



REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE
Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos

PROJECTO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E LOCAL — PDUL

ELABORAÇÃO DE NORMAS PARA ESTRADAS URBANAS MUNICIPAIS:

**GUIÃO PARA PROJECTOS DE ESTRADAS
URBANAS MUNICIPAIS**



ABRIL 2025



REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE
Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos

PROJECTO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E LOCAL – PDUL

ELABORAÇÃO DE NORMAS PARA ESTRADAS URBANAS MUNICIPAIS:

**GUIÃO PARA PROJECTOS DE ESTRADAS
URBANAS MUNICIPAIS**



ABRIL 2025

50

FICHA TÉCNICA

República de Moçambique
Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos
Programa de Desenvolvimento Urbano e Local – PDUL

Título: Normas para Estradas Urbanas Municipais: Guia para a Elaboração de Projectos de Estradas Urbanas Municipais

Edição: Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos

Direcção Nacional de Urbanização e Habitação

Produção: José A. Walters Monteiro

Apoio Técnico: Dinis Moreno, Faizal Julaya, Armando Paulino, Hafido Abacassamo, Lázaro Matlava, Tomás Banze, Hugo Chissaque, Augusto Macie, Tânia Daúde, Arcénio Manjate, Idélcia Mapure

Assistência Técnica Metodológica: Maria Sofia dos Santos, Ângelo Benesse, Adelino da Cruz e Alda Saíde

Revisão e Controle de Qualidade: André Herzog, Hannah Kim, Márcia Oliveira, Ângelo Benesse

Desenho Gráfico: Elográfico, Lda.

Impressão e Acabamento:

Tiragem: 0000 exemplares

Edição: 1ª edição, 2021

Registo:

Apoio Financeiro: Governo de Moçambique, Banco Mundial (BM) e Governo do Japão

SUMÁRIO

Índice de figuras	7
Índice de quadros	13
1. Introdução	17
1.1. Contextualização	18
1.2. Objectivo da consultoria	21
1.3. Público-alvo	21
1.4. Estrutura do guião	21
2. Abordagem metodológica	25
2.1. Diagrama para a elaboração de um projecto de uma estrada municipal	27
2.2. Fase inicial	28
2.3. Fase preliminar	30
2.4. Fase final	31
3. Levantamento topográfico	35
3.1. Definição	36
3.2. Objectivo do levantamento topográfico num projecto de uma estrada	36
3.3. Especificações técnicas de referência	36
3.4. Sistema geodésico nacional	36
3.5. Etapas a considerar num levantamento topográfico	36
3.6. Tolerâncias para os levantamentos topográficos	40
4. Inventário da situação existente	43
4.1. Inventário da condição do pavimento	44
4.2. Inventário do sistema de drenagem de águas pluviais (sdap)	45

5. Investigação de materiais	47
5.1. Poços de inspecção	49
5.2. Materiais de empréstimo	50
5.3. Agregados	50
5.4. Ensaio de dcp	50
5.5. Ensaio laboratoriais	53
5.6. Recomendações sobre agregados para revestimentos betuminosas	58
5.7. Recomendações de Betume por Grau de Penetração para Estradas de Baixo Volume em Moçambique	59
6. Estudo do tráfego	61
6.1. Diagrama para o estudo do tráfego	62
6.2. Período de vida útil do projecto	63
6.3. Tráfego inicial	64
6.4. Estimar o crescimento do tráfego para cada classe de veículo	65
6.5. Estimar os Eixos Padrão Equivalentes (ESAs) por cada classe de veículo	66
6.6. Estimar os Eixos Padrão Equivalentes Acumulados	67
6.7. Estabelecer a distribuição por faixa de rodagem	68
6.8. Classe de tráfego do projecto	68
7. Estudo da drenagem	71
7.1. Objectivo desta secção	73
7.2. Drenagem superficial	74
7.3. Drenagem subterrânea	78
7.4. Drenagem transversal	79
7.5. Abordagem metodológica de um projecto de drenagem	81
7.6. Dimensionamento de dispositivos de drenagem superficial	84
8. Estudo do traçado geométrico	91
8.1. Estudo do traçado transversal	93
8.2. Estudo dos alinhamentos	100
8.3. Estudo do alinhamento horizontal	104

9. Dimensionamento de pavimentos	115
9.1. Fluxograma para o dimensionamento de estradas da categoria ua e ub	117
9.2. Fluxograma para o dimensionamento de estradas da categoria uc e ud	118
9.3. Tipos de pavimento	118
9.4. Tipos de revestimento	120
9.5. Materiais granulares e sua aplicação em camadas de pavimento	121
9.6. Classificação de materiais granulares estabilizados com cimento	123
9.7. Critérios de dimensionamento	123
9.8. Métodos de dimensionamento	125
9.9. Dimensionamento de pavimentos de pavê	126
9.10. Especificações técnicas para blocos de pavimento	127
9.11. Comparação entre revestimentos de pavimento	134
9.12. Estradas não revestidas	135
9.13. Secções transversais típicas de estruturas pavimentos	137
10. Projecto de sinalização	141
10.1. Sinalização vertical	142
10.2. Sinalização horizontal	149
11. Avaliação do impacto ambiental	159
11.1. Definição	160
11.2. O processo de aia	161
11.3. Legislação aplicável	161
12. Apresentação dos relatórios	165
12.1. Relatórios de especialidade	167
13. Documentos de concurso	169
13.1. Instruções aos concorrentes (iac)	170
13.2. Caderno de encargos	170
BIBLIOGRAFIA	175

Anexo A – lista de acrónimos e definições	183
Anexo B – notas complementares sobre levantamentos topográficos	190
Anexo C – notas complementares sobre materiais	208
Anexo D – notas complementares sobre drenagem	216
Anexo E – notas complementares sobre estudo geométrico	254
Anexo F – notas complementares sobre o dimensionamento de pavimentos	260
Anexo G – tabelas para o dimensionamento de pavimentos flexíveis (trh4)	280
Anexo H – tabelas para o dimensionamento de pavimentos em pavê – cma/utg2	288
Anexo I – tabelas para o dimensionamento de pavimentos em pavê – aashto/asce	292
Anexo J – exemplo de especificações técnicas especiais	304
Anexo K – regras para desenhos de um projecto executivo de estradas urbanas municipais	328

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1	Trafego pesado em estrada nacional	18
Figura 1-2	Tráfego típico de estrada urbana municipal	18
Figura 1-3	Indicação da área de protecção parcial da Estrada N6	19
Figura 1-4	Materialização da área de protecção parcial, circular de Maputo	19
Figura 1-5	Estrada urbana	19
Figura 1-6	Estrada Rural	19
Figura 1-7	Diagrama de apresentação da consultoria	21
Figura 2-1	Diagrama geral de um projecto executivo	26
Figura 2-2	Diagrama para a elaboração de um projecto de uma estrada municipal	27
Figura 2-3	Diagrama das actividades a desenvolver na Fase Inicial do projecto	28
Figura 2-4	Diagrama das actividades a desenvolver na Fase Preliminar do projecto	30
Figura 2-5	Diagrama das actividades a desenvolver na Fase Final do projecto	32
Figura 3-2	Zonas UTM de Moçambique	36
Figura 3-2	Etapas de um levantamento topográfico	37
Figura 4-1	Diagrama para o inventário da situação existente	44
Figura 5-1	Exemplo de um mapa de solos	48
Figura 5-2	Exemplo de um mapa geológico	48
Figura 5-3	Exemplo de um poço de inspecção de um pavimento existente	49
Figura 5-4	Aparelho de DCP	50
Figura 5-5	Efeitos típicos do DCP na presença de material grosso	52
Figura 6-1	Diagrama para o estudo de tráfego	62
Figura 6-2	Período de vida útil do projecto	63
Figura 7-1	Variação dos hidrogramas para a mesma quantidade de chuva, em função da ocupação e uso do solo	72
Figura 7-2	Sistema de Macrodrenagem e Sistema de Microdrenagem	73
Figura 7-3	Vala de bordadura de passeio	74
Figura 7-4	Vala adjacente ao pavimento	75

Figura 7-5	Vala de crista de talude	75
Figura 7-6	Valeta de pé de talude	76
Figura 7-7	Pormenor de canaleta com lancil galgável	76
Figura 7-8	Exemplo de um sumidouro localizado no separador central	77
Figura 7-9	Exemplo de uma sarjeta	77
Figura 7-10	Pormenor de caixa de visita com entradas e saída do colector	78
Figura 7-11	Exemplo de drenagem subterrânea	78
Figura 7-12	Dreno subterrâneo transversal	79
Figura 7-13	Exemplo de um pontão	79
Figura 7-14	Exemplo de um aqueduto de secção rectangular	80
Figura 7-15	Exemplo de uma passagem molhada	80
Figura 7-16	Perímetro molhado	85
Figura 7-17	Nomograma para a determinação de caudais admissíveis em valetas triangulares	87
Figura 7-18	Relação entre caudal da parcela frontal e caudal total da valeta	88
Figura 7-19	Nomograma para a determinação da velocidade em valetas triangulares	89
Figura 8-1	Fluxograma para o estudo do traçado transversal	93
Figura 8-2	Exemplo de perfil transversal de uma estrada urbana	94
Figura 8-3	Exemplo de estrada e perfil em escavação com berma	95
Figura 8-4	Estrada com duas vias e separador central	96
Figura 8-5	Lancis verticais tipo barreira	97
Figura 8-6	Lancis galgáveis	97
Figura 8-7	Exemplo típico de secção transversal de estrada Arterial	99
Figura 8-8	Exemplo típico de secção transversal de estrada Colectora	99
Figura 8-9	Exemplo típico de secção transversal de estrada de Acesso Local	100
Figura 8-10	Fluxograma para o estudo dos alinhamentos de uma estrada	100
Figura 8-11	Dimensões de veículo de projecto: ligeiro, carrinha 4x4	103
Figura 8-12	Dimensões de veículo de projecto: camião convencional de dois eixos	103
Figura 8-13	Dimensões de veículo de projecto: camião e autocarro longo	103
Figura 8-14	Dimensões de veículo de projecto: semi-reboque	104
Figura 8-15	Curva circular simples e curva composta com transição	104
Figura 8-16	Elementos de curva circular simples	105

Figura 8-17	Raio de canto com ângulo igual ou inferior a 75°	106
Figura 8-18	Raios de cantos com ângulo superior a 75°	106
Figura 8-19	Raios e disposições construtivas para ilhas grandes e pequenas	106
Figura 8-20	Elementos de sobrelevação	107
Figura 8-21	Dimensões para paragens de autocarros, veículos múltiplos e veículo singular	108
Figura 8-22	Parâmetros geométricos de definição de lugares de estacionamento na via pública	109
Figura 8-23	Fluxograma para o estudo do traçado transversal Curvas côncava e convexa de um alinhamento vertical	109
Figura 8-24	Comprimentos mínimos de curvas verticais côncavas	112
Figura 8-25	Comprimentos mínimos de curvas verticais côncavas	113
Figura 9-1	Fluxograma do processo de dimensionamento de estradas da categoria UA e UB	117
Figura 9-2	Fluxograma do processo de dimensionamento de estradas da categoria UC e UD	118
Figura 9-3	Exemplo de estrutura de pavimento flexível	118
Figura 9-4	Exemplo de estrutura de pavimento rígido	119
Figura 9-5	Comparação de distribuição de cargas entre pavimentos equivalentes	119
Figura 9-7	Estrutura de pavimento de blocos com base granular	127
Figura 9-8	Estrutura de pavimento de blocos com base de solo-cimento	127
Figura 9-9	Blocos de pavê do tipo S-A	128
Figura 9-10	Blocos de pavê do tipo S-B	128
Figura 9-11	Blocos de pavê do tipo S-C	129
Figura 9-12	Modo de determinar as dimensões de blocos de pavimento	130
Figura 9-13	Funcionamento da interligação de bloco de pavê	133
Figura 9-14	Texturas para assentamento de blocos de pavê sujeitos a tráfego de veículos	133
Figura 9-15	Relação entre retracção linear, coeficiente de granulometria e desempenho	136
Figura 9-16	Estrutura de pavimento típica para estradas Colectora e de Acesso Local, em pavê	138
Figura 9-17	Estrutura de pavimento típica para estrada municipais com revestimento superficial duplo	138
Figura 9-18	Secção transversal típica de estrada não revestida	138

