria 518 é de 0,01 mg/L.

- Sobre o zinco;

Muito usado na fabricação de ligas e latão, galvanização do aço, na borracha como pigmento branco, suplementos vitamínicos, protetores solares, desodorantes, xampus, etc., o zinco é comum nas águas superficiais, em concentrações geralmente abaixo de 10 µg/L e em águas subterrâneas entre 10-40 µg/L.

Na água tratada, a concentração do metal pode ser elevada devido à dissolução do zinco das tubulações. O zinco é um elemento essencial ao corpo humano em pequenas quantidades. A atividade da insulina e diversos compostos enzimáticos dependem da sua presença. O zinco só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito elevadas, podendo acumular-se em outros tecidos do organismo humano.

O valor máximo permitido de zinco na água potável, pela portaria 518, é de 5 mg/L. A água com elevada concentração de zinco tem aparência leitosa e produz um sabor metálico ou adstringente quando aquecida.

VI. Instrumentos de gestão ambiental aplicáveis à fase de operação

Segundo Romanini (2000), as agências internacionais de financiamento multilateral, BID e Bird, vêm exigindo a inserção de novos instrumentos de planejamento e gestão ambiental para projetos rodoviários. O incentivo ocorre por meio de condicionantes para a liberação de empréstimos às concessionárias de rodovias. No caso do Rodoanel, foi exigido a realização de uma Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), mas de maneira geral a condição é a implantação de um Sistema

de Gestão Ambiental (SGA) com a criação do setor de meio ambiente, vinculado à estrutura permanente da empresa.

Romanini (2000) avaliou os impactos na fase de operação, para a elaboração de um SGA.

A supervisão ambiental na construção do Rodoanel Mario Covas, foi amplamente utilizada como instrumento de gestão, melhorando bastante a qualidade do empreendimento, ajudando a identificar novos impactos, e propondo medidas de mitigação, mostrando ser uma ferramenta que está se consolidando (COSTA, 2010).

Em Sánchez (2006), a supervisão ambiental é descrita como uma atividade realizada pelo empreendedor ou seus representantes, de forma contínua, com a finalidade de se verificar o cumprimento de exigências legais ou contratuais por parte de terceiros, e outros contratados para a implantação, operação ou desativação do empreendimento.

APÊNDICE 3 – PRINCÍPIOS E MEIO AMBIENTE NA LEGISLAÇÃO

I. Princípios do Direito Ambiental

Estes princípios tem o objetivo de proporcionar para as presentes e futuras gerações, as garantias de preservação da qualidade de vida, na tentativa de conciliar os elementos econômicos e sociais, que é a idéia de desenvolvimento sustentável (INEPRO, 2010). Estes princípios seriam:

- a) da Precaução;
- b) da Prevenção;
- c) o Princípio da Responsabilidade;
- d) os Princípios do Usuário Pagador e do Poluidor Pagador;
- e) os Princípios do Equilíbrio e do Limite;

II. Meio ambiente, EIA, e poluição em estradas

A Lei 4.771/65, o Código Florestal, estabeleceu o conceito de áreas protegidas como o da Área de Preservação Permanente (APP), alterado pelas Leis s 7.803/89, 11.284/06, 11.428/06, pelo Decreto 5.975/06 e pela Medida Provisória MP 2.166/01-67, e ainda regulamentado pelas resoluções Conama 302 e 303/02, também previu, em seu artigo 4º, as obras que podem intervir nestas áreas, como as de infraestrutura de transporte, onde se enquadram as rodovias, desde que apresentadas as alternativas técnicas e locacionais.

Como marco legal, de caráter geral, têm-se a já mencionada Lei 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, como o Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), e dá outras providências.

O art. 225 da Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 1988, que é o capítulo sobre o meio ambiente.

A Lei 9.605/98, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, discrimina também os responsáveis pela ação.

A Lei 8.078/90, foi um marco na legislação ambiental porque em seu art.81 estabeleceu que interesses indiretos difusos, são direitos transindividuais, de

natureza indivisível, e seus titulares são pessoas indeterminadas e ligadas por circunstâncias de fato. Transindividuais são referentes ao patrimônio comum de toda humanidade, mas que nenhum indivíduo é portador em particular, e direito difuso se caracteriza pela “indeterminação dos sujeitos” e pela “indivisibilidade do objeto”.

A Resolução Conama 237/97, estabeleceu a divisão de competências entre a federação, estados e municípios. Em complemento, o Ministério do Meio Ambiente emitiu o parecer 312/conjur/mma/2004, que discorre sobre a competência estadual e federal para o licenciamento, tendo como fundamento a abrangência do impacto (IBAMA, 2010).

Em termos de resoluções estaduais surgem a Resolução SMA 30/00, que dispõe sobre o cadastro e o licenciamento ambiental de áreas de apoio às obras rodoviárias fora da faixa de domínio e em locais sem restrições ambientais; e a Resolução SMA 33/02, que dispõe sobre a simplificação do licenciamento ambiental das atividades de conservação, manutenção e pavimentação de estradas vicinais em operação.

No âmbito federal a portaria interministerial 273/04, criou e estabeleceu as diretrizes para o Programa Nacional de Regularização Ambiental de Rodovias Federais onde o art. 4º estabeleceu a celebração dos Termos de Compromisso de Ajustamento de Conduta, para a regularização ambiental de rodovias, e no item V, o plano de atendimento a emergências, similar ao PAE estadual.

III. Proteção dos recursos hídricos

O grande marco político institucional em relação à proteção dos recursos hídricos no Brasil é a promulgação do Código de Águas, Decreto Federal 24.643/34, complementado depois pelo Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas, Decreto Federal 94.076/87, como instrumentos mais gerais em termos de política e gestão.

Com relação à Política de Proteção de Mananciais do Estado de São Paulo, tem-se já nos anos setenta, as Lei Estaduais 898/75, e 1.172/76, e o Decreto Estadual 9.714/77, que protegem os cursos e reservatórios de água e demais recursos hídricos de interesse da Região Metropolitana de São Paulo.

O Decreto Estadual 10.755/77, já propunha o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto 8.468/76.

Após a promulgação da nova Constituição de 1988, foram elaborados os elementos posteriormente consolidados. Em nível estadual, com a aprovação da Política Estadual de Recursos Hídricos no Estado de São Paulo, por meio da Lei Estadual nº 7.663/91, que estabeleceu o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIRGH) e instituiu as normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos. Em nível federal, com a Resolução Conama 5/88, que sujeita ao licenciamento os sistemas de drenagem; e a Política Nacional dos Recursos Hídricos, instituída na Lei Federal 9.433/97, que, dentre vários instrumentos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Com a promulgação da Lei Estadual 9.866/97, que trata das *“diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo”*, as unidades territoriais das bacias hidrográficas consolidaram-se como unidades para planejamento e desenvolvimentos de políticas de gestão territorial. Foram definidas ainda as diretrizes para as Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais, as APRM, pertencentes às Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos, as UGRH.

A resolução Conama 357/05, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Sobre padrões de potabilidade, e outros parâmetros com relação à saúde pública, têm-se a já mencionada portaria 518/04, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e dá outras providências.

Sobre os resíduos sólidos, sob a ótica de proteção dos recursos hídricos, têm-se a Lei 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que estabelece diretrizes e classificações e outras providências.

ANEXO A – FOTOS DE SISTEMAS IMPLANTADOS NOS EUA



Foto A1 – Texas, EUA. Bacia de retenção de produtos perigosos na “503 Mesa Verde Court”.

Fonte: Landphair, Mcfalls & Thompson, 2000;



Foto A2 – Texas, EUA. Sistema misto na “U.S. 290 Academy”.

Fonte: Landphair, Mcfalls & Thompson, 2000;



Foto A3 – Texas, EUA. Bacias na “*MoPac Best Buy*”.
Fonte: Landphair, Mcfalls & Thompson, 2000; Filtro de areia.



Foto A4 – Texas, EUA. Bacias e filtros na “*MoPac, Gaines Creek Bridge*”.
Fonte Landphair, Mcfalls & Thompson, 2000;

ANEXO B – FOTOS DE SISTEMAS IMPLANTADOS EM SÃO PAULO - BRASIL



Foto B1 – Prolongamento da Rodovia dos Bandeirantes - SP 348
Concessionária Autoban.
Fonte: Arquivo da Cetesb, emergências, 2010.



Foto B2 – Prolongamento da Rodovia dos Bandeirantes - SP 348
Concessionária Autoban.
Fonte: Arquivo da Cetesb, emergências, 2010.



Foto B3 – Prolongamento da Rodovia dos Bandeirantes - SP 348
Concessionária Autoban.
Fonte: Arquivo da Cetesb, emergências, 2010.



Foto B4 – Prolongamento da Rodovia dos Bandeirantes - SP 348
Concessionária Autoban.
Fonte: Arquivo da Cetesb, emergências, 2010.



Foto B5 – Prolongamento da Rodovia dos Bandeirantes - SP 348
Concessionária Autoban.
Fonte: Arquivo da Cetesb, emergências, 2010.



Foto B6 – Prolongamento da Rodovia dos Bandeirantes - SP 348
Concessionária Autoban.
Fonte: Arquivo da Cetesb, emergências, 2010.



Foto B7 – Concessionária Colinas
Fonte: Arquivo da Cetesb, emergências, 2010.



Foto B8 – Concessionária Colinas
Fonte: Arquivo da Cetesb, emergências, 2010.