Figura 10-1	Sinais de perigo	143
Figura 10-2	Sinais complementares de perigo	144
Figura 10-3	Sinais de proibição	144
Figura 10-4	Sinais de obrigação	145
Figura 10-5	Sinais de informação	145
Figura 10-6	Sinais de identificação de localidades e de estradas	146
Figura 10-7	Sinais de interesse turístico	147
Figura 10-8	Sinais de afectação de vias	147
Figura 10-9	Sinais de cedência de passagem	148
Figura 10-10	Sinais combinados	148
Figura 10-11	Sinais com painéis adicionais	149
Figura 11-1	Fluxograma generalizado de uma AIA	160
Figura B-1	As 60 zonas UTM do mundo	192
Figura B-2	Representação do relevo por curvas de nível	193
Figura B-3	Curvas mestras e secundárias	194
Figura B-4	Exemplo de pontos cotados	194
Figura B-5	Representação do perfil de um terreno	195
Figura B-6	Representação do perfil e planta de um terreno	196
Figura B-7	Exemplo de terreno pano uniformemente inclinado	196
Figura B-8	Terreno em curva, uniformemente inclinado	197
Figura B-9	Exemplo de terreno com variação de declive, equidistância = 1m	197
Figura B-10	Montagem de dois terrenos diferentes, equidistância – 2m	198
Figura B-11	Exemplo de um planta topográfica na formação de um vale	198
Figura C-1	Teste de agitação	209
Figura C-2	Teste de resistência	209
Figura C-3	Ensaio de dispersão	210
Figura C-4	Teste do teor de humidade	211
Figura D-1	Relação entre risco , período de retorno e vida útil de uma obra	228
Figura D-2	Expressão gráfica das curvas I-D-F para a cidade de Maputo e Matola	230
Figura D-3	Regiões pluviométricas de Moçambique	231
Figura D-4	Precipitação média anual em Moçambique	232
Figura D-5	Opções de alinhamento do curso de água	236

Figura D-6	Opções de alinhamento do curso de água (A e B)	236
Figura D-7	Condições típicas de funcionamento de aquedutos	238
Figura D-8	Parâmetros hidráulicos do escoamento com controlo de saída, conduta cheia	240
Figura D-9	Parâmetros hidráulicos para determinação de HW	241
Figura D-10	Determinação de HW num aqueduto celular com controlo de entrada	243
Figura D-11	Determinação de HW num aqueduto circular de betão com controlo de entrada	244
Figura D-12	Determinação de HW num aqueduto celular com controlo de saída, $n = 002$	245
Figura D-13	Determinação de HW num aqueduto circular de betão escoando cheio com controlo de saída, $n=0012$	246
Figura D-14	Relação número de Froude e turbulência	248
Figura D-15	Gráfico para determinação do comprimento do ressalto	249
Figura D-16	Pormenor de dissipador de energia	249
Figura D-17	Pormenor de uma passagem molhada em corte	251
Figura E-1	Hierarquização de Estradas Municipais na África do Sul	255
Figura F-1	Fluxograma do procedimento para o dimensionamento através do método de DCP	260
Figura F-2	Exemplo de relação DN/densidade/teor de humidade	262
Figura F-3	Fluxograma para o dimensionamento de pavimentos de pavê segundo a ASCE 58-16	264
Figura F-4	Pormenores da drenagem do leito de areia	268
Figura F-5	Pormenor de drenagem com base granular não tratada	269
Figura F-6	Pormenor de drenagem com base tratada (ATB- base tratada com asfalto; CTM – base tratada com cimento)	269
Figura F-7	Interface do programa DesignPave	271
Figura F-8	Teoria de espessura equivalente de Odermark	272
Figura F-9	Ábacos para dimensionamento de sub-bases	275
Figura F-10	Ábacos para dimensionamento de bases	275
Figura F-11	As 6 regiões climáticas dos EUA	277



ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1	Exemplo de intensidade mínima de pontos a medir por ha	39
Tabela 2	Tolerâncias para levantamento detalhado do terreno	40
Tabela 3	Tolerâncias para levantamentos detalhado de passagens de nível	40
Tabela 4	Tolerâncias para levantamento de zonas de empréstimo	40
Tabela 5	Quantidades mínimas por amostra para testes	49
Tabela 6	Frequência de testes de DCP	51
Tabela 7	Capacidade resistente de um pavimento	51
Tabela 8	Capacidade resistente de um pavimento	52
Tabela 9	CBR mínimos para materiais granulares	53
Tabela 10	Definições do sistema de classificação USCS	54
Tabela 11	Pormenores do Sistema Unificado de Classificação	54
Tabela 12	Sistema de classificação da AASHTO	55
Tabela 13	Requisitos para testes em solos naturais, segundo o TRH14	56
Tabela 14	Ensaio requeridos para agregados, segundo o TRH14	57
Tabela 15	Requisitos de Agregados por Tipo de Revestimento	58
Tabela 16	Tamanhos máximos nominais de agregados	59
Tabela 17	Graus de penetração recomendados para aplicações de betumes	59
Tabela 18	Períodos de vida útil para estradas de BVT	64
Tabela 19	Classes de veículos a considerar na contagem de tráfego	64
Tabela 20	Modelo para a contagem de tráfego, turno das 6:00 às 14:00	65
Tabela 21	Factores de equivalência para as classes de veículos indicadas na Tabela 19, Secção 63	66
Tabela 22	Determinação dos Eixos Padrão Acumulados	67
Tabela 23	Factores de ajuste da carga de projecto	68
Tabela 24	Carga por eixo equivalente padrão (ESAX106) – SATCC – Pavement design	68
Tabela 25	Classes de tráfego segundo a UTG3	69
Tabela 26	Coeficientes de rugosidade, adaptado de AGRD05B e DNIT	86
Tabela 27	Velocidades máximas admissíveis da água	88
Tabela 28	Proposta de hierarquia de estradas urbanas	92
Tabela 29	Larguras de faixas de rodagem	96
Tabela 30	Larguras de vias recomendáveis em função do tráfego médio diário	96
Tabela 31	Largura dos passeios	97

Tabela 32	Dimensões Y1 e Y2 do lancil central da Figura 8-6	98
Tabela 33	Inclinações transversais recomendáveis para pavimentos urbanos	98
Tabela 34	Inclinações transversais recomendáveis para pavimentos urbanos	98
Tabela 35	Dimensões e características de veículos de projecto	102
Tabela 36	Parâmetros geométricos para dimensionamento de estacionamento	109
Tabela 37	Gradientes máximos recomendados para alinhamentos verticais	111
Tabela 38	Gradientes mínimos da rasante	111
Tabela 39	Comprimentos máximos dos trainéis	111
Figura 9-6	Revestimentos superficiais simples usados em Moçambique	121
Tabela 40	Requisitos para o uso de materiais granulares em camadas de pavimento	122
Tabela 41	Classificação e requisitos para materiais estabilizados com cimento	123
Tabela 42	Período de vida útil para estradas urbanas	123
Tabela 43	Profundidade do material para determinação do CBR de dimensionamento	124
Tabela 44	Grupos de CBR da fundação usados para o dimensionamento estrutural	124
Tabela 45	Granulometria para o leito de areia	131
Tabela 46	Granulometrias recomendadas para areia das junta	131
Tabela 47	Granulometria para bases e sub-bases de material granular	132
Tabela 48	Comparação entre revestimentos de pavimentos	134
Tabela 49	Materiais para a camada de desgaste de estradas urbanas	136
Tabela 50	Propriedades dos matérias indicados na Figura 9-25 acima	137
Tabela 51	Marcas longitudinais Adaptado do Decreto 51/2009 de 29/09	152
Tabela 52	Marcas transversais Adaptado do Decreto 51/2009 de 29/09	153
Tabela 53	Marcas orientadoras de sentidos de trânsito	154
Tabela 54	Marcas reguladoras de estacionamento e paragem	155
Tabela 55	Marcas diversas	156
Tabela 56	Legislação aplicável para AIA em Moçambique	161
Tabela 57	Folha de rosto de relatórios de especialidade	167
Tabela B-1	Exemplos de equidistâncias	193
Tabela B-2	Códigos segundo o TMH11	201
Tabela D-1	Sumário de considerações sobre um projecto de drenagem	217
Tabela D-2	Coeficientes de escoamento	223
Tabela D-3	Coeficientes de escoamento	226
Tabela D-4	Velocidade de escoamento em função da pendente	227
Tabela D-5	Relação entre risco , período de retorno e vida útil de uma obra	229
Tabela D-6	Parâmetros a, b para as curvas I-D-F de Maputo e Matola	230

Tabela D-7	Coeficientes de correcção K	231
Tabela D-8	Vantagens e desvantagens do uso de pontes	233
Tabela D-9	Vantagens e desvantagens do uso de aquedutos	233
Tabela D-10	Vantagens e desvantagens do uso de passagens molhadas	234
Tabela D-11	Coeficientes de perda de entrada de aquedutos, K_e	242
Tabela E-1	Funções e características das classes de estradas	256
Tabela E-2	Função e classe das estradas conforme o tráfego diário anual segundo o ORN 6	257
Figura E-2	Hierarquia de estradas e funções	257
Tabela E-3	Proposta para a classificação de estradas urbanas municipais de Moçambique	258
Tabela F-1	Relação aproximada entre valores de CBR e valores de DN de laboratório para diferentes teores de humidade	261
Tabela F-2	Catálogo DCP-DN para diferentes classes de tráfego	263
Tabela F-3	Relação entre ESAL e TI	265
Tabela F-4	Categorização geral dos solos e suas propriedades	265
Tabela F-5	Classificação da drenagem por categoria de solos	266
Tabela F-6	mostra a influência da drenagem no módulo de resiliência de diferentes tipos de solos	266
Tabela F-7	Extrato das tabelas do ASCE 58-16	267
Tabela F-8	Catálogo para o dimensionamento da camada de desgaste de estradas não revestidas	277
Tabela F-9	Níveis de tráfego de projecto	278
Tabela F-10	Catálogo para dimensionamento da camada de desgaste, método South Dakota	278





INTRODUÇÃO

I.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A rede de estradas de Moçambique é regulamentada e gerida pela Administração Nacional de Estradas, abreviadamente designada por ANE IP, e supervisionada pelo ministro que tutela a área de Obras Públicas. Os municípios têm sob sua responsabilidade a actividade de manutenção da rede viária autárquica que compreende as estradas urbanas, ruas e caminhos localizados no interior dos seus limites geográficos, com a excepção das estradas primárias e secundárias, de acordo com o definido na política e no quadro de classificação das estradas nacionais. Este sistema de classificação enquadra estradas urbanas no grupo de estradas não classificadas.

Existem vários aspectos que diferenciam as estradas geridas pela ANE IP das estradas urbanas municipais sendo o mais evidente o volume de tráfego. É pelas estradas nacionais, sob jurisdição da ANE, que passa a maior parte do trânsito pesado (viaturas com mais do que 3000 kg de peso bruto) nos municípios, enquanto que as estradas sobre jurisdição municipal são caracterizadas por uma circulação de viaturas pesadas relativamente baixa. Outro aspecto de realce, é o número diário de veículos motorizados, sendo bastante superior nas estradas nacionais decrescendo significativamente nas estradas urbanas municipais.

Figura 1-1. Tráfego pesado em estrada nacional



Figura 1-2. Tráfego típico de estrada urbana municipal



Um outro factor que ganha relevância na diferenciação entre uma estrada nacional e uma municipal, aplicáveis principalmente nas zonas de expansão urbana, é a faixa de reserva da estrada ou a zona de protecção parcial. O artigo 8 da Lei de terras, estabelece as larguras das zonas de protecção parcial para as diferentes categorias de estradas classificadas, variando de 15 a 50m, conforme os casos aí citados. Contudo, para as estradas urbanas municipais, a faixa de reserva que normalmente constitui a calçada da via, é definida pelos códigos de posturas municipais.

Figura 1-3. Indicação da área de protecção parcial da Estrada N6



Figura 1-4. Materialização da área de protecção parcial, circular de Maputo



Figura 1-5. Estrada urbana



Figura 1-6. Estrada Rural



As cidades de Moçambique estão em rápida expansão, porém, existe uma grande lacuna na prestação de serviços. O rápido crescimento urbano, que se seguiu ao final da guerra civil, pressionou os municípios a abordar o grande défice de infra-estruturas urbanas e as novas necessidades de investimento da crescente população urbana e das actividades económicas emergentes. Há uma considerável falta de investimento em infra-estruturas, com uma média de US \$ 8 per capita para investimentos de capital. Os municípios dificilmente conseguem manter a infra-estrutura urbana construída durante o tempo colonial.

A explosão demográfica nos municípios resultou também no surgimento de locais de assentamentos populacionais informais sem o devido planeamento urbano, servidos por acessos não revestidos, que vieram alargar a rede de estradas não revestidas que já constituía o grosso das vias municipais. No geral, uma boa extensão das estradas municipais não revestidas são caracterizadas por traçados geométricos pouco recomendáveis do ponto de vista de segurança rodoviária e de impactos socio-ambientais negativos.