Foto B9 – Concessionária Colinas
Fonte: Arquivo da Cetesb, emergências, 2010.



Foto B10 – Concessionária Colinas
Fonte: Arquivo da Cetesb, emergências, 2010.



Foto B11 – Rodovia Dr. Celso Charuri - SP - 091/270, Concessionária Via Oeste.
Fonte: Arquivo da Cetesb, emergências, 2010.



Foto B12 – Rodovia Dr. Celso Charuri - SP - 091/270, Concessionária Via Oeste.
Fonte: Arquivo da Cetesb, emergências, 2010.



Foto B13– Rodovia Dr. Celso Charuri - SP - 091/270, Concessionária Via Oeste.
Fonte: Arquivo da Cetesb, emergências, 2010.



Foto B14 – Rodovia Dr. Celso Charuri - SP - 091/270, Concessionária Via Oeste.
Fonte: Arquivo da Cetesb, emergências, 2010.

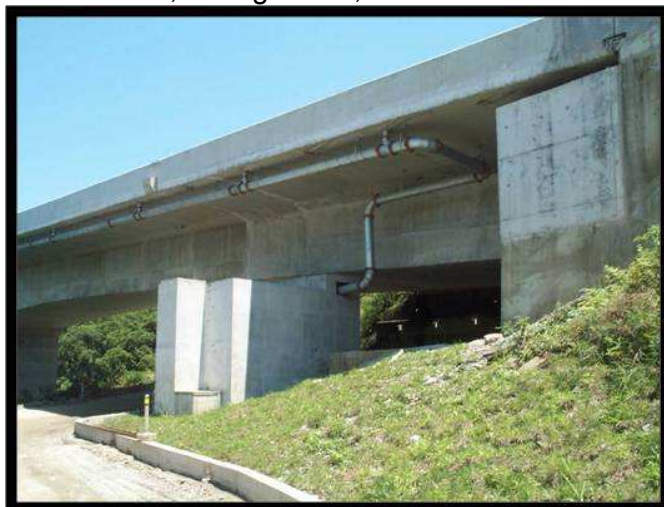


Foto B15 – Rodovia dos Imigrantes - Pista Descendente. Captação de pista na ponte e caixa. Concessionária Ecovias. Caixa padrão a partir do km 44.
Fonte: Arquivo da Cetesb, emergências, 2010.



Foto B16 – Rodovia dos Imigrantes - Pista Descendente. Captação de pista na saída do túnel e caixa estanques nas saídas dos túneis. Concessionária Ecovias.
Fonte: Arquivo da Cetesb, emergências, 2010.



Foto B17 – Rodoanel Mario Covas – Trecho Sul. Captação de canteiro central. Dersa.
Fonte: Arquivo da Cetesb, emergências, 2010.



Foto B18 – Rodoanel Mario Covas – Trecho Sul. Captação de canteiro central. Dersa.
Fonte: Arquivo da Cetesb, emergências, 2010.

ANEXO C – PROJETOS E ESQUEMAS NA ALEMANHA

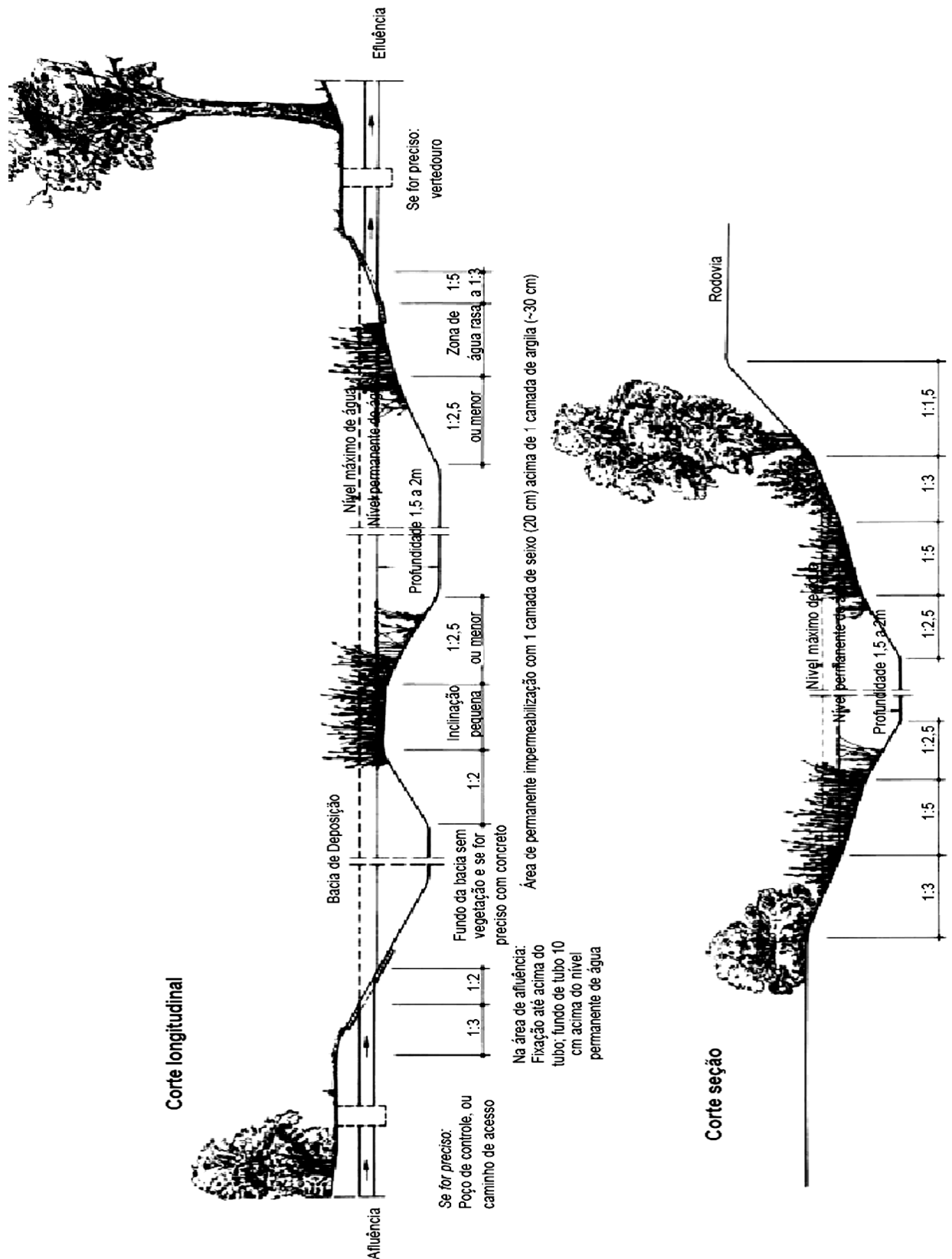
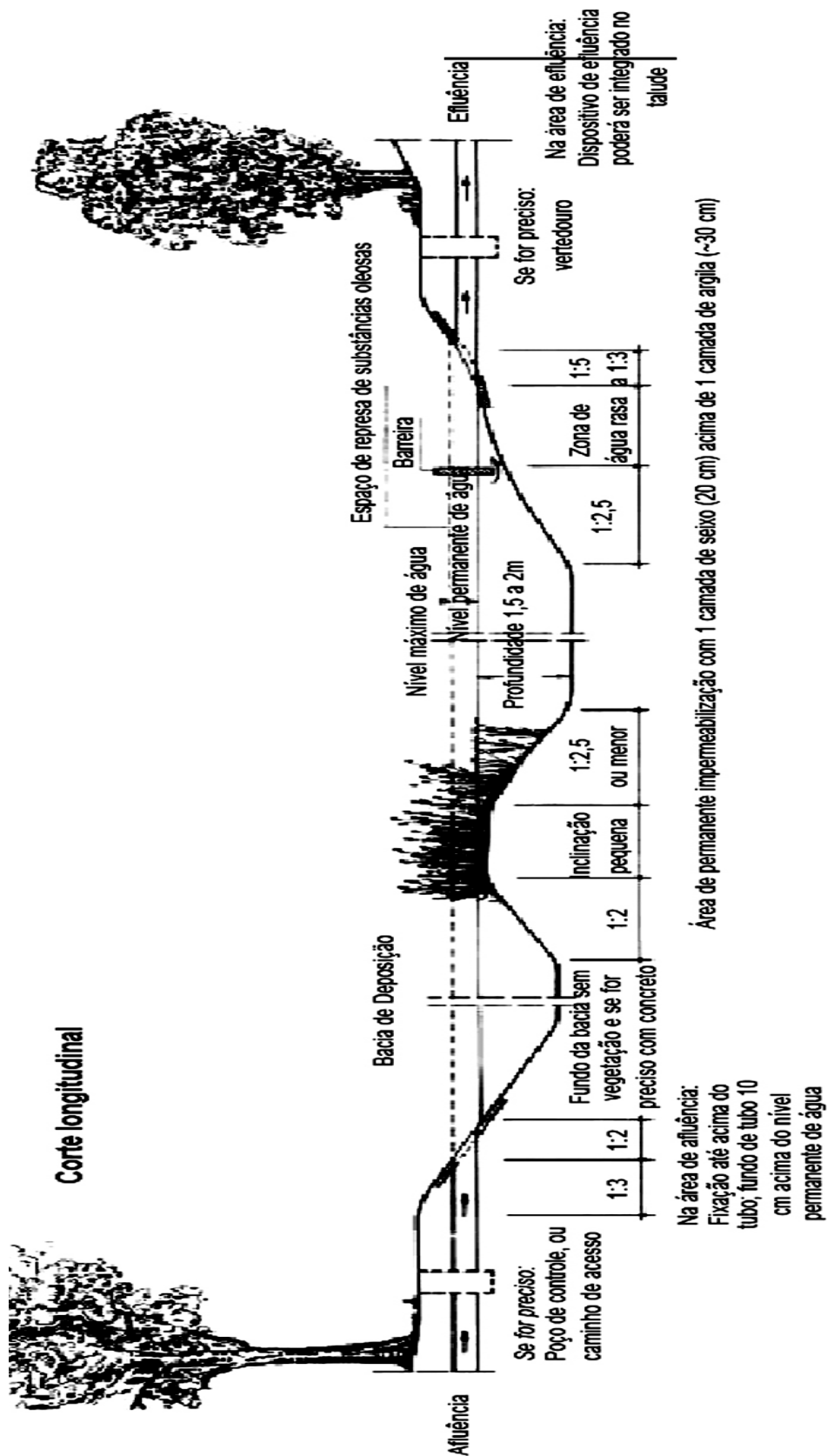