A maior parte das estradas pavimentadas dos municípios faz parte da rede viária ainda do tempo colonial. De um modo geral, o pavimento dessas estradas já atingiu o período de vida útil e encontra-se em situação de conservação deplorável, agravada pela falta de implementação de planos de manutenção adequados. Por outro lado, assiste-se a uma tendência de ampliação gradual da rede de estradas pavimentadas, em que o revestimento mais usado é o de blocos pré-fabricados de betão, vulgo pavê. A qualidade das obras de manutenção e as de transformação das estradas de terra em estradas revestidas constitui uma preocupação constante.

É sabido que grande parte dos municípios são atravessados por estradas nacionais, sob a administração da ANE. Com o crescimento dos municípios, principalmente ao longo das estradas nacionais, é preocupante a falta de segurança para os peões, porque estas estradas (municipais), salvo raras exceções, obedecem a um padrão de estradas rurais, sem passeios ou bermas pavimentadas. De igual modo, constatou-se que nestas estradas a preocupação com os impactos ambientais vai apenas até à área de reserva das mesmas. Todos os problemas a jusante, resultantes da drenagem de águas pluviais, são geralmente ignorados, ficando os municípios com a gestão dos casos de erosão e outros efeitos ambientais nocivos.

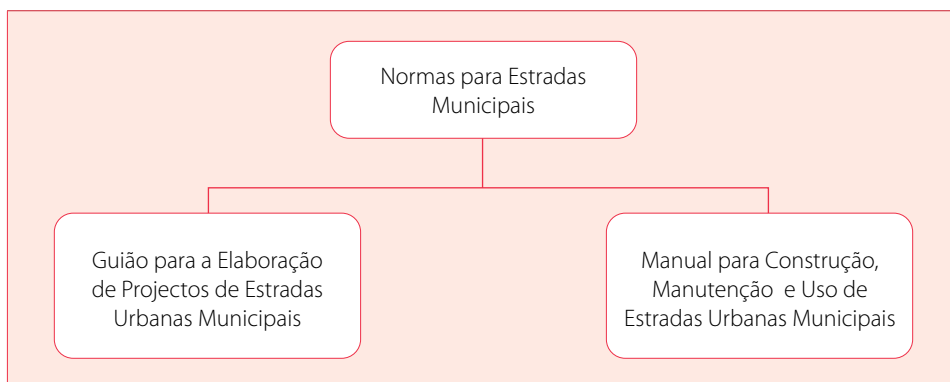
Do ponto de vista de projectos de estradas municipais, os municípios dependem muito das fontes de financiamento para as obras. Quando se trata de fundos do OGE, atribuídos aos municípios através do Fundo de Estradas, as soluções são encontradas com o apoio das empresas de consultoria para o programa de manutenções provinciais. Não foi possível confirmar se as obras são feitas a partir de projectos pré-concebidos. Quando se trata de fundos próprios do município, as obras são feitas com base em experiências anteriores, sem projecto. Existe, seguramente, um projecto quando as obras são feitas com o apoio de organizações de ajuda internacional. Contudo, existe uma ampla gama de financiadores de projectos que usam diversas normas e procedimentos para a concepção, construção e manutenção da rede e infra-estrutura complementar da rede viária, que varia de organização para organização, e que são, por vezes, não consensuais ou de aplicação local não adequada.

Parte das obras de manutenção de estradas dos municípios são feitas pelos serviços de manutenção dos próprios municípios, ou por empreiteiros contratados. Infelizmente, são vários os exemplos de execução insatisfatória devido à fraca capacidade técnica dos intervenientes.

No que se refere a técnicos especializados, há efectivamente uma grande carência de técnicos com formação em estradas a trabalhar nos municípios em quantidade suficiente para atender a demanda da rede viária e as necessidades de manutenção da rede existente. De forma geral, denota-se um crescimento do número de técnicos que compõem actualmente o quadro técnico dos sectores de gestão municipal. Contudo, estes técnicos, que ainda estão no início de carreira, são precocemente chamados a exercer funções de gestão da rede viária, onde no exercício da sua actividade têm de lidar com doadores, consultores e empreiteiros mais experientes e melhor equipados.

A fim de melhorar o desempenho do sector de estradas municipais no geral, é proposta a criação de Normas para Estradas Urbanas Municipais. Estas Normas serão constituídas de três partes nomeadamente as Normas propriamente ditas contendo um resumo de critérios técnicos relacionados com a elaboração de projectos de estradas urbanas municipais, o Guião para a Elaboração de Projectos de Estradas Urbanas Municipais e o Manual para Construção e Manutenção de Estradas Urbanas Municipais. Este conceito das Normas é ilustrado no diagrama da Figura 1-7.

Figura 1-7. Diagrama de apresentação da consultoria



Este documento refere-se ao Guião para a Elaboração de Projectos de Estradas Urbanas Municipais, sendo a base para a elaboração da componente de projecto das Normas de Estradas Municipais.

1.2. OBJECTIVO DA CONSULTORIA

O objectivo do Guião para a Elaboração de Projectos de Estradas Urbanas Municipais é servir como documento de consulta para a implementação da componente de projecto das Normas para Estradas Municipais, cuja finalidade é uniformizar os procedimentos para a elaboração e apresentação de projectos de estradas municipais. O Guião servirá igualmente para orientar os técnicos municipais na elaboração, gestão e fiscalização de projectos de estradas.

1.3. PÚBLICO-ALVO

O Guião deverá constituir uma ferramenta de trabalho para uso dos técnicos dos municípios, projectistas, construtores e outros profissionais afins, que actuam na área específica das estradas urbanas municipais.

1.4. ESTRUTURA DO GUIÃO

Este Guião aborda apenas os aspectos relacionados com a elaboração do projecto executivo, partindo do pressuposto de que as etapas antecedentes, tais como o estudo de viabilidade, selecção da via a projectar, selecção do consultor, entre outros, foram concluídos. Procurou-se fazer uma abordagem simples a um tema complexo como é o projecto executivo de uma

estrada, de forma a que os técnicos municipais possam ter uma ferramenta que lhes permita elaborar Termos de Referência para pequenos projectos de estradas e dar seguimento à elaboração de projectos executivos de estradas nos respectivos municípios. A estrutura deste documento é a seguinte:

Secção 1. Introdução

Secção 2. Abordagem metodológica

Secção 3. Levantamentos topográficos

Secção 4. Inventário da situação existente

Secção 5. Investigação de materiais

Secção 6. Estudo do tráfego

Secção 7. Estudo da drenagem

Secção 8. Estudo do traçado geométrico

Secção 9. Dimensionamento de pavimentos

Secção 10. Sinalização rodoviária

Secção 11. Estudo do impacto ambiental

Secção 12. Apresentação dos relatórios

Secção 13. Documentos de concurso

Secção 14. Bibliografia

ANEXOS

Anexo A	Lista de Acrónimos e Definições
Anexo B	Notas complementares sobre Levantamentos Topográficos
Anexo C	Notas complementares sobre Materiais
Anexo D	Notas complementares sobre Drenagem
Anexo E	Notas complementares sobre Estudo Geométrico
Anexo F	Notas complementares sobre Dimensionamento de Pavimentos
Anexo G	Tabelas para dimensionamento de pavimentos flexíveis - TRH4
Anexo H	Tabelas para dimensionamento de pavês - CMA
Anexo I	Tabelas para dimensionamento de pavês - AASHTO
Anexo J	Exemplo de Especificações Técnicas Especiais
Anexo K	Regras para apresentação de Desenhos



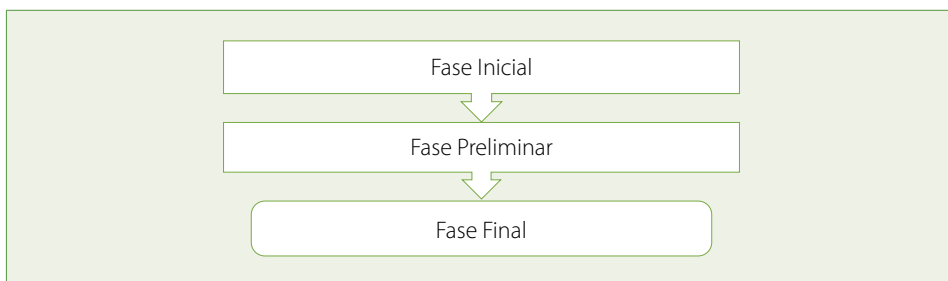


2

ABORDAGEM METODOLÓGICA

De forma geral, a elaboração de um projecto de uma estrada municipal pode ser dividida em três fases, nomeadamente a Inicial, a Preliminar e a Final, conforme ilustra a Figura 2-1. A Fase Inicial inclui os encontros preparativos do projecto, a recolha de dados e as investigações de campo. Na Fase Preliminar é desenvolvido o projecto conceptual da estrada e dá-se início ao processo de Avaliação do Impacto Ambiental (AIA). Na Fase Final do projecto são dimensionados os vários elementos que compõem a estrada, tais como o pavimento, os órgãos de drenagem, a finalização do projecto geométrico e de sinalização, a conclusão da AIA, e a elaboração do relatório final. Uma vez aprovado o relatório final são então preparados os documentos para o lançamento do concurso da empreitada.

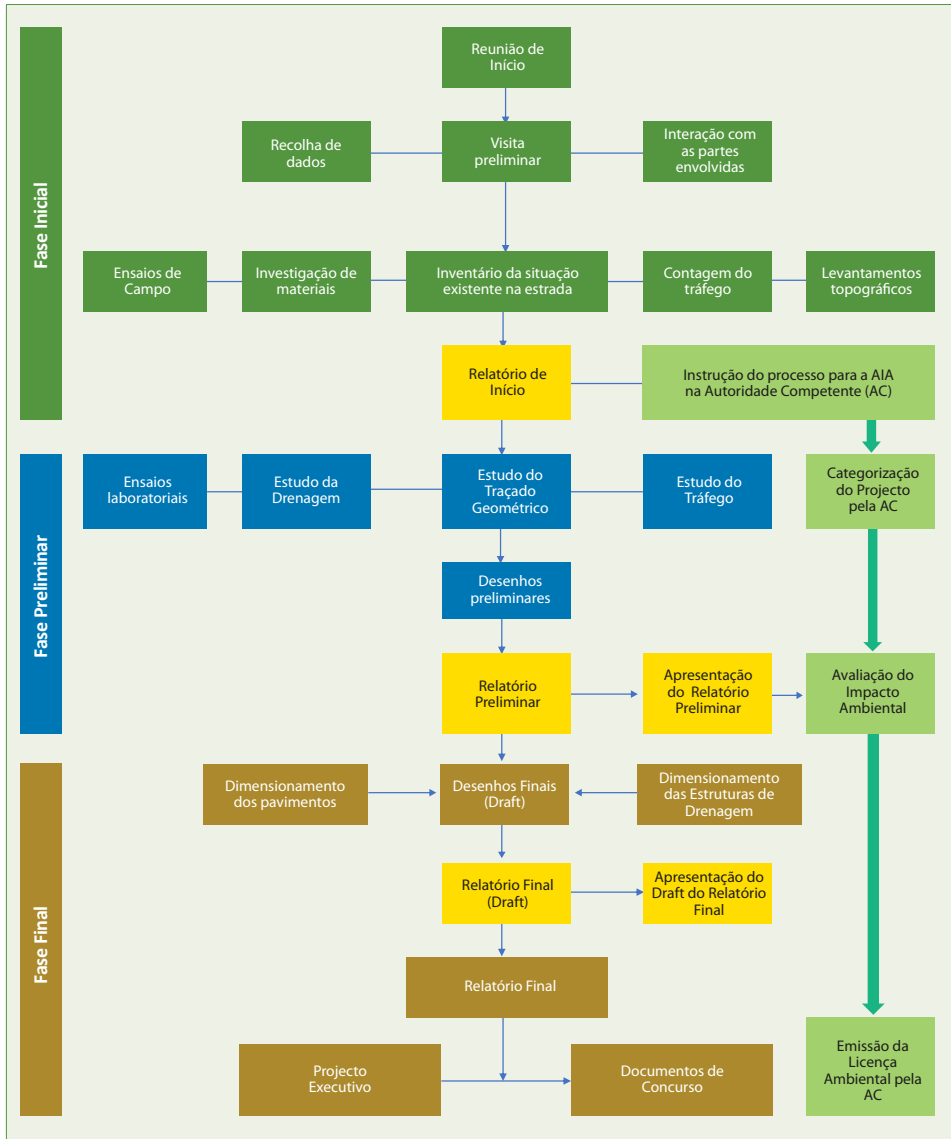
Figura 2-1. Diagrama geral de um projecto executivo



Todas as tarefas que envolvem cada uma das fases são apresentadas de forma resumida no diagrama apresentado na Figura 2-2, na Subsecção 2.2, que é a base de desenvolvimento deste Guião. Os detalhes das tarefas a desenvolver em cada uma das fases do projecto são apresentados nas subsecções 2.3, 2.4 e 2.5, respectivamente.

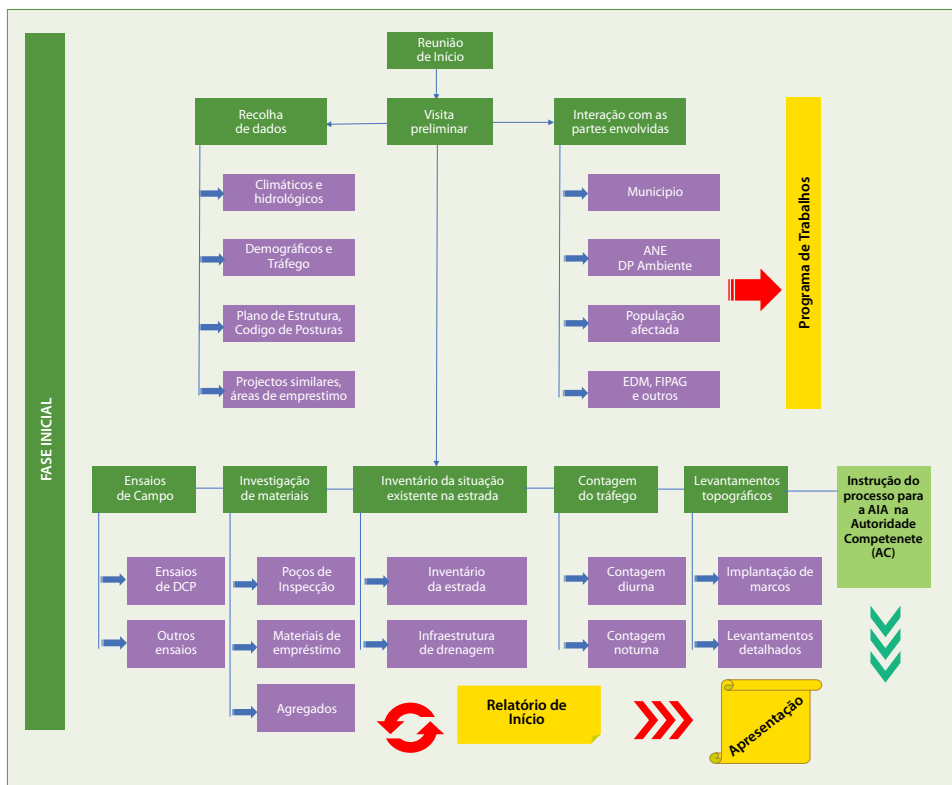
2.1. DIAGRAMA PARA A ELABORAÇÃO DE UM PROJECTO DE UMA ESTRADA MUNICIPAL

Figura 2-2. Diagrama para a elaboração de um projecto de uma estrada municipal



2.2. FASE INICIAL

Figura 2-3. Diagrama das actividades a desenvolver na Fase Inicial do projecto



2.2.1. REUNIÃO DE INÍCIO

A reunião de início serve para a apresentação das duas partes envolvidas no projecto, na qual o município apresenta o seu ponto focal ao consultor e este, por sua vez, faz a apresentação dos membros da sua equipa de trabalho. É também neste encontro que é confirmado o objectivo da consultoria e a disponibilidade do pessoal do consultor. No final, é produzida uma Acta da Reunião, a qual deve ser assinada pelos representantes de ambas as partes.

2.2.2. VISITA PRELIMINAR

Como parte da reunião de início, o representante do município deverá efectuar uma visita ao local do estudo para que o consultor se familiarize com o local, acessos, referências, constrangimentos, etc.

2.2.3. RECOLHA DE DADOS

Imediatamente após a mobilização, o consultor deverá fazer a recolha e revisão de todos os dados disponíveis, tais como estudos de viabilidade, planos directores de varias especialidades tais como de urbanização, drenagem e mobilidade, códigos de posturas, relatórios pertinentes

ao projecto, desenhos, cartas topográficas, cartas geológicas e de solos, estudos de tráfego, propostas de projecto, investigações do local, informação hidrológica e sobre o clima, informação sobre locais de empréstimo e pedreiras, relatórios de avaliação do impacto ambiental e qualquer outra informação útil.

2.2.4. INTERACÇÃO COM AS PARTES ENVOLVIDAS

É na Fase Inicial que se estabelecem os primeiros contactos com as outras potenciais partes envolvidas no processo, como é o caso da instituição responsável pela gestão das estradas a nível nacional, abastecimento de água municipal, fornecimento de energia eléctrica, rede de telefones, fornecimento de gás doméstico, ambiente, estruturas locais e potenciais pessoas afectadas, entre outros.

2.2.5. ENSAIOS DE CAMPO E INVESTIGAÇÃO DE MATERIAIS

É importante realçar que os ensaios de campo estão separados da investigação de materiais do diagrama da Figura 2-4. Contudo, estes assuntos serão tratados apenas na Secção 5, reservada para a investigação de materiais. Importa referir que no conjunto de ensaios de campo disponíveis para projectos de estradas, este guião apenas trata dos ensaios com o Cone de Penetração Dinâmica (DCP), por ser o mais relevante para as estradas municipais, que são o objecto da consultoria.

Outros ensaios poderão ser considerados, em função das necessidades e condições do terreno, particularmente quando hajam outras infra-estruturas (pontes, canais, etc).

2.2.6. INVENTÁRIO DA SITUAÇÃO EXISTENTE DA ESTRADA

A Secção 4 deste guião apenas fornece directrizes básicas para a realização dos inventários da condição dos pavimentos e da drenagem existente ao longo do traçado escolhido para a elaboração do projecto.

2.2.7. CONTAGEM DE TRÁFEGO

A contagem de tráfego é a actividade inicial do estudo do tráfego, tratada na Secção 6, especificamente dedicada a este assunto.

2.2.8. LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

Os levantamentos topográficos fazem parte dos trabalhos de campo e são normalmente realizados durante a Fase Inicial do projecto. Todos os requisitos necessários para a elaboração dos levantamentos topográficos encontram-se descritos na Secção 3.

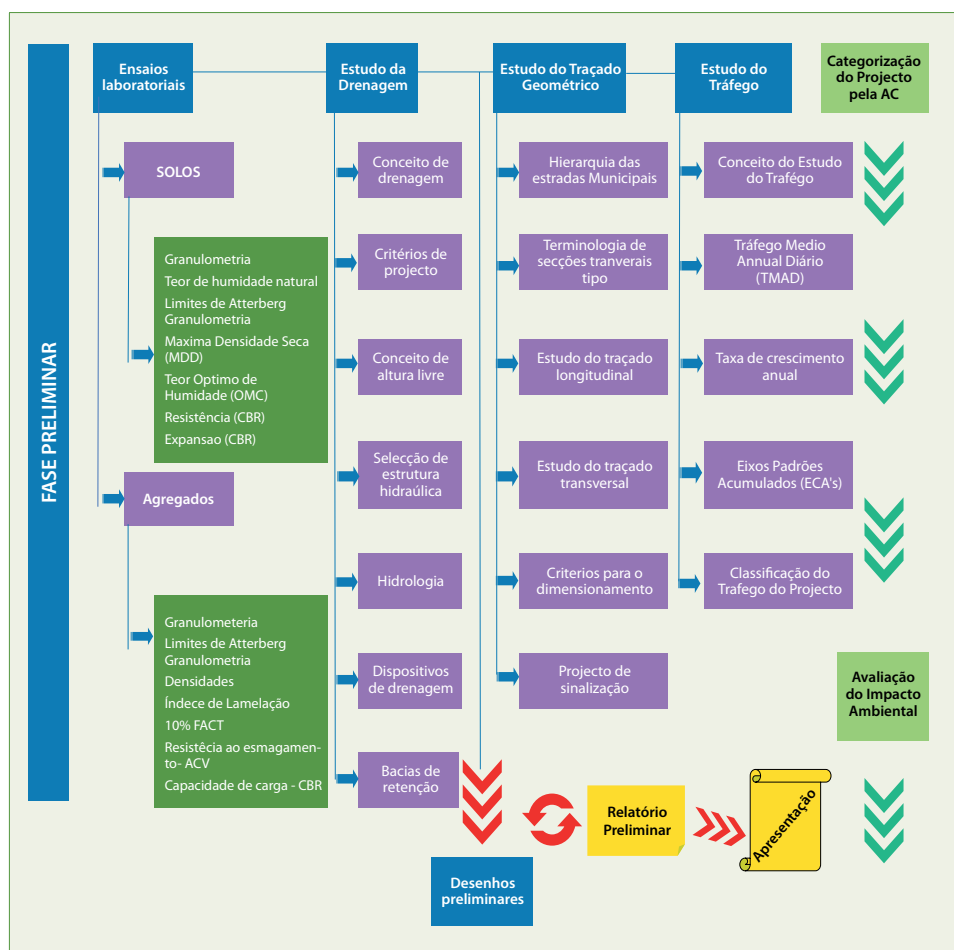
2.2.9. INSTRUÇÃO DO PROCESSO PARA CATEGORIZAÇÃO DA AIA

A primeira etapa de um estudo de Avaliação do Impacto Ambiental é a Instrução do Processo, com vista à obtenção da categorização do projecto neste contexto. O documento, para além da identificação do proponente, que é a entidade que promove o projecto, deve conter a identificação do consultor e, também, disponibilizar informação técnica e ambiental básica sobre o projecto e áreas de implementação. Um resumo do processo da Avaliação do Impacto Ambiental (AIA) em Moçambique é apresentado na Secção 11.

2.3. FASE PRELIMINAR

A Fase Preliminar da elaboração de um projecto executivo de estradas municipais agrupa uma série de actividades que culminam com a elaboração do projecto conceptual da estrada. Nesta fase, são realizados os ensaios laboratoriais, o estudo do tráfego, bem como o estudo da drenagem, e é também realizado o estudo do traçado geométrico. Durante esta fase, é atribuída a categoria do projecto para efeitos do estudo da AIA pela autoridade competente, que permite a elaboração deste estudo. Para concluir esta fase é submetido o Relatório Preliminar do Projecto, seguido de uma apresentação pública.

Figura 2-4. Diagrama das actividades a desenvolver na Fase Preliminar do projecto



2.3.1. ENSAIOS LABORATORIAIS

Os ensaios laboratoriais das amostras recolhidas são realizados durante a Fase Preliminar do projecto. Os ensaios e os requisitos necessários para os ensaios estão descritos na Secção 5 - Materiais.

2.3.2. ESTUDO DA DRENAGEM

O projecto preliminar do sistema de drenagem é desenvolvido quase em simultâneo com o estudo geométrico, pelo que são actividades que se complementam. O estudo da drenagem é apresentado na Secção 7.

2.3.3. ESTUDO DO TRAÇADO GEOMÉTRICO

Após a conclusão dos levantamentos topográficos, inicia-se o estudo do traçado geométrico com a definição preliminar da secção transversal e dos alinhamentos horizontal e vertical. O estudo do traçado geométrico é apresentado na Secção 8.

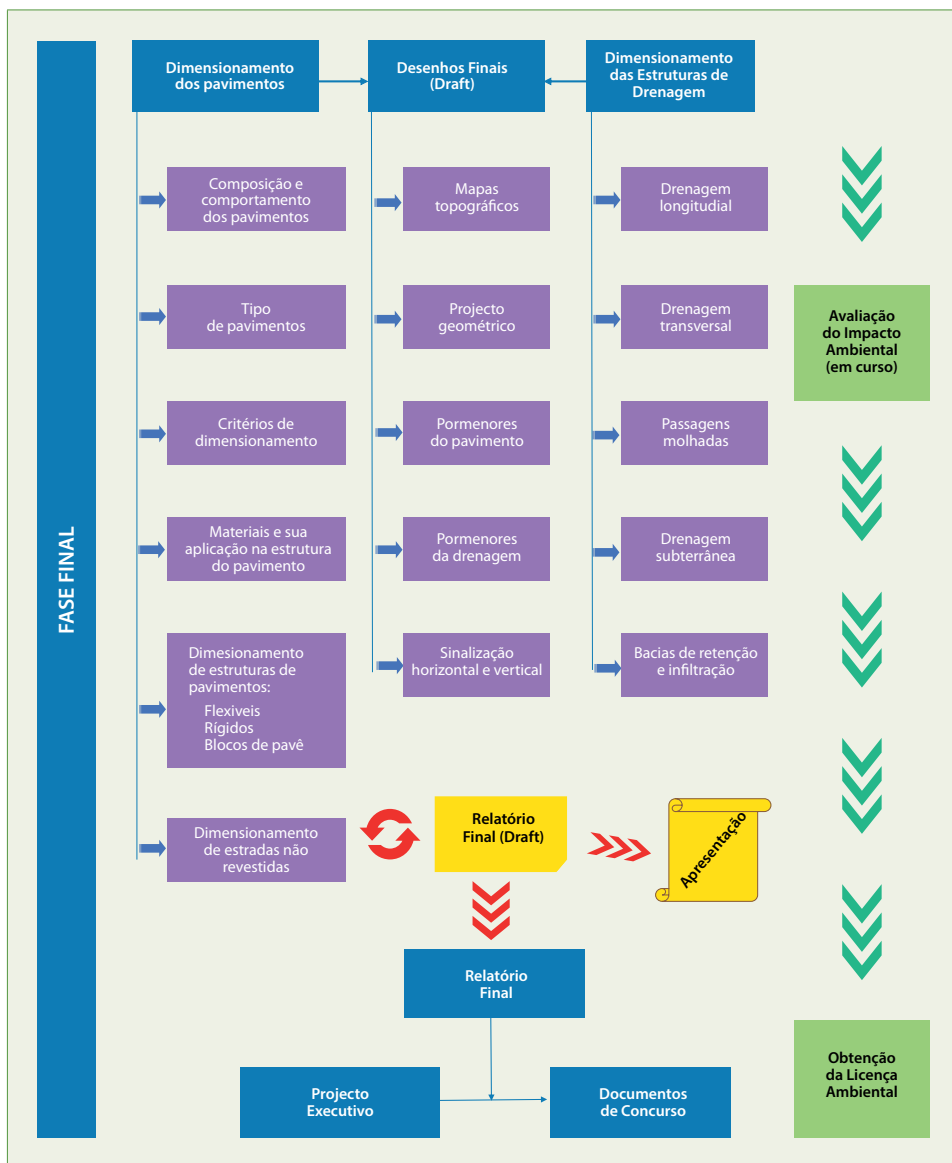
2.3.4. ESTUDO DO TRÁFEGO

Concluída a contagem de tráfego durante a Fase Inicial do projecto, segue-se o estudo do tráfego, cujo objectivo é a obtenção da classe de tráfego do projecto. O estudo do tráfego é apresentado na Secção 6.