Figura C1 – Esquema de uma Bacia de Retenção de águas superficiais oriundas à rodovia. Fonte: Richtlinie für die Anlage von Strassen, RAS-EW, Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen, Alemanha, 1987 apud DAER, 1997.



Exemplos para dispositivos de efluência

Figura C2 – Esquema de uma filtragem de substâncias oleosas oriundas ao escoamento da rodovia.

Fonte: Richtlinie für die Anlage von Strassen, RAS-EW, Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen. Alemanha, 1987 apud DAER, 1997.

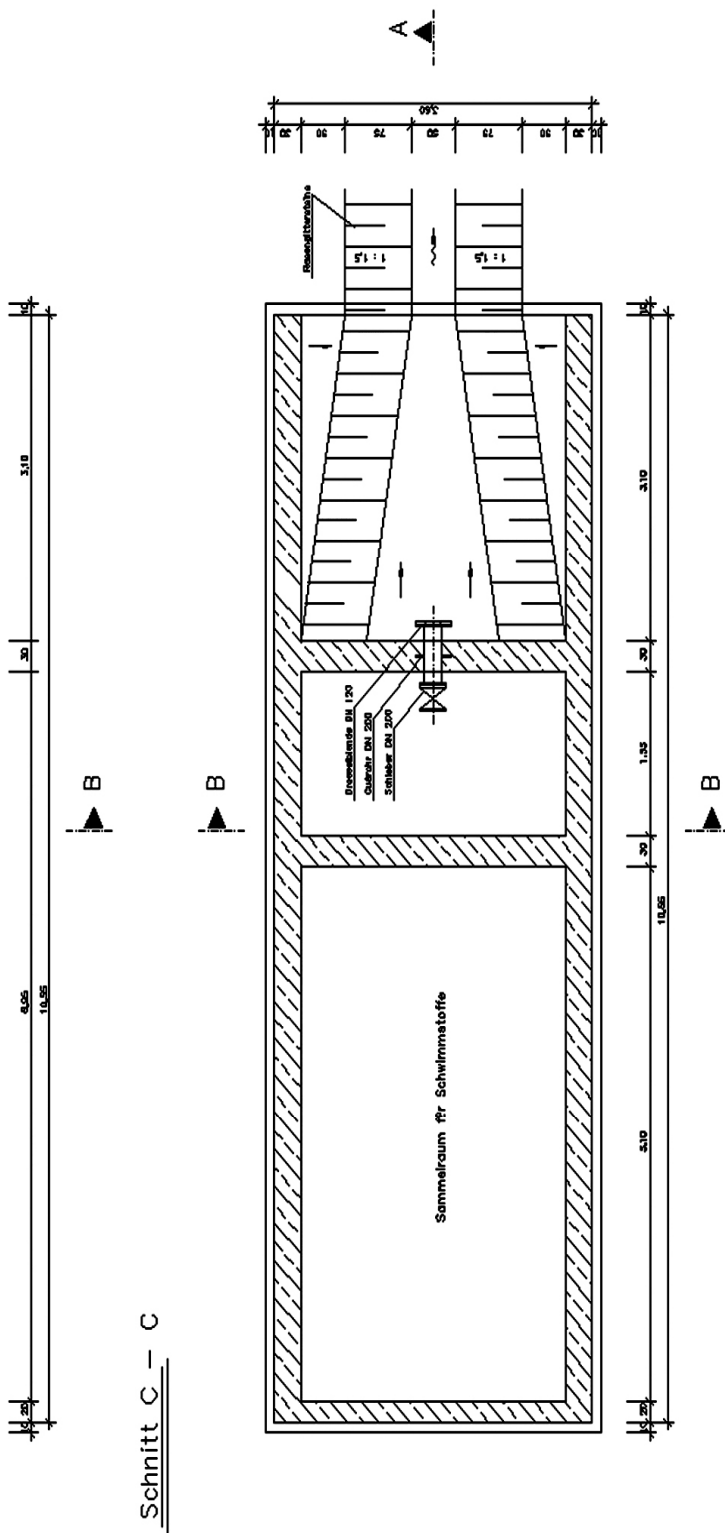
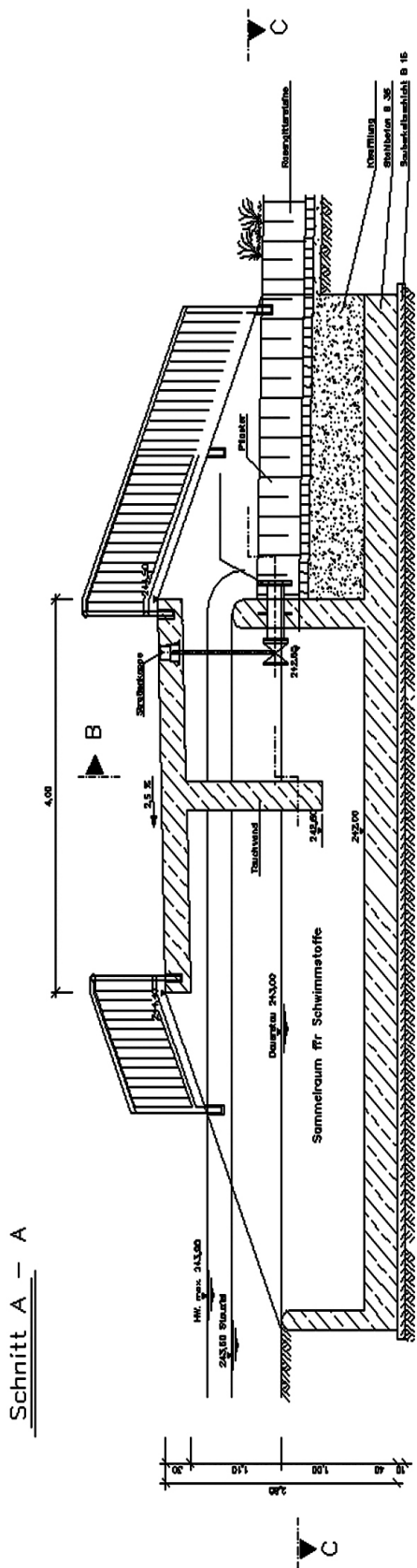


Figura C3 – Caixa separadora, Saxônia, Alemanha
 Fonte: Kocks Consult GmbH, s/d.

ANEXO D – PROJETOS NO BRASIL

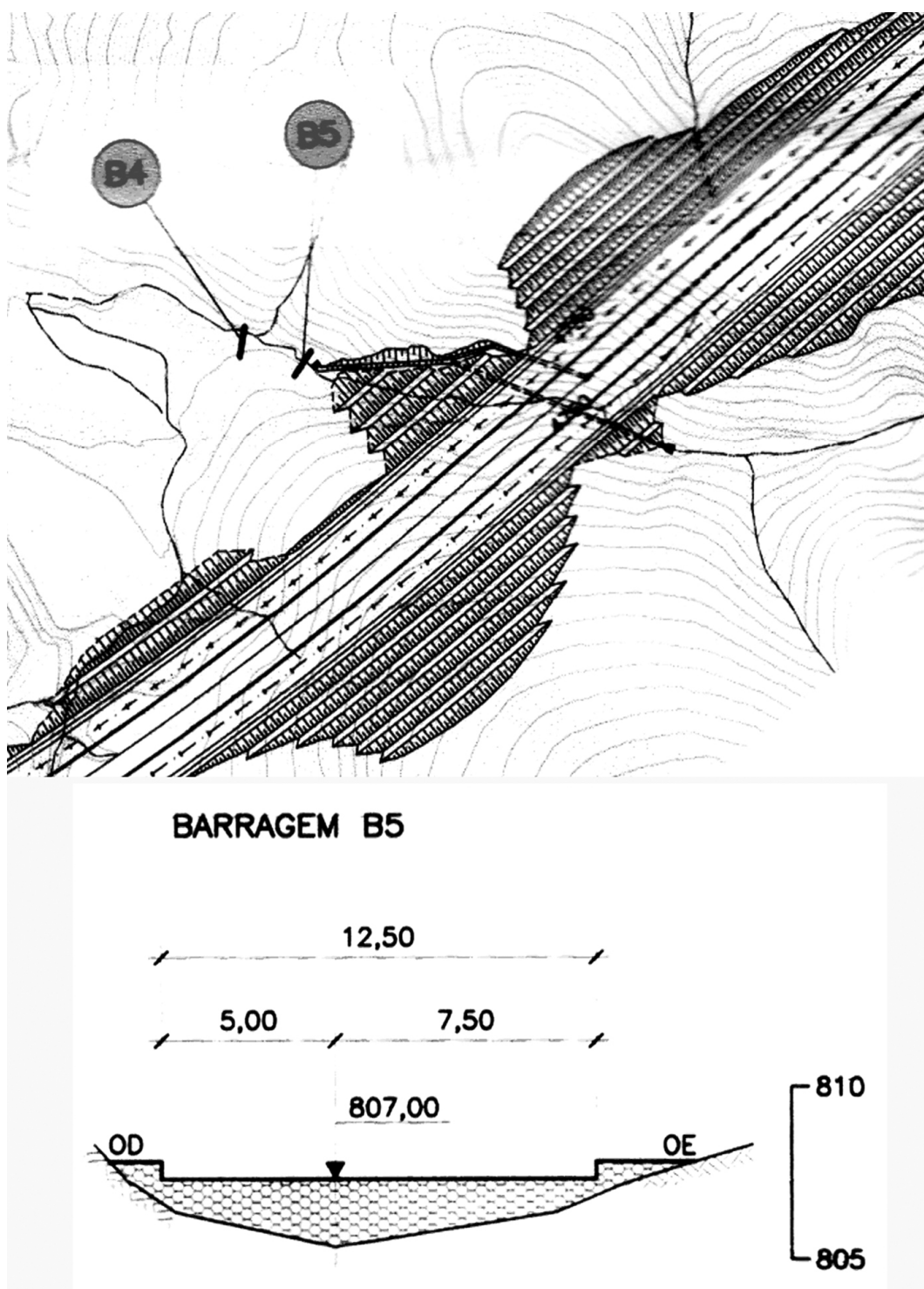
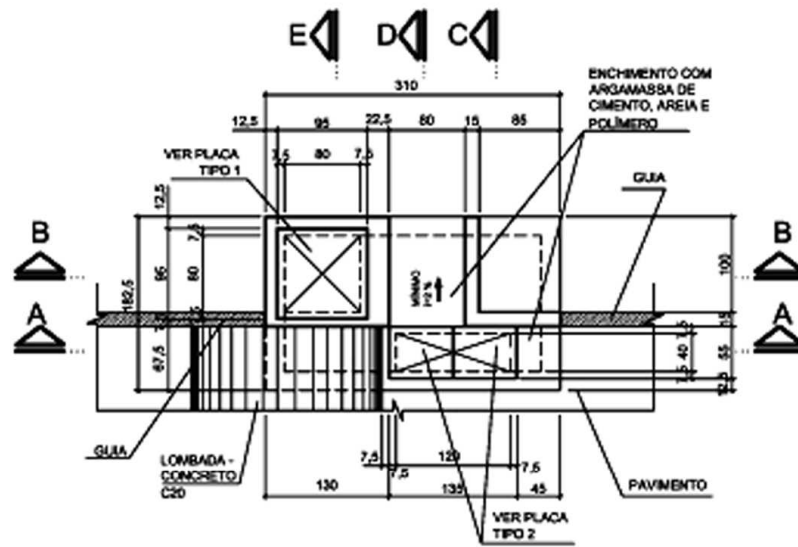


Figura D1 – Implantação das Barragens para Retenção de Sólidos, no Rodoanel Oeste. Planta e elevação.

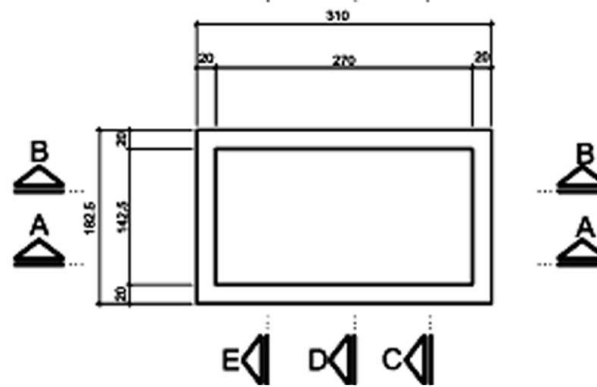
Fonte: Adaptado de Dersa DE-15.04.000-H09/601.

CAIXA DE CONTENÇÃO TIPO CP-1A



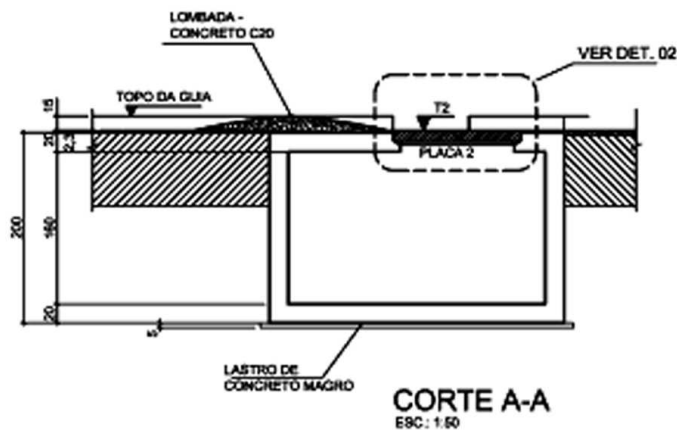
PLANTA SUPERIOR

ESC.: 1:50



PLANTA LAJE FUNDO

ESC.: 1:50



CORTE A-A

ESC.: 1:50

Figura D2 – Projeto executivo da Caixa de Contenção de Produtos Perigosos Tipo CP-1 A /B.

Fonte: Manual de Modelos de Projetos do DER, 2010c. ref. PP-DE-H07/127.

CAIXA DE MEIO AMBIENTE PADRAO
COM TUBO AFLUENTE

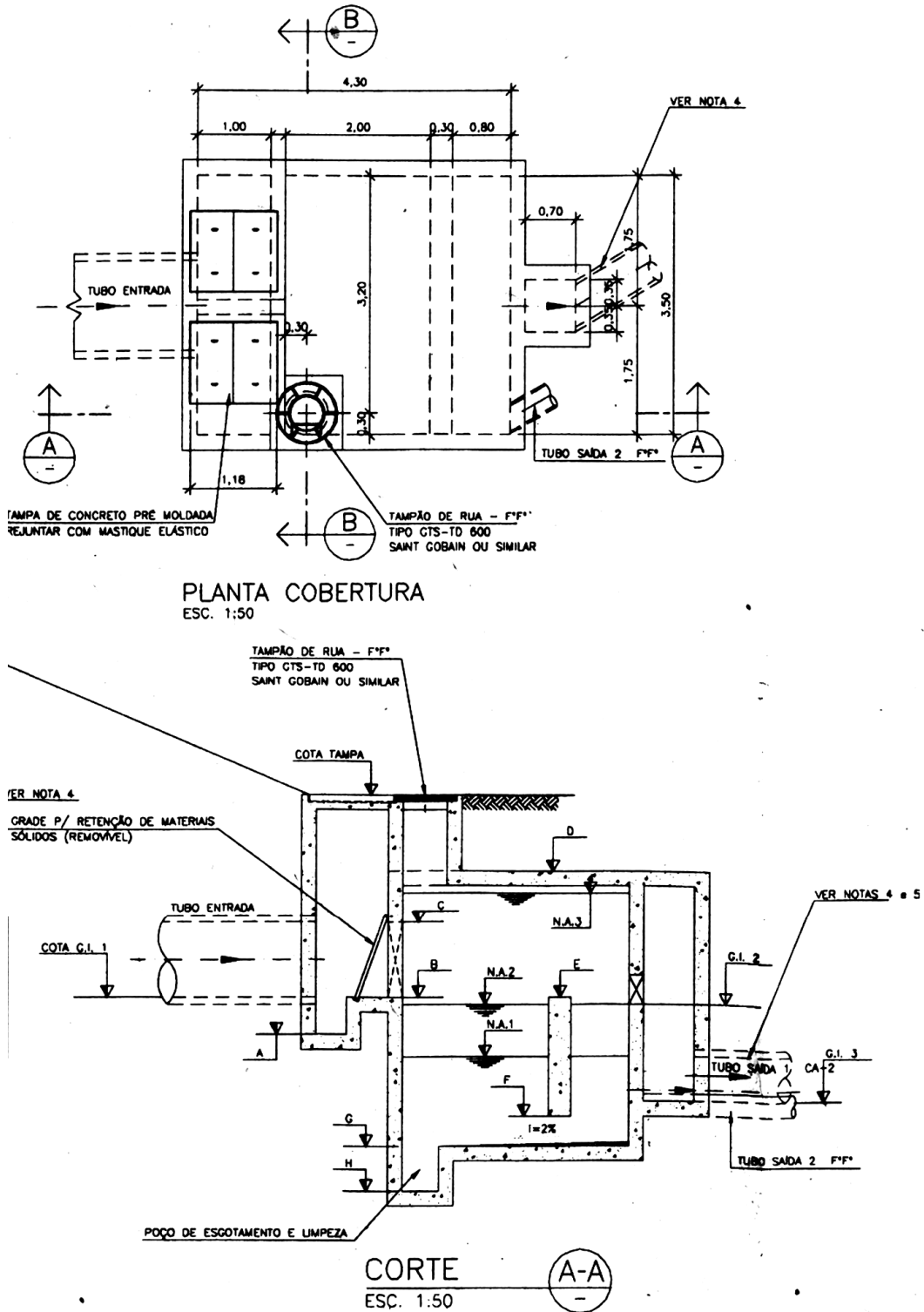


Figura D3 – Projeto executivo da Caixa de Meio Ambiente Padrão, utilizada na Imigrantes SP-160, pista descendente.