2.4. FASE FINAL

No fluxograma proposto para a realização de um projecto de estradas municipais, a Fase Final corresponde à realização das actividades finais, tais como o dimensionamento do pavimento e das estruturas de drenagem, e conclusão dos desenhos finais. É também concluída a AIA, com vista à obtenção da licença ambiental. A informação produzida até à data é compilada sob a forma de relatório final. É feita uma apresentação do relatório e é com base nos comentários às soluções propostas que são elaborados os documentos finais do projecto. As actividades a realizar na Fase Final do projecto são apresentadas resumidamente no diagrama da Figura 2-5.

Figura 2-5. Diagrama das actividades a desenvolver na Fase Final do projecto



2.4.1. DIMENSIONAMENTO DOS PAVIMENTOS

Uma vez concluídos os estudos do tráfego e os ensaios de laboratório, segue-se o dimensionamento dos pavimentos. Não faz parte do âmbito deste guião apresentar pormenores de cálculo para o dimensionamento de pavimentos, mas sim fornecer directrizes que permitam uma abordagem adequada para o dimensionamento de estradas de baixo volume de tráfego. O dimensionamento dos pavimentos é tratado na Secção 9 deste Guião.

2.4.2. DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DE DRENAGEM

Como se fez referência no 2.4.3 acima, a Secção 7 deste guião é dedicada ao estudo da drenagem, que na sua fase final é dedicada ao dimensionamento das estruturas de drenagem consideradas no projecto preliminar. Faz parte da Secção 7 a apresentação de directrizes para o dimensionamento de estruturas de drenagem que são comuns em projectos de estradas municipais.

2.4.3. DESENHOS FINAIS

A lista de desenhos que se espera de um projecto de estradas, bem como as respectivas escalas, está apresentada no Anexo K.

2.4.4. DOCUMENTOS DE CONCURSO

Na Secção 12 deste Guião é apresentada a lista de elementos padronizados que constituem os documentos de concurso.





LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

3.1. DEFINIÇÃO

A topografia é a ciência aplicada que tem como objectivo representar, no papel, a configuração de uma porção de terreno com as benfeitorias que estão na sua superfície (Borges, A).

3.2. OBJECTIVO DO LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO NUM PROJECTO DE UMA ESTRADA

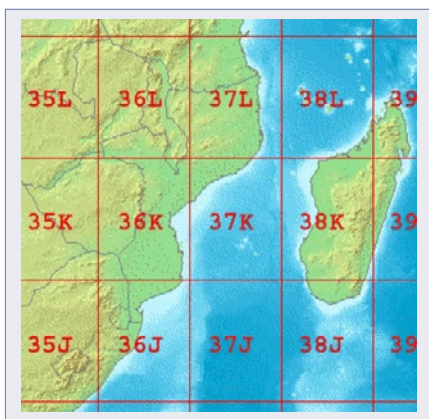
O objectivo do levantamento é representar a linha original do terreno com a maior precisão possível e produzir um levantamento topográfico detalhado ao longo de toda a extensão do projecto, de modo a facilitar a geração de um Modelo Digital de Terreno (DTM) de toda a área da estrada, incluindo as serventias. O modelo DTM será utilizado para a elaboração do projecto geométrico da estrada e do projecto de drenagem e para quantificar com precisão todos os volumes de terraplanagem durante o(s) estágio(s) da construção.

3.3. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE REFERÊNCIA

Na ausência de especificações técnicas nacionais para levantamentos topográficos, recomenda-se o uso do TMH11 *Standard Survey Methods*, V3.0, Abril 2017, da África do Sul.

3.4. SISTEMA GEODÉSICO NACIONAL

Figura 3-2. Zonas UTM de Moçambique



Notas explicativas sobre o conceito de sistemas geodésicos são fornecidas no Anexo 2 deste Guião.

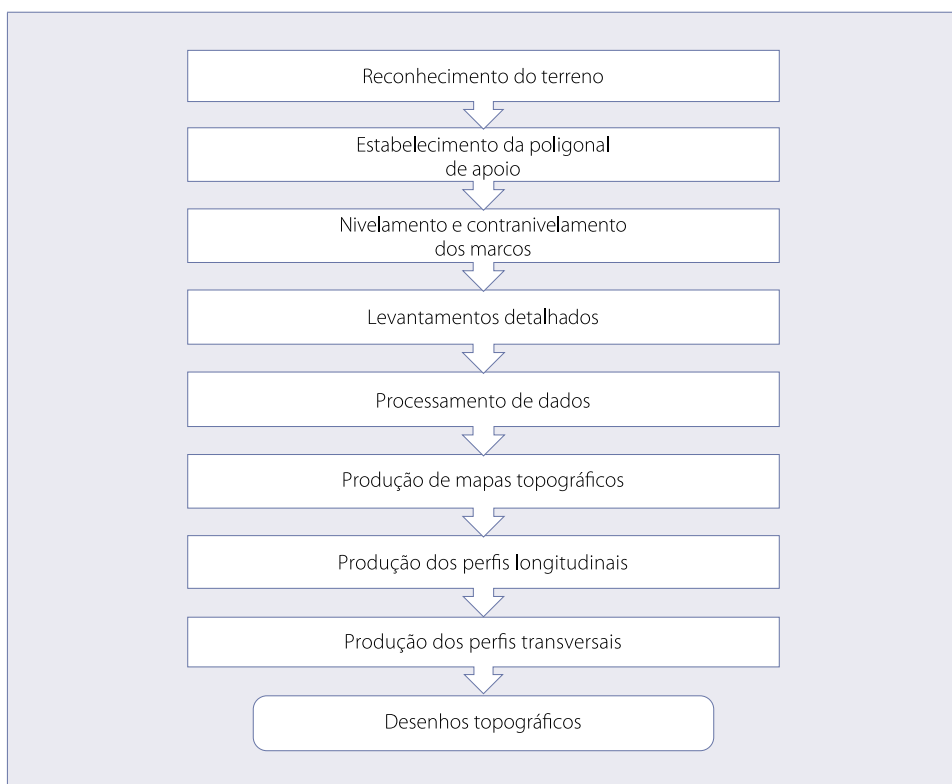
3.5. ETAPAS A CONSIDERAR NUM LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

As etapas a considerar num levantamento topográfico para um projecto de uma estrada não diferem muito dos levantamentos de outras obras lineares, podendo ser visualizadas sob a forma do diagrama da Figura 3-2.

3.5.1. RECONHECIMENTO DO TERRENO

O reconhecimento do terreno é uma tarefa essencial para a planificação do trabalho, que inclui a definição do corredor para o levantamento topográfico, o estabelecimento de marcos de apoio, a definição de áreas para levantamentos complementares, entre outros.

Figura 3-2. Etapas de um levantamento topográfico



3.5.2. ESTABELECIMENTO DA POLIGONAL DE APOIO

É obrigatório o estabelecimento de uma poligonal de apoio, em cujos vértices serão implantados marcos. Estes serão implantados por meio de um GPS de precisão, amarrados à rede geodésica nacional. Se não existir um marco geodésico num raio de 5km da zona de trabalho, este será implantado por meio de um auto posicionamento do GPS.

Os marcos devem ser implantados a uma distância não superior a 300m entre si. Independentemente do comprimento ou área a levantar, devem ser implantados pelo menos três marcos.

A precisão exigida para a implantação dos marcos varia com o tipo de categoria e fim a que se destina o levantamento. Os critérios adoptados neste documento são os constantes no TMH11, que se apresentam a seguir.

Coordenadas horizontais

A precisão para as coordenadas horizontais dos marcos de apoio será da classe A, variando conforme os métodos utilizados para a sua implantação, como a seguir se apresenta:

i. Método de triangulação

Onde A é igual a $0,04 + S / 30\,000$ e S é a distância em metros entre a estação conhecida e a desconhecida. A comparação é feita entre qualquer raio observado ou distância medida da coordenada final da estação fixada e uma estação ou marco conhecido.

ii. Método da poligonal ou polar

Onde $A = 0,04 + S / 30\,000$ e a comparação é feita ao erro de fecho linear da poligonal, em que S é o comprimento total da travessia em metros.

iii. Método de GPS

Onde $A = 0,04 + S / 30\,000$ e a comparação é feita entre o vector derivado da coordenada final e o vector medido após o Datum de transformação ter sido aplicado. S é a distância em metros entre a estação conhecida e a desconhecida.

Coordenadas verticais

i. Nivelamento do circuito

O erro de fecho (em metros) de um circuito nivelado não deve exceder: $0,003\sqrt{\text{setups}}$, na diferença de altura entre o nivelamento directo e o contra nivelamento de marcos sucessivos, p. exemplo para 1 km (10 setups) de nivelamento e 10 setups de verificação, verifique o nível = 20 setups. Para $1\text{ km} = 0,003 \times 20 \text{ setups} = 0,013\text{ m}$ (13mm).

ii. Fecho nos pontos extremos

O erro médio de fecho de um circuito nivelado entre os pontos terminais não deve exceder: $0,013\sqrt{K}$ metro, onde K é o comprimento único do circuito em quilómetros entre os pontos terminais. Por exemplo, em 16 km, o erro de fecho não deve exceder 0,052m (52mm).

iii. O nivelamento e contra nivelamento com nível ortométrico não deve ser feito simultaneamente.

iv. As diferenças de nível entre o nivelamento e contra nivelamento de pontos sucessivos não devem exceder 5 mm por 300 m.

v. As altitudes finais dos marcos nivelados com um aparelho nível devem ser registadas com três (3) casas decimais de metro.

3.5.3. NIVELAMENTO DOS MARCOS

Os marcos serão nivelados por meio de um nivelamento geométrico usando um nível. No caso de difícil acesso, poderá ser feito um nivelamento trigonométrico, usando uma Estação Total. Não deve ser usado o GPS para a atribuição das coordenadas verticais (cotas) dos marcos.

3.5.4. LEVANTAMENTO DETALHADO

Com o surgimento dos instrumentos electrónicos e digitais de topografia, bem como das sofisticadas ferramentas de processamento de dados, passou-se a dispensar a tradicional piquetagem da directriz para levantamento de obras lineares.

O levantamento topográfico do corredor de uma estrada abrange toda a largura da reserva de estrada, podendo-se estender pelas áreas adjacentes para efeitos de estudo hidrológico. Na zona da plataforma da estrada, o levantamento é feito em perfis transversais distanciados de 20 em 20m nos troços rectilíneos, reduzindo para 10m, ou até menos, nas zonas de mudança de direcção. Elevações e depressões. Para efeitos de controle, é pratico considerar-se a intensidade de pontos levantados por área em função do relevo do terreno, como ilustra a Tabela 1.

Tabela 1. Exemplo de intensidade mínima de pontos a medir por ha

Escala da planta	Equidistância das curvas de nível	Densidade mínima de pontos a serem medidos por hectare		
		Terrenos com declividade acima de 20%	Terrenos com declividade entre 10 a 20%	Terrenos com declividade de até 10%
1:1000	1m	60	50	40

Nas áreas adjacentes à uma estrada existente e nas potenciais zonas de empréstimo, o levantamento é feito em malha quadrada de 20m de lado.