Fonte: Setor de Meio Ambiente da Ecovias, 2010. DE-22.160.000-0-H07/005.

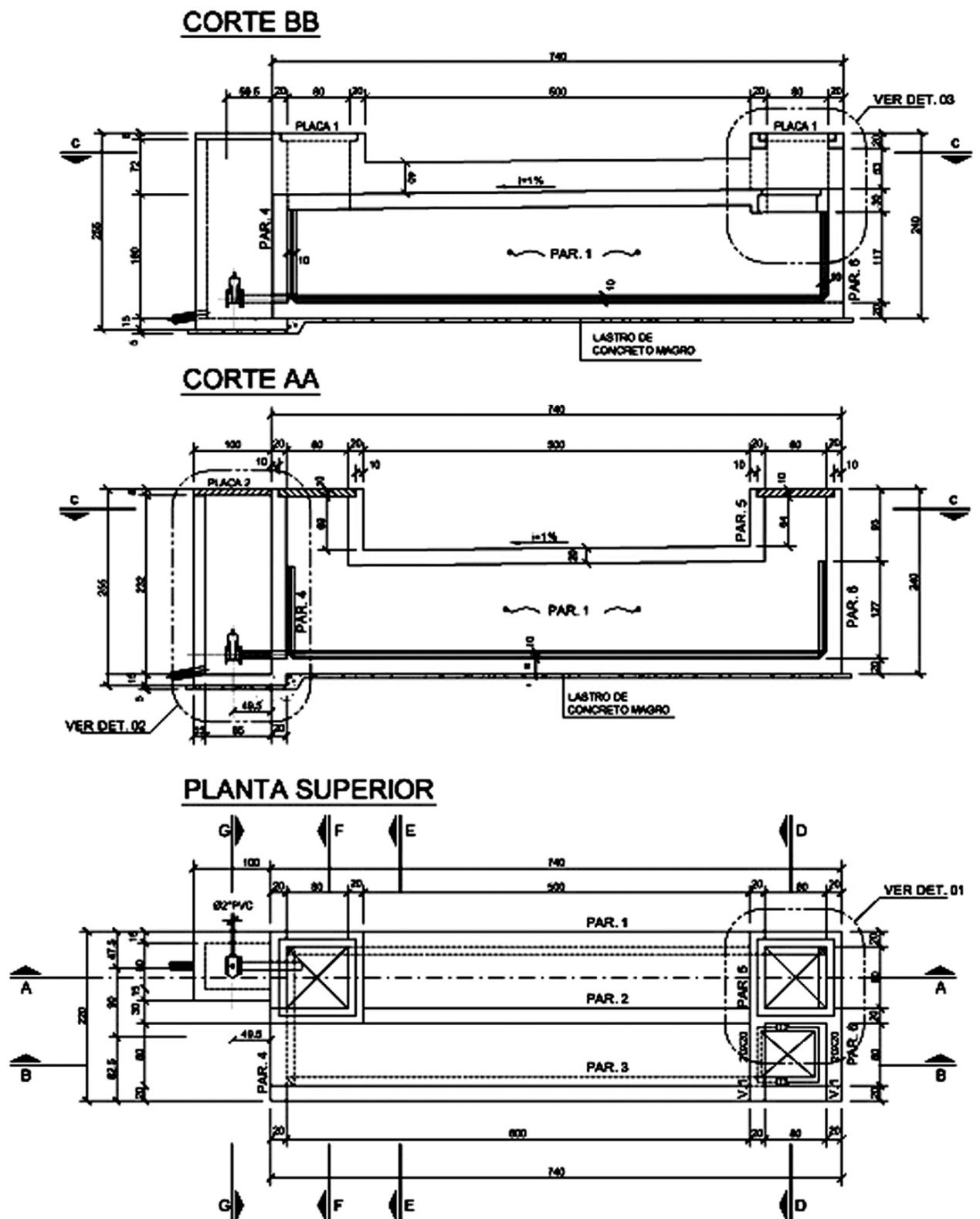
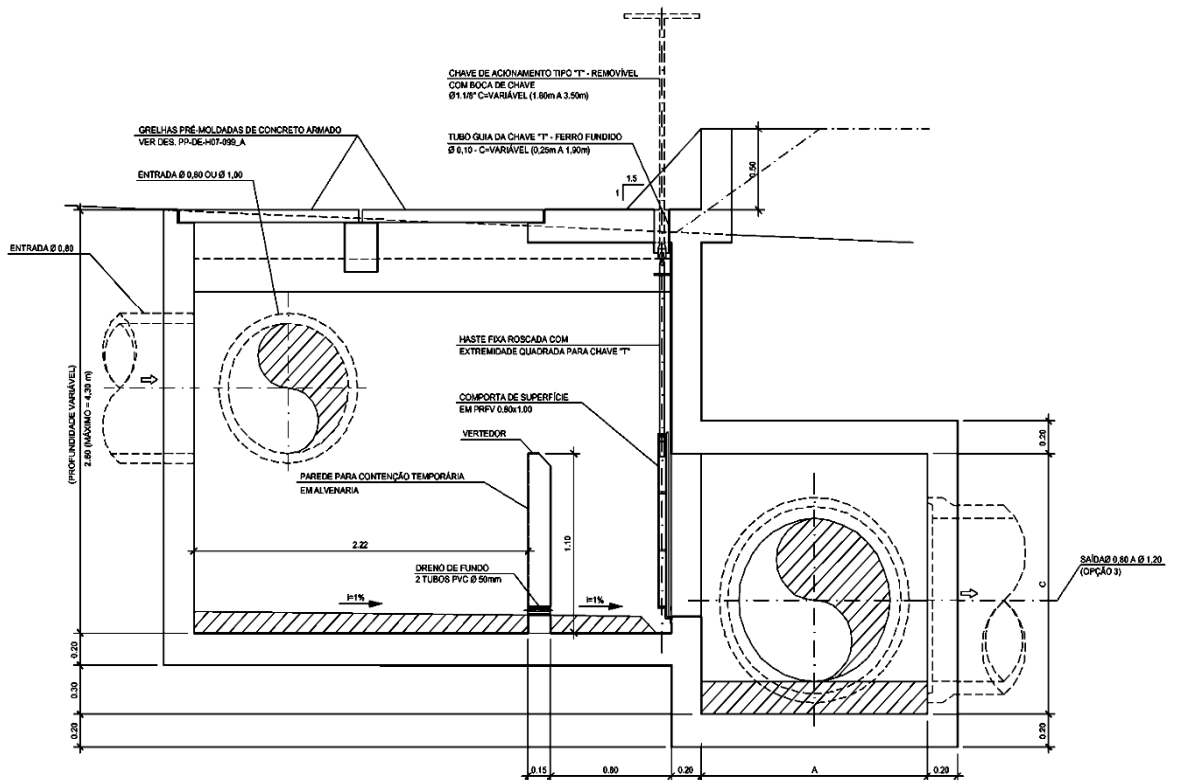
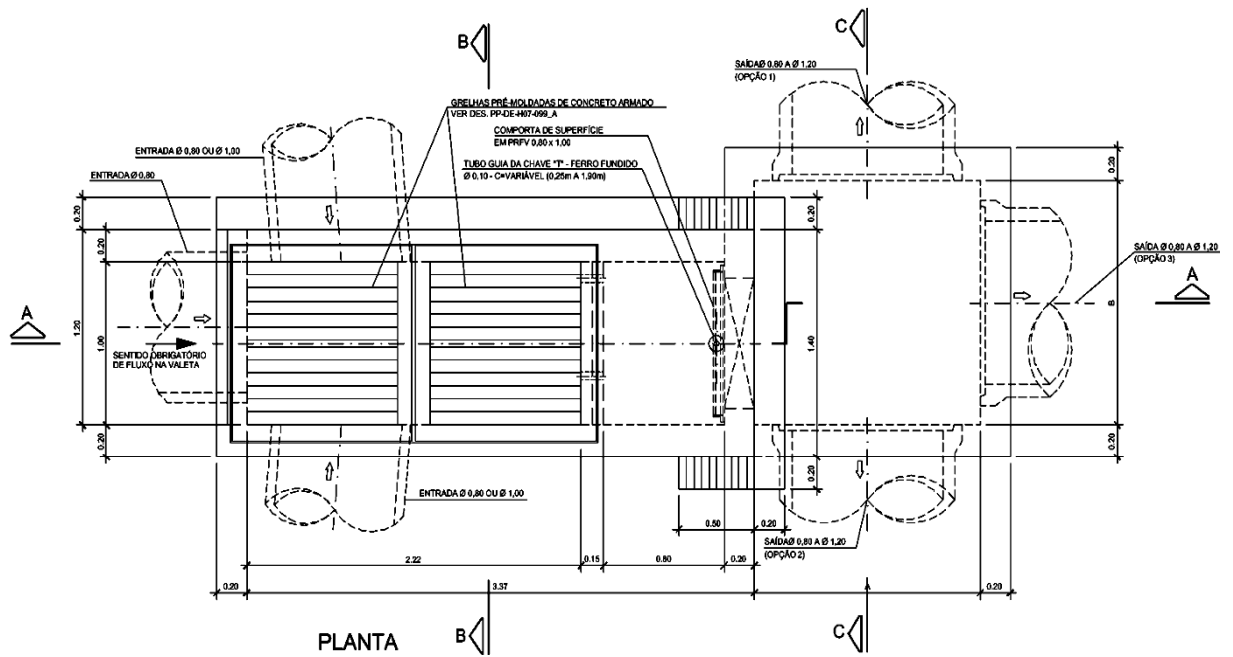


Figura D5 – Projeto executivo da Caixa de Contenção de Carga Perigosa Tipo 2, utilizada no Rodoanel Oeste.