Para efeitos de projecto podem ser usadas Estações Totais ou GPS de precisão, garantindo, assim, que estes instrumentos capturam os dados dentro das tolerâncias aplicáveis a cada tipo de estrutura.

Os detalhes a serem considerados em levantamento topográfico para projectos de estradas são apresentados no Anexo B.

3.5.5. PROCESSAMENTO DE DADOS

O processamento de dados tem haver com o tipo de instrumento ou equipamento utilizado para efectuar o levantamento topográfico, e com as ferramentas disponíveis para o tratamento dos dados. Actualmente, tanto as Estações Totais como os GPSs diferenciais produzem automaticamente coordenadas x,y,z dos pontos capturados que são depois processados em aplicativos CAD produzindo um modelo digital do terreno, conhecido pela sigla inglesa DTM. É a partir deste modelo que é produzido o relevo do terreno por meio de triangulação e interpolação, podendo representado sob vários processos que incluem:

- Representação em curvas de nível;
- Representação do perfil do terreno;
- Representação em pontos cotados;
- Representação por vista em perspectiva.

O Anexo B deste Guião, apresenta notas explicativas sobre a produção de mapas topográficos, produção de perfis longitudinais e de perfis transversais.

3.6. TOLERÂNCIAS PARA O LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

3.6.1. LEVANTAMENTO PARA DETALHES DO TERRENO, PASSAGENS DE NÍVEL E CAMARAS DE EMPRÉSTIMO

A precisão horizontal e vertical requerida para os levantamentos detalhados de uma estrada e terrenos adjacentes é dada na Tabela 2.

Tabela 2. Tolerâncias para levantamento detalhado do terreno

Elemento	Precisão horizontal resultante (mm)	Precisão vertical(mm)
Lancil e borda da estrada asfaltada	50	10
Revestimento da estrada (superficial/asfalto betão)	50	10
ubos de drenagem pluvial	50	15
Drenagens revestidas	50	15
Estrada não revestida	100	30
Detalhes topográficos gerais do prisma da estrada	100	10
Pontos fora do prisma da estrada (DTM)	100	50
Detalhes restantes	100	50

3.6.2. LEVANTAMENTO DE PASSAGENS DE NÍVEL

Tabela 3. Tolerâncias para levantamentos detalhado de passagens de nível

Elemento	Precisão horizontal resultante (mm)	Precisão vertical(mm)
Lancil e borda da estrada asfaltada	50	10
Níveis da linha férrea	20	5
Revestimento da estrada (superficial/asfalto betão)	50	10
Tubos de drenagem pluvial	50	15
Drenagens revestidas	50	15
Estrada não revestida	100	30
Detalhes topográficos gerais do prisma da estrada e linha férrea	100	10
Pontos fora do prisma da estrada e linha férrea	150	50
Detalhes restantes	100	50

3.6.3. LEVANTAMENTO DE ZONAS DE EMPRÉSTIMO

Tabela 4. Tolerâncias para levantamento de zonas de empréstimo

Elemento	Precisão horizontal resultante (mm)	Precisão vertical(mm)
Detalhes gerais de topografia e observações DTM	100	50



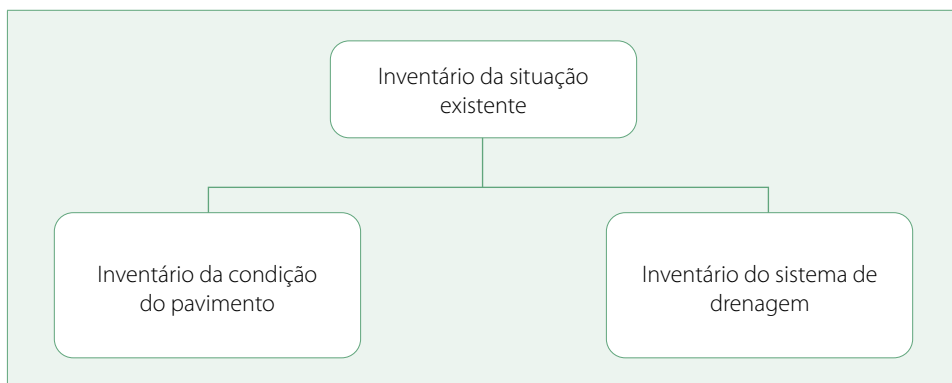


4

INVENTÁRIO DA SITUAÇÃO EXISTENTE

Este inventário diz respeito a um projecto de pavimentação ou reabilitação de uma estrada existente. Nos casos de uma estrada de terra batida, sem drenagem significativa, o inventário da condição da estrada e da drenagem pode ser feita em conjunto por inspecção visual. Nos casos em que há um sistema de drenagem é recomendável que o inventário da condição do pavimento seja separado do inventário do sistema de drenagem de águas pluviais. Assim, o inventário para efeitos de projecto pode ser representado pelo diagrama da Figura 4-1.

Figura 4-1. Diagrama para o inventário da situação existente



4.1. INVENTÁRIO DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO

- a) A avaliação da condição do pavimento será realizada fundamentalmente por meio de uma inspecção visual, com a ajuda de formulários apropriados para avaliação (condição do pavimento e todos os itens auxiliares).
- b) Serão identificadas as anomalias no pavimento, o que, em certa medida, vai servir para a planificação dos ensaios de campo, de modo a garantir uma melhor representatividade destes.
- c) Para casos de estradas não pavimentadas, recomenda-se a classificação da condição do pavimento de forma qualitativa, consoante a facilidade de transitabilidade: pavimento em boas condições, pavimento em condições razoáveis e pavimento em más condições.
- d) Todos os itens suplementares tais como lancis, passeios, sarjetas, valas laterais, áreas de estacionamento, paragens de autocarros e serviços públicos de transporte de passageiros, pintura e sinalização da estrada, sinalização luminosa, etc., serão avaliados e marcados nas plantas para reparação ou recolocação, conforme necessário.
- e) Logo que esteja terminada a avaliação detalhada do pavimento e de todos os itens complementares, será elaborada uma planta detalhada que mostrará a posição e a extensão de todos os defeitos e itens de trabalho requeridos.

4.2. INVENTÁRIO DO SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS (SDAP)

- a) A primeira etapa envolverá a compilação e estudo de todos os desenhos e projectos disponíveis de drenagem de águas pluviais (SDAP). A recolha de dados será suplementada então por entrevistas com o pessoal das diferentes instituições responsáveis pelos sistemas, de forma a obter informações a respeito de todas as condutas e entradas que não estão ilustrados nos desenhos e projectos existentes.
- b) Uma equipa de avaliação circulará pelas estradas com o objectivo de identificar a posição de todas as entradas do SDAP, caixas de visitas, condutas, aquedutos, valetas e canais existentes.
- c) Logo que todos os elementos existentes do SDAP forem identificados, estes serão marcados na planta detalhada da estrada.
- d) Será avaliada a condição física e a funcionalidade/limpeza de cada elemento do SDAP.
- e) O conhecimento local a respeito de inundações, ou não funcionamento do SDAP, será obtido através dos residentes locais, caso seja necessário. Todas as áreas problemáticas serão então investigadas em detalhe, através dos procedimentos abaixo descritos.
- f) Localização de condutas enterradas desconhecidas através da abertura de sarjetas, sumidouros e caixas de inspecção para determinar o sentido de funcionamento e tamanhos da conduta.
- g) Inspecção das sarjetas, sumidouros e caixas de inspecção para determinar a extensão de qualquer bloqueio e quantidade de solos assoreados a serem removidos.
- h) Esta informação será utilizada no projecto detalhado do SDAP a ser desenvolvido pelo especialista de drenagem e saneamento.
- i) No caso em que a estrada não possua um sistema de drenagem de águas pluviais, a tarefa do consultor nesta fase será a de analisar as tendências do escoamento superficial e propor medidas para a sua condução para os sistemas existentes na vizinhança, ou propor medidas alternativas para o desaguamento, como a construção de valas e a introdução de bacias de retenção.
- j) O consultor deverá incluir nas plantas topográficas detalhadas, toda informação referente aos serviços. É da responsabilidade dos municípios, o fornecimento de dados relativos à rede subterrânea de serviços, incluindo a rede de águas residuais, salvo informação em contrário expressamente incluída no mapa de quantidades do concurso





INVESTIGAÇÃO DE MATERIAIS

A investigação de materiais para um projecto de estradas é feita essencialmente para atingir os seguintes objectivos:

- Conhecer as condições de fundação da estrada;
- Conhecer a formação do substracto; e
- Investigar potenciais áreas de empréstimo e agregados.

Deste modo, a investigação de materiais é feita in situ, ao longo do proposto traçado ou estrada existente, nos potenciais locais de empréstimo e em amostras recolhidas em fontes comerciais.

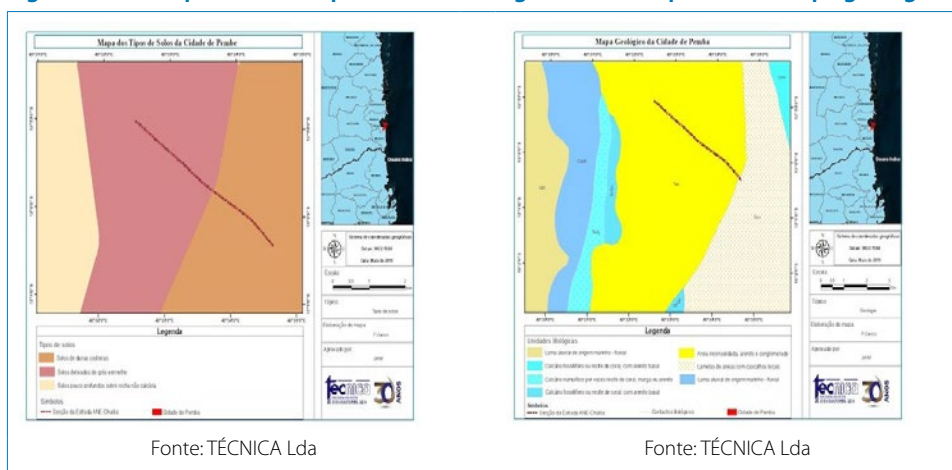
A investigação ao longo da estrada e a pesquisa de potenciais locais de empréstimo exige uma planificação prévia, que inicia no gabinete através da análise de mapas de solos e mapas geológicos dos locais de estudo. Infelizmente, os mapas disponíveis no nosso país estão feitos à escala 1:250.000, o que não oferece suficiente detalhe para casos de ocorrência de variação de solos ao longo da área de estudo. Contudo, a informação que se pode recolher destes mapas tem utilidade para um planeamento preliminar. As Figuras 5-1 e 5-2 ilustram, respectivamente, um exemplo de um mapa de solos e de um mapa geológico para o estudo de uma estrada na cidade de Pemba.

É possível fazer-se um zoneamento preliminar a partir dos mapas de solos, caracterizando os tipos diferentes de solos existentes na zona de estudo. Na Figura 5-1, por exemplo, a estrada em estudo atravessa duas zonas distintas, sendo a primeira caracterizada por solos de dunas costeiras e na segunda há presença de grés vermelho. Esta informação extraída da carta de solos deve ser confirmada no terreno por inspecção visual e demarcados correctamente os limites.

Existem vários métodos utilizados na investigação de materiais para o projecto de uma estrada, tais como poços de inspecção, trincheiras, extracção de carotes, sondagens com trados manuais, sondagens mecânicas, testes de DCP, entre outros. Contudo, neste documento iremos tratar apenas dos poços de inspecção e dos testes de DCP, por serem os menos onerosos, os mais comuns e os mais adequados para o estudo de estradas de baixo volume de tráfego.

Figura 5-1. Exemplo de um mapa de solos

Figura 5-2. Exemplo de um mapa geológico



5.1. POÇOS DE INSPECÇÃO

Os poços de inspecção permitem a avaliação de materiais in situ e das condições da água subterrânea, estabelecendo o perfil das várias camadas de solo e rocha, e permitem que amostras perturbadas e não perturbadas sejam recolhidas para testes de laboratório. O tamanho da amostra deve ser concordante com o teste previsto.

A definição da frequência e do posicionamento dos poços de inspecção é normalmente da responsabilidade do engenheiro do projecto. Não é recomendável estabelecer regras rígidas em relação à frequência dos poços de inspecção, pois isto depende de vários factores, como a variabilidade das condições do pavimento, a variação de materiais encontrados nas camadas do pavimento, a categoria da estrada e o orçamento disponível. As “secções uniformes” preliminares, determinadas através de testes não invasivos, formam uma base para definir os locais de abertura dos poços de inspecção. De um modo geral, é suficiente haver um poço de inspecção em cada uma das “seções uniformes” para determinar a espessura, a qualidade e a condição das suas camadas de pavimento. Em termos gerais, deve considerar-se a abertura dos poços de inspecção a intervalos de 200 metros. A Figura 5-3 representa um poço de inspecção num pavimento existente, com diferentes estratificações.

Figura 5-3. Exemplo de um poço de inspecção de um pavimento existente



Fonte: SAPEM, Capítulo 6

Por regra, os poços de inspecção são abertos até à profundidade de 1,0m. As espessuras das diferentes camadas são registadas e o tipo de material é devidamente identificado. A representação gráfica do perfil do terreno deve seguir uma simbologia específica, que está incluída no Anexo C deste Guião.

O tamanho de cada amostra depende do tipo de ensaio pretendido, tal como recomendado pelo TMH5 e ilustrado na Tabela 5.

Tabela 5. Quantidades mínimas por amostra para testes

Teste requerido	Quantidade mínima (kg)
Indicadores para estradas	10
Densidade CBR	40
	60
Compressão axial (para camadas tratadas)	35

5.2. MATERIAIS DE EMPRÉSTIMO

A pesquisa de materiais de empréstimo pode ser feita através da identificação de novas zonas ou em fontes já conhecidas. A identificação das novas zonas requer uma investigação à base de poços de inspecção, durante a qual é importante conhecer o tipo de material existente e o volume estimado da potencial área de exploração. As quantidades por amostra para cada teste são as indicadas na tabela 5.

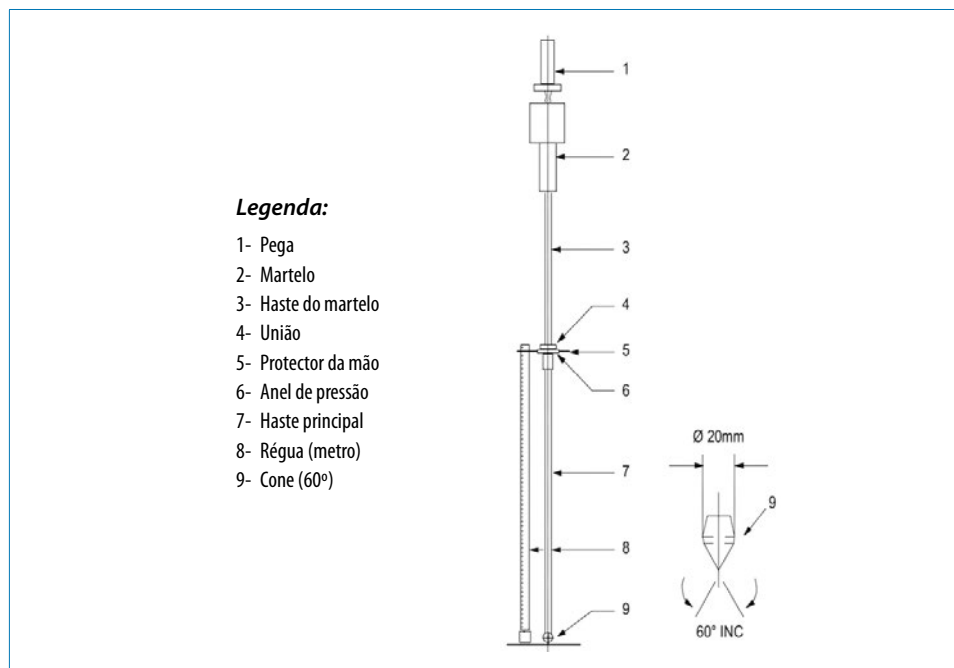
5.3. AGREGADOS

As amostras de rocha para o estudo de agregados podem ser recolhidas em fontes comerciais existentes, ou em pedreiras ainda por explorar. Neste último caso, é aconselhável a recolha de amostras por meio de extracção de carotes. O tamanho da amostra para cada tipo de rocha em estudo deve ter pelo menos 70kg.

5.4. ENSAIOS DE DCP

O ensaio do Cone de Penetração Dinâmica (DCP) consiste em avaliar a resistência que o terreno oferece à penetração de um cone de tamanho padronizado até à profundidade de pelo menos 800mm. Este teste, de custo acessível, permite estimar a resistência e a espessura das camadas de um solo estratificado. A Figura 5-4 ilustra um aparelho de DCP.

Figura 5-4. Aparelho de DCP



Fonte: TRL

Os resultados dos testes de DCP são apresentados em mm de penetração por pancada do martelo do aparelho (DN). É normal registar-se a penetração em cada 5 pancadas e depois fazer-se a determinação da penetração por pancada, o que permite avaliar a resistência do terreno. O modelo de uma ficha de DCP encontra-se no Anexo D.

5.4.1. FREQUÊNCIA DOS ENSAIOS

A frequência dos ensaios DCP depende de um conjunto de factores, que inclui a condição da estrada em estudo e o grau de confiança requerido. Por isso, cada local de estudo deve ser preliminarmente inspecionado para se estabelecer a frequência dos testes, de modo a garantir uma boa representatividade das condições existentes. A AFCAP recomenda, no caso de melhoramento de uma estrada não pavimentada à condição de pavimentada, as frequências indicadas na Tabela 6.

Tabela 6. Frequência de testes de DCP

Condição da Estrada	Frequência de testes/Km*
Uniforme (pouco risco)	5
Não uniforme (risco médio)	10
Degrada (grande risco)	20

Fonte: AFCAP

* Deve assegurar-se de que sejam feitos pelo menos 20 testes de DCP numa secção uniforme, a fim de fornecer dados suficientes para uma análise estatística.

5.4.2. INTERPRETAÇÃO EXPEDITA DOS RESULTADOS

A capacidade resistente de um pavimento (DSN800), que é o número de pancadas para atingir a profundidade de 800mm, fornece uma boa indicação da resistência existente numa estrada não revestida até à profundidade de 800mm. A capacidade resistente relativa pode ser interpretada conforme indicado na Tabela 7.

Tabela 7. Capacidade resistente de um pavimento

DSN800	Resistência
=> 200	Muito alta
150 - 200	Alta
101 - 150	Moderada
=< 100	Baixa

Fonte: AFCAP

Outra forma de interpretar os resultados de DCP é fazer-se a avaliação por penetração média de cada pancada e, depois, estabelecer o correspondente valor de CBR in situ com a classificação de solos do TRH14, conforme é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8. Capacidade resistente de um pavimento

DCP (DN, mm/ pancada)	CBR in situ correspondente	Classificação TRH14	Aptidão da camada no pavimento
25 - 40	3 - 7	G10	Material de aterro
15 - 25	7 - 15	G9	Camada selecionada inferior
7 - 15	7 - 45	G7	Camada selecionada superior
7 - 3	45 - 150	G5	Subbase (não cimentada)
< 1	> 150	G2	Base/subbase cimentada

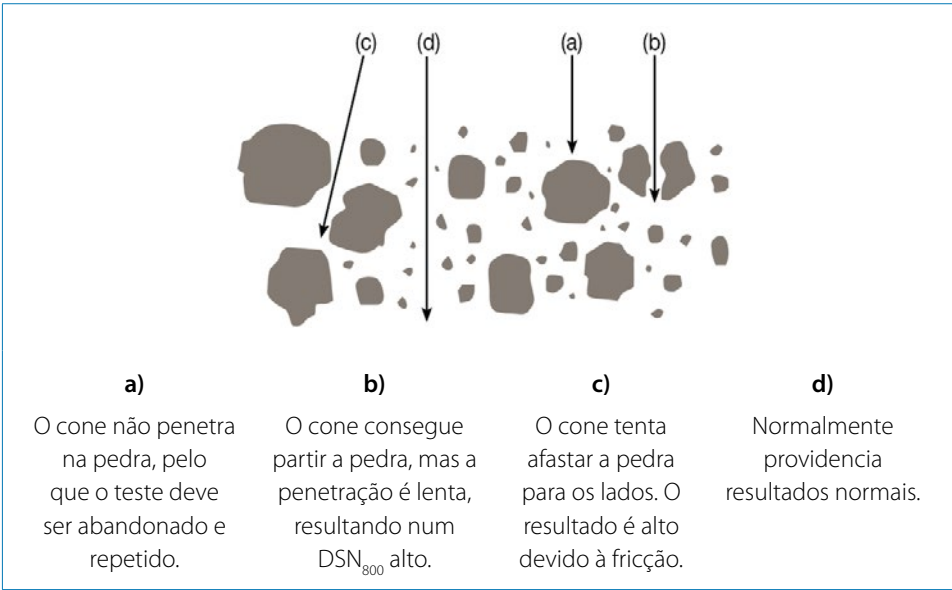
Fonte: AFCAP

5.4.3. FACTORES QUE INFLUENCIAM OS RESULTADOS DE DCP

Na interpretação dos resultados há que ter em conta os factores que influenciam a penetração do DCP, que incluem: humidade do solo, granulometria, coesão, cimentação, compactação, entre outros.

Deve ser dada especial atenção à presença de pedras no pavimento, porque estas podem afectar negativamente os resultados de DCP, conforme ilustrado na Figura 5-5. Os efeitos típicos do DCP na presença de pedras podem ser interpretados do seguinte modo:

Figura 5-5. Efeitos típicos do DCP na presença de material grosso



Fonte: AFCAP.

5.5. ENSAIOS LABORATORIAIS

O conhecimento das características dos materiais permite aceitar ou rejeitar a sua aplicação na estrutura do pavimento em estudo. Para isso, é necessário determinar uma série de propriedades dos materiais para se verificar a sua conformidade com as Especificações Técnicas, que no nosso caso são as “SATCC Standards Specifications for Road and Bridge Works”. Este assunto sobre materiais na construção de estradas vem devidamente detalhado no TRH14 “Guidelines for Road Construction Materials”.

5.5.1. SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS

De entre os vários sistemas de classificação de solos, distinguem-se o Sistema Unificado USCS e o sistema da AASHTO. Entretanto, a África do Sul possui também um sistema de classificação divulgado pelo TRH14, que é a referência das Especificações Técnicas da SATCC.

Este sistema é de grande aplicação no estudo dos pavimentos em Moçambique e classifica os materiais granulares não tratados do seguinte modo:

- *Graded crushed stone* (Britas): **G1, G2, G3**
- *Natural gravels* (Saibro, incluindo saibros modificados ou processados): **G4,G5,G6**
- *Gravel-soil* (Solo-saibro): **G7,G8,G9,G10**
- *Waterbound macadam*: **WM**
- *Dump rock* (enrocamento de pedra mediana): **DR**

Uma forma expedita de identificar os materiais granulares acima indicados é através do seu valor de CBR, como ilustrado na Tabela 9.

Tabela 9. CBR mínimos para materiais granulares

Material Granular	CBR(%) para o respectivo grau de compactação Mod ASSTHO
G1	n/a
G2 e G3	80 @ 98%
G4	80 @ 98%
G5	45@ 95
G6	25@ 93
G7	15 @ 93
G8	10 in situ
G9	7 in situ
G10	3 in situ

Fonte: SAPEM, Ch4

A classificação completa dos matérias granulares deve observar a outras condicionantes, que estão indicadas no Anexo C deste Guia.

Tem-se constatado que nos trabalhos de prospecção geotécnica efectuados em Moçambique existe uma tendência para usar os sistemas de classificação USCS ou AASHTO, pelo que julgamos útil incluí-los, de forma resumida, neste Guião, nas Tabelas 10 e 11 para o USCS e na Tabela 12 para a AASHTO. Entretanto, para melhor percepção da classificação USCS, consulte-se o Anexo C.