Fonte: Setor de Projetos e de Meio Ambiente da Dersa, 2008. Ref. DE-PP-C07/802.

CAIXA DE CONTENÇÃO DE LÍQUIDOS PERIGOSOS



CORTE A-A

Figura D6 – Projeto executivo da Caixa de Contenção de Líquidos Perigosos, do Tipo CC-04, utilizada no Rodoanel Sul.

Fonte: Setor de Projetos e de Meio Ambiente da DERSA & ITSEMAP, 2010. Ref. DE-15.30.000-H07/003.

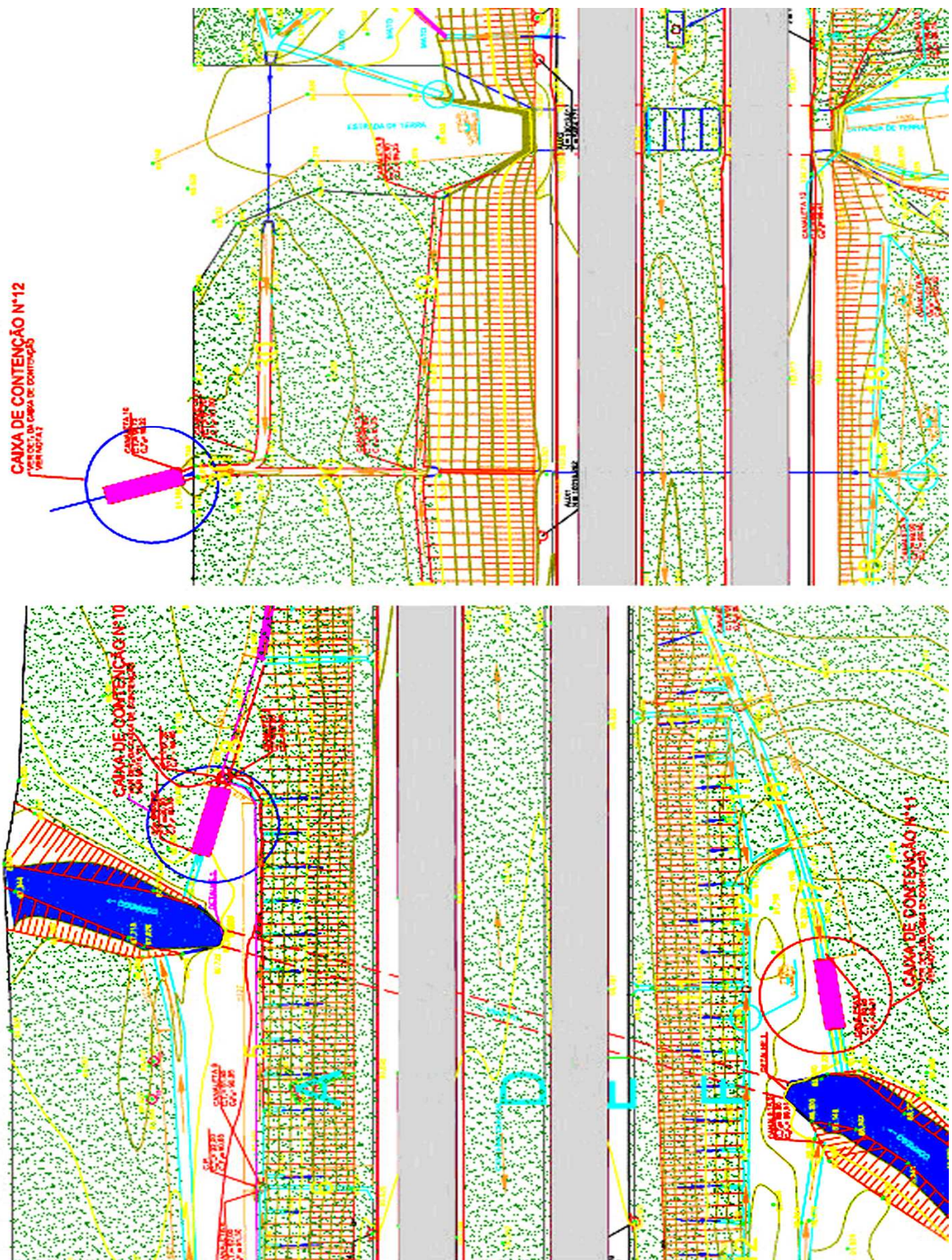


Figura D8 – Caixas de Contenção 8, 9, 10, 11 e 12, implantação, a serem utilizadas na Rodovia Carvalho Pinto, SP-070.
 Fonte: Adaptado de Ecopistas, DES-23.070.078-0.

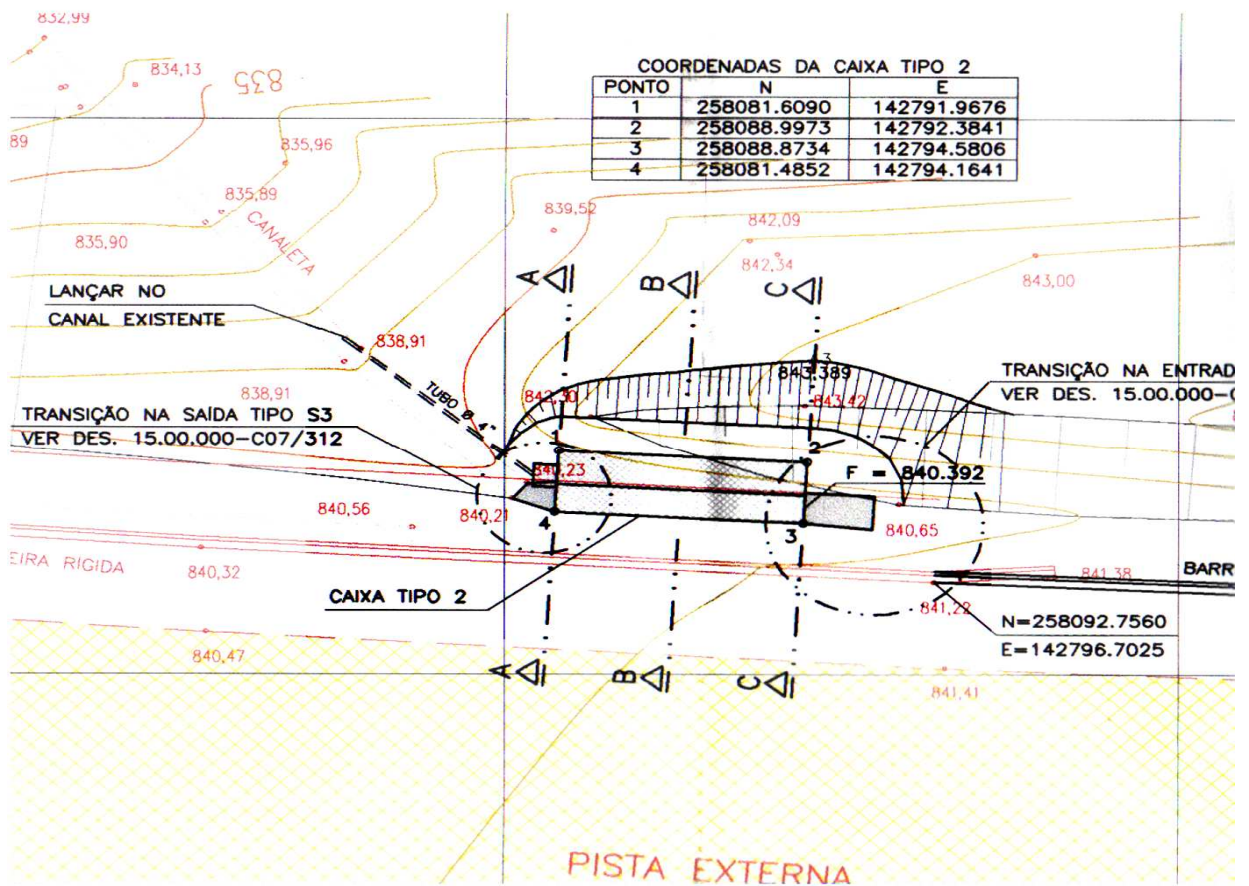
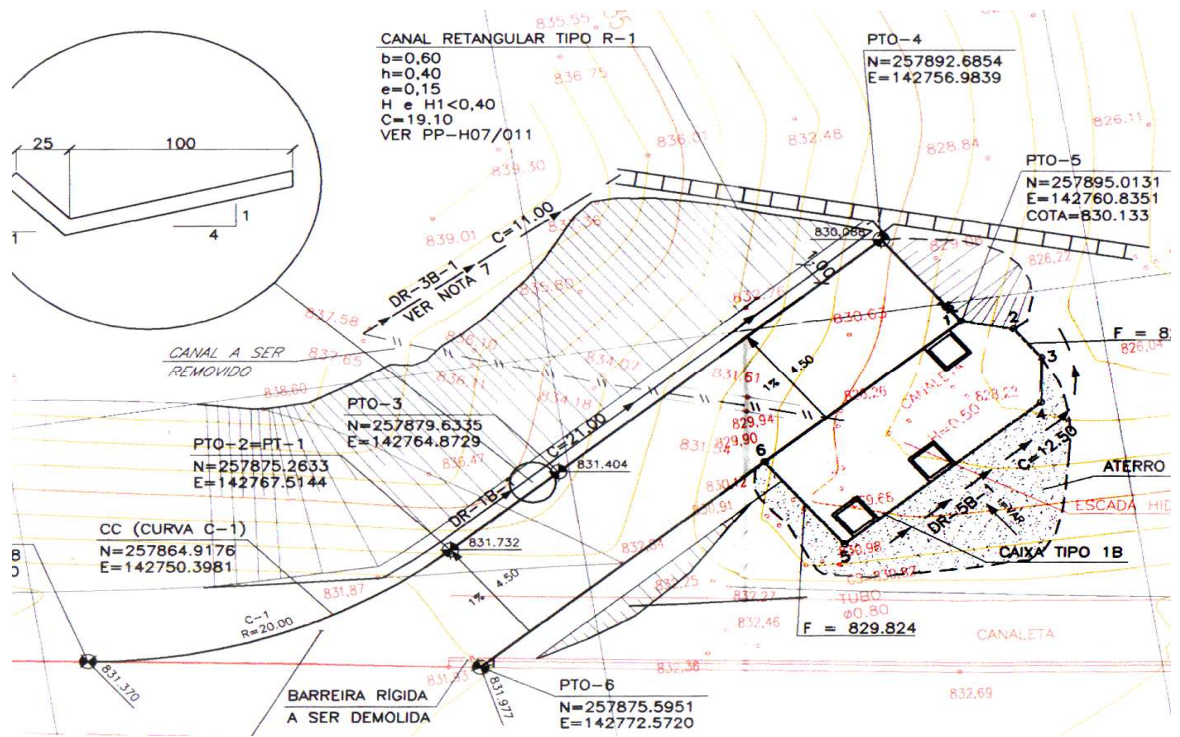


Figura D9 – Situações de implantação das Caixas de Contenção de Cargas Perigosas 1B e 2, no Rodoanel Oeste Km 10,2 e 10,5.

Fonte: Adaptado de Dersa, DE-15.04.000-H09/302.

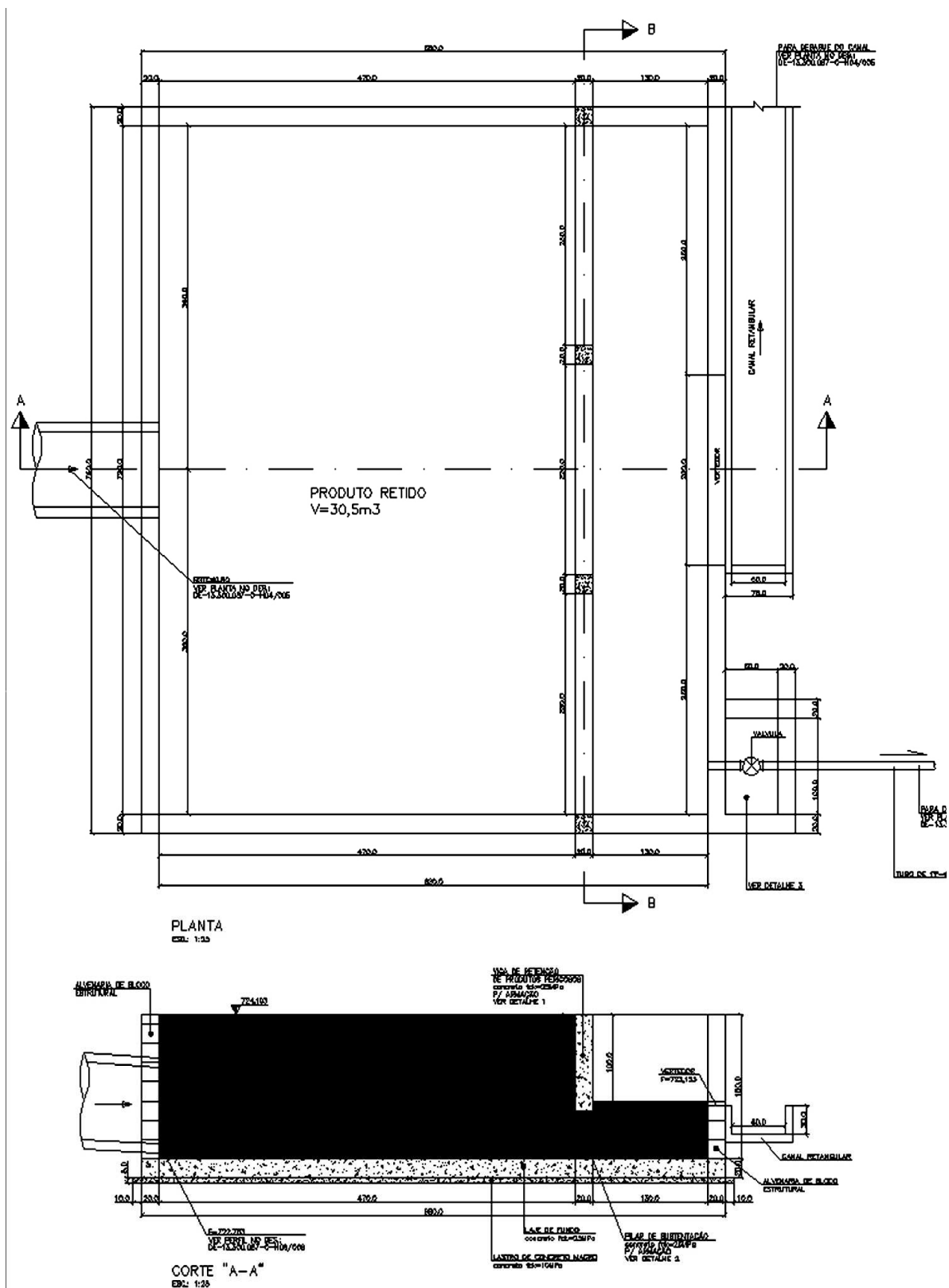


Figura D11 – Caixa Retenção Tipo Produtos Perigosos, SP-300 Marechal Rondon.
 Fonte: Colinas, 2004. DE-13.300.087-0 -H09/002-A.

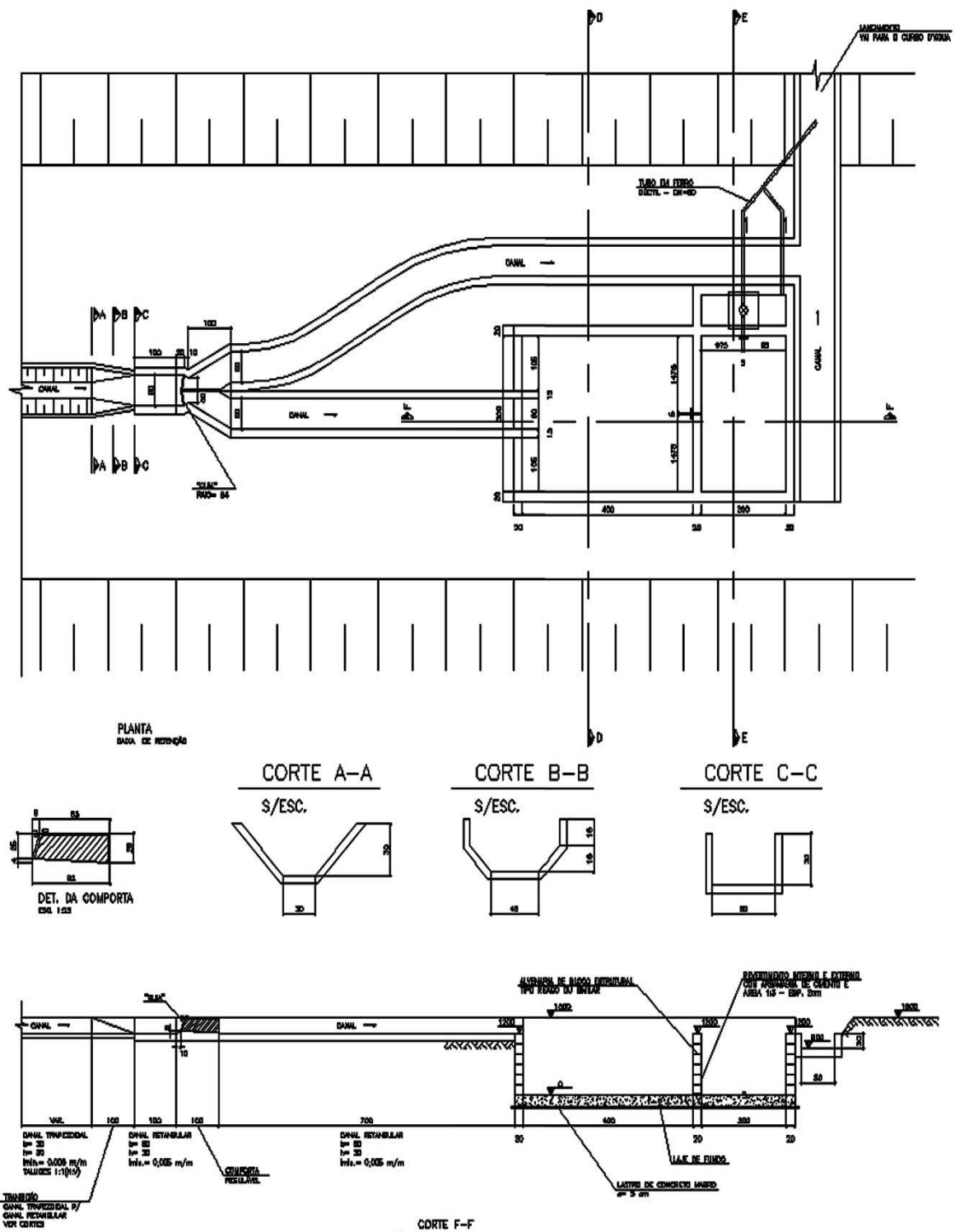


Figura D12 – Caixa Retenção Produtos Perigosos, Projeto Padrão.
 Fonte: Colinas, 2007. DE-13.300.087-0 -H09/002-A.

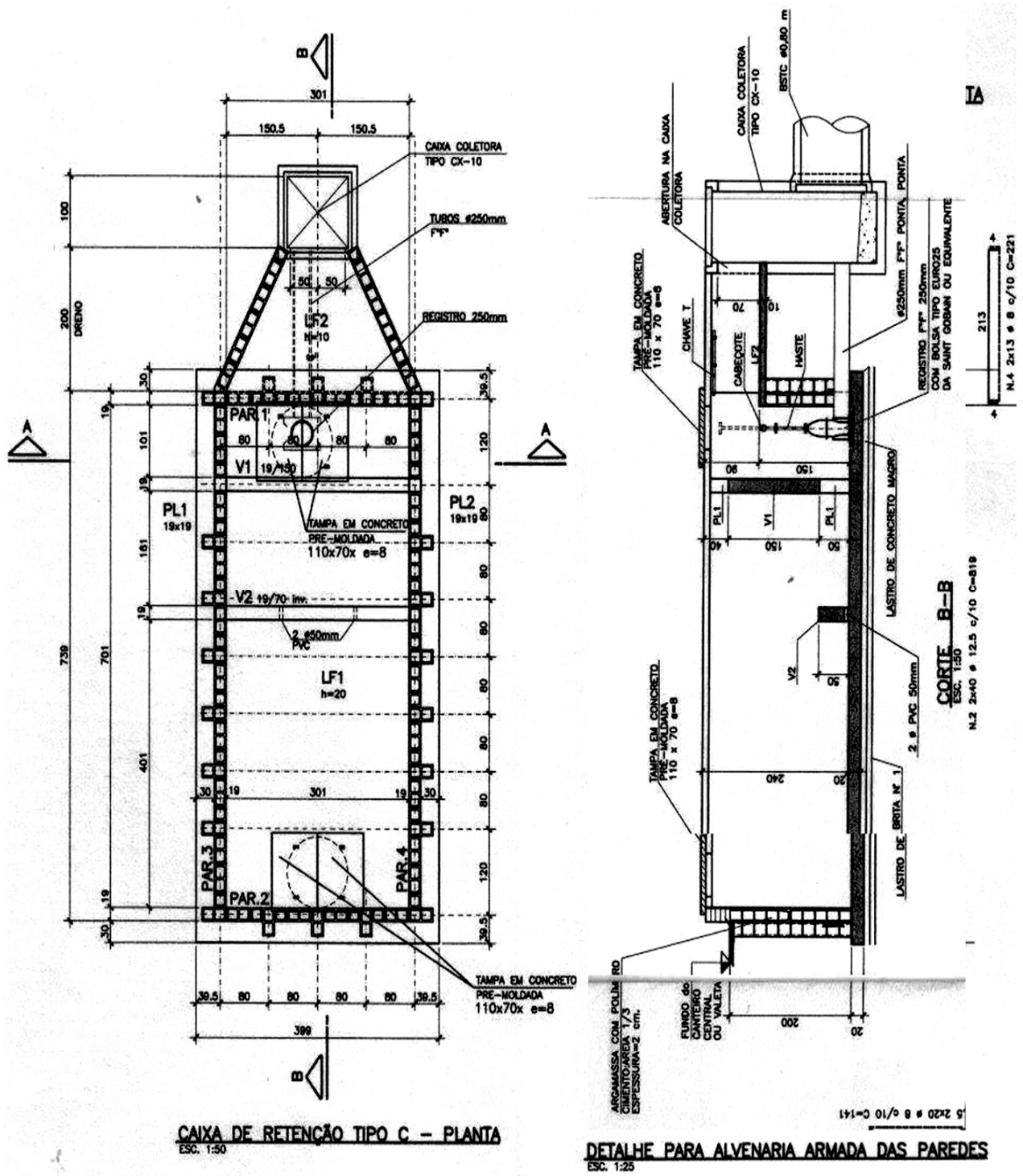


Figura D13 – Caixa de Retenção, SP-270, contorno de Brigadeiro Tobias. Utilizada também pela NovaDutra na BR-116, Km 219/227. Utilizada pela RodoNorte na BR-277, Km 102, sem a válvula de 25 cm. Fonte: Viaoeste, 2010. DE- SP000270-086-086-120-H07/001.

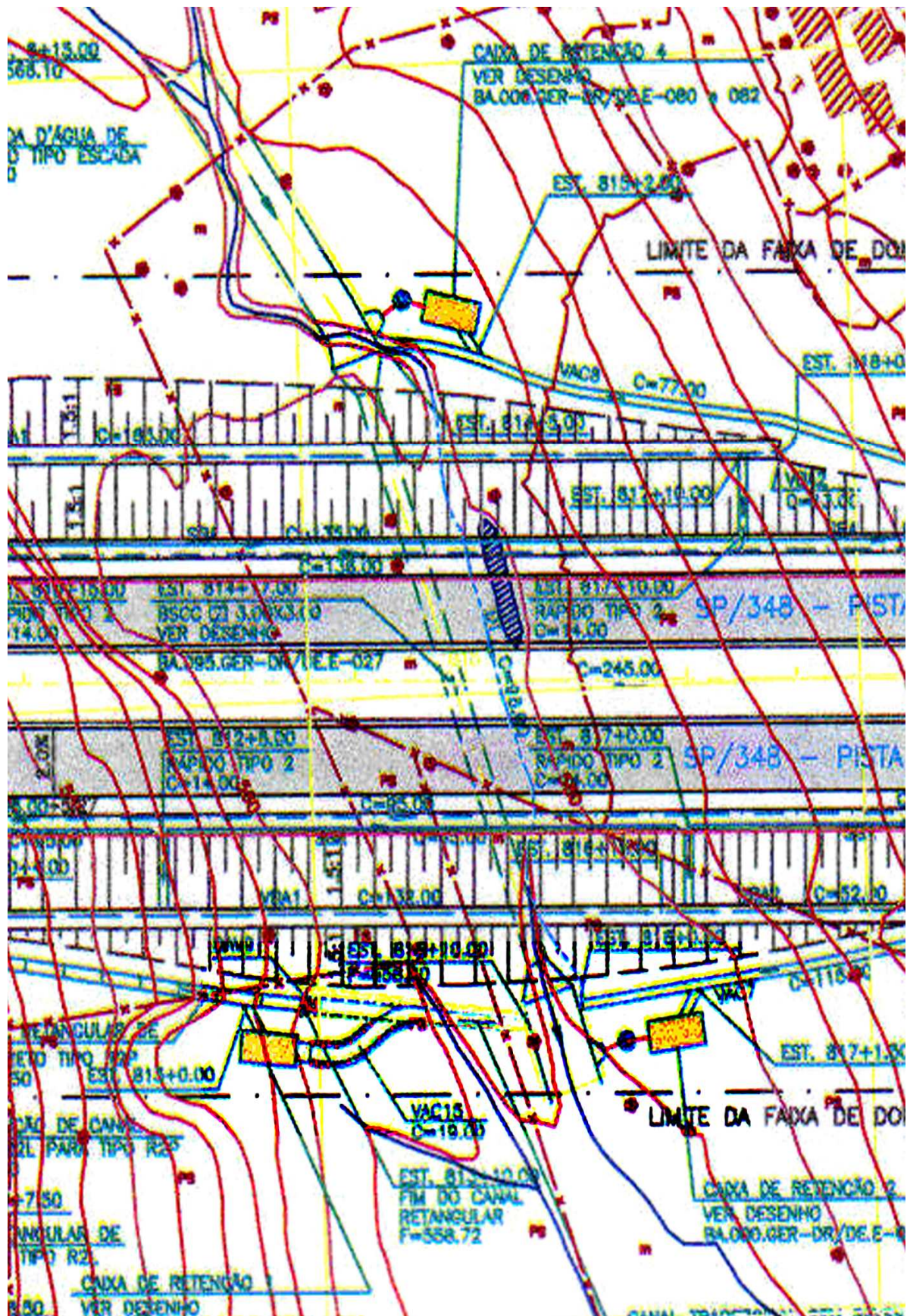


Figura D16 – Caixa de Retenção, SP-348, implantação.
 Fonte: Adaptado de Autoban. Ref. DE-01.348.095-1-H04/025.