Tabela 10. Definições do sistema de classificação USCS

Primeira e/ou segunda letra	Definição	Segunda letra	Definição
G	Saibro	P	Má graduada (tamanho das partículas uniforme)
S	Areia	W	Bem graduada (tamanho das partículas diversificadas)
M	Silte	H	Alta plasticidade
C	Argila	L	Baixa plasticidade
O	Matéria orgânica	Pt	Turfa

Tabela 11. Pormenores do Sistema Unificado de Classificação

Divisões principais			Símbolo do Grupo	Nome do Grupo
Solos de grão grosso: mais de 50% retidos no peneiro de 0,075mm	Cascalho: > 50% da fracção grossa retida no peneiro de 5mm	Cascalho limpo <5% passa no peneiro de 0,075mm	GW	Cascalho bem graduado, cascalho fino e grosso
			GP	Cascalho mal graduado
		Cascalho com > 12% finos	GM	Cascalho siltoso
			GC	Cascalho argiloso
	Areia: > 50% da fracção grossa retida no peneiro de 5mm	Areia limpa	SW	Areia bem graduada
			SP	Areia mal graduada
		Areia com > 12% finos	SM	Areia siltosa
			SC	Areia argilosa
Solos de grão fino: mais de 50% passam no peneiro de 0,075mm	Silte e Argila: limite líquido < 50	Inorgânico	ML	Silte
			CL	Argila
		Orgânico	OR	Silte orgânico Argila orgânica
	Silte e Argila: limite líquido > 50	Inorgânico	MH	Silte de elevada plasticidade; silte elástico
			CH	Argila de elevada plasticidade; Argilas gordas
		Orgânico	OH	Argila orgânica Silte orgânico
			solos fortemente orgânicos	

Fonte: SAPEM, Ch 4

Tabela 12. Sistema de classificação da AASHTO

Classificação Geral	Materiais granulares (35% ou menos passam no peneiro 0,075mm)							Materiais silto - argilosos (>35% passam no peneiro 0,075mm)			
Classificação por Grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Análise granulométrica (% que passa)											
2 mm	50 max										
0,425 mm	30 max	50 max	51 max								
0,075 mm	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 max	36 max	36 max	36 max
Caraterísticas da fracção que passa no 0,425mm											
Limite líquido				40 max	41 max	40 max	41 max	40 max	41 max	40 max	41 max
Índice de plasticidade	6 max		NP	10 max	10 max	11 max	11 max	10 max	19 max	11 max	11 max
Materiais constituintes significativos	Fragmentos de pedra, cascalho areia		Areia fina	Silte ou cascalho argiloso areia				Solos siltosos	Solos argilosos		
Geralmente classificado como fundação	Excelente a bom							Razoável a pobre			
Nota:											
1 – O Índice de plasticidade do subgrupo A-7-5 é igual ou inferior que o Limite Líquido (LL) -30. O Índice de plasticidade do subgrupo A-7-6 é maior que LL-30											

Fonte: SAPEM, Ch4

5.5.2. ENSAIOS REQUERIDOS PARA SOLOS NATURAIS

A lista de ensaios requeridos para a determinação das características dos solos em função da classificação TRH14 é apresentada na Tabela 13.

Tabela 13. Requisitos para testes em solos naturais, segundo o TRH14

Tipo de material	Teste requerido
Solo Natural ou Saibro (cascalho), G4 a G10	<ul style="list-style-type: none">● Granulometria● Limites de Atterberg● Comparação (MDD)● CBR● Ensaios de durabilidade em rochas com tendência a uma deterioração rápida com exposição dos seus elementos, ex: rochas sedimentares adulteradas
Saibro Natural para a produção de camadas de revestimento	<ul style="list-style-type: none">● Granulometria● Limites de Atterberg● Comparação (MDD)● CBR● Ensaios de durabilidade Venter
Ensaios para estabilização química C1 a C4	<ul style="list-style-type: none">● Granulometria● Limites de Atterberg● Comparação (MDD)● Consumo inicial de estabilizante● UCS e ITS● Durabilidade seca e saturada

Fonte: SAPEM Ch8

Caso os projectos tenham infra-estruturas hidráulicas, outros ensaios devem ser considerados a realização.

5.5.3. ENSAIOS REQUERIDOS PARA AGREGADOS

A lista de ensaios requeridos para a determinação das características dos agregados, em função da classificação TRH14, é apresentada na Tabela 14.

Tabela 14. Ensaios requeridos para agregados, segundo o TRH14

Tipo de material	Teste requerido
Bases britadas de granulometria extensa G1 a G3	<ul style="list-style-type: none">● Analise petrográfica para todas as rochas ígneas e metamórficas● Granulometria● Limites de Atterberg● Absorção de água para várias fracções e graus de saturação● Densidade aparente e volumétrica● ACV e 10% FACT seco e saturado● Testes químicos de acordo com as especificações● 10% FACT Ethyl Glicol, (especialmente em doloritos e basaltos)● Ensaios de durabilidade, ex teste com Ethylene Glycol modificado em rochas básicas cristalinas com tendência a uma deterioração rápida com exposição dos seus elementos
Britas para revestimentos superficiais e asfaltos	<ul style="list-style-type: none">● Granulometria● Análise de finos e conteúdo e poeiras● Dimensão média mínima (ALD)● Ensaios específicos apara adesão aos betumes● ACV e 10% FACT● índice de lamelação (FI)● Polish stone value (PSV)
Agregados para betão estrutural (grossos e finos)	<ul style="list-style-type: none">● Granulometria● Absorção de água● Módulo de finura● Impuridades orgânicas● Densidade relativa e solta● ACV e 10% FACT● Reacção alkali

Fonte: SAPEM, Ch8

5.6. RECOMENDAÇÕES SOBRE AGREGADOS PARA REVESTIMENTOS BETUMINOSAS

5.6.1. REQUISITOS DE AGREGADOS POR TIPO DE REVESTIMENTO

A Tabela 15 apresenta os requisitos de agregados, com base nas normas da SATCC e práticas ajustadas para diferentes tipos de revestimentos betuminosos em estradas de baixo volume de tráfego.

Tabela 15. Requisitos de Agregados por Tipo de Revestimento

Propriedade / Revestimento	Betão Asfáltico (AC)	Revestimento superficial duplo (DBST)	Otta Seal	Fog Seal / Sand Seal
Abrasão de Los Angels (%)	≤ 35%	≤ 35%	≤ 40% (flexível)	Não aplicável
Teste de Esmagamento de Agregados Finos - 10% FACT (kN)	≥ 110	≥ 110	≥ 100 (ideal)	Não aplicável
Resistência ao esmagamento ACV (%)	≤ 30%	≤ 30%	≤ 35% (flexível)	Não aplicável
Equivalente de Areia	≥ 45%	≥ 45%	≥ 30% (flexível)	Não aplicável
Absorção de Água	≤ 2%	≤ 2%	≤ 2.5%	Não aplicável
Aderência ao Betume	≥ 95% de cobertura	≥ 95%	Boa aderência desejável	Não aplicável
Forma Angular	Alta	Alta	Não crítica	Não aplicável
Durabilidade ao Sulfato	≤ 12%	≤ 12%	≤ 18% (aceitável)	Não aplicável

5.6.2. TAMANHOS MÁXIMOS RECOMENDADOS DE AGREGADOS POR TIPO DE REVESTIMENTO BETUMINOSO

A Tabela 16 resume os tamanhos máximos nominais de agregados recomendados para diferentes tipos de revestimentos betuminosos em estradas de baixo volume de tráfego, com base em práticas da SATCC e adaptações para contextos locais.

Tabela 16. Tamanhos máximos nominais de agregados

Tipo de Revestimento	Tamanho Máximo do Agregado	Notas
Betão asfáltico (AC médio)	19 mm	Mistura contínua, adequada para tráfego leve
Betão asfáltico (fino)	13,2 mm	Alternativa para vias urbanas ou rurais com restrição de espessura
Revestimento duplo (DBST) - Primeira camada	13,2 mm ou 19 mm	Depende do nível de tráfego e disponibilidade de materiais
Revestimento duplo (DBST) - Segunda camada	9,5 mm ou 6,7 mm	Camada de acabamento; menor tamanho melhora impermeabilização
Otta Seal	≤ 25 mm (graduação ampla)	Graduação ampla tolerada, agregados naturais permitidos
Fog Seal / Sand Seal	≤ 2 mm (areia fina)	Areia natural ou peneirada; impermeabilização temporária

5.7. RECOMENDAÇÕES DE BETUME POR GRAU DE PENETRAÇÃO PARA ESTRADAS DE BAIXO VOLUME EM MOÇAMBIQUE

A Tabela 17 resume os graus de penetração recomendados para diferentes aplicações de betume em estradas de baixo volume de tráfego, considerando o clima de Moçambique e as boas práticas regionais baseadas na norma da SATCC e em experiências locais.

Tabela 17. Graus de penetração recomendados para aplicações de betumes

Aplicação	Tipo de Revestimento	Grau de Penetração Recomendado	Observações
Mistura Betuminosa a Quente	Betão Asfáltico (AC)	50/70 ou 60/70	Boa resistência ao calor e à deformação
Mistura Betuminosa a Quente	AC em zonas muito quentes	40/50	Para regiões quentes com tráfego médio
Revestimento Superficial	DBST - Primeira Camada	80/100	Aplicado com ligante convencional ou emulsão
Revestimento Superficial	DBST - Segunda Camada	80/100 ou 100/120	Maior flexibilidade para acabamento
Selagens leves	Fog Seal / Sand Seal	80/100 ou emulsão à base de 100/120	Selagem preventiva ou manutenção
Revestimentos alternativos	Otta Seal	Emulsão com betume 80/100 ou mais macio	Adequado a materiais locais variados





ESTUDO DO TRÁFEGO

O estudo do tráfego é importante para um projecto de estradas, já que, em certa medida, condiciona a definição da geometria, influencia a definição da estrutura do pavimento e também está relacionada com a segurança rodoviária.

Projecto geométrico: para fins de desenho geométrico, o volume e a composição do tráfego, motorizado e não-motorizado, influenciam a escolha da secção transversal (faixa de rodagem e bermas).

Dimensionamento do pavimento: a deterioração das estradas revestidas causada pelo tráfego resulta da magnitude e da frequência das cargas individuais dos eixos. Assim, o projecto do pavimento requer informações sobre o número total de veículos comerciais que vão usar a estrada e cargas por eixo.

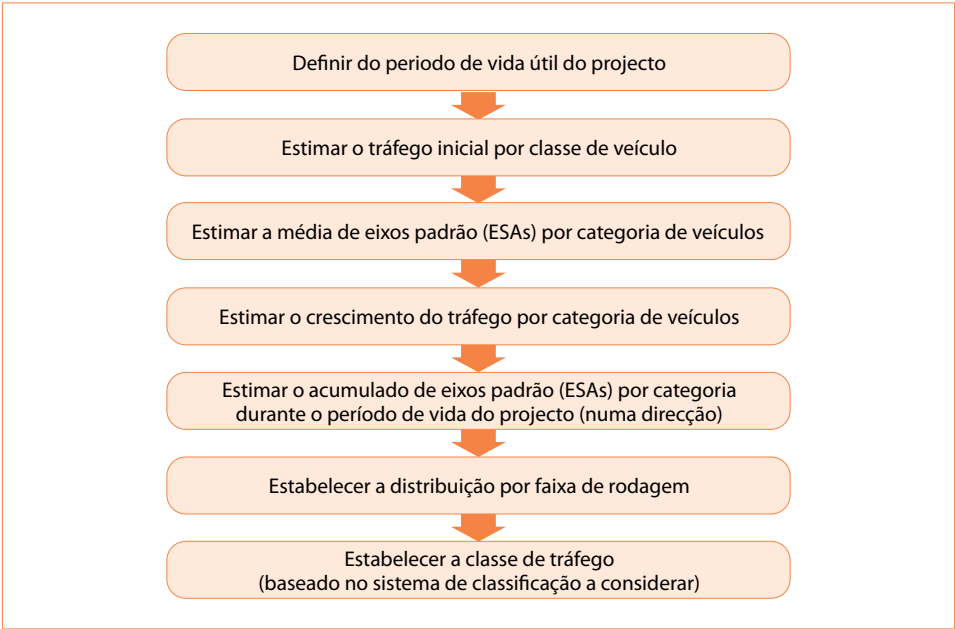
Segurança rodoviária: o volume, tipo e características do tráfego na estrada vão influenciar o tipo de medidas de segurança viária necessárias para garantir um ambiente seguro na estrada, principalmente no que diz respeito a satisfazer os requisitos dos utilizadores vulneráveis da estrada, incluindo tráfego não motorizado e pedestres.

Neste Guião é apenas apresentada uma nota introdutória sobre a matéria, recomendando-se a consulta do Manual de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos da ANE, Pavement Manual Design da SADC e o Design Manual for Low Volume Sealed Roads Using the DCP Design Method do Malawi.

6.1. DIAGRAMA PARA O ESTUDO DO TRÁFEGO

A metodologia usada para o estudo do tráfego é apresentada de forma resumida no diagrama da Figura 6-1.

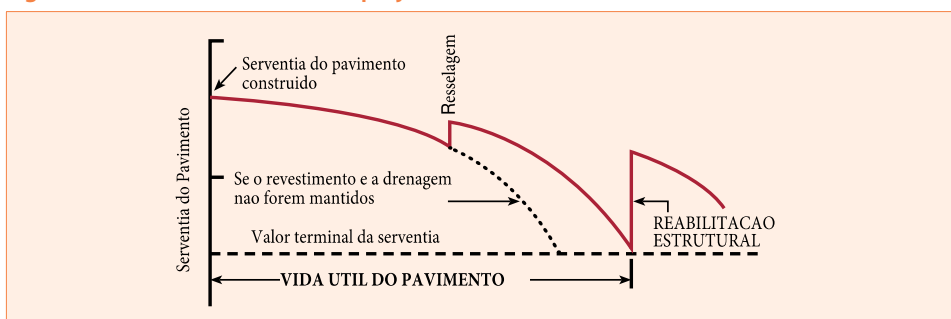
Figura 6-1. Diagrama para o estudo de tráfego



6.2. PERÍODO DE VIDA ÚTIL DO PROJECTO

O período de vida útil é definido como o intervalo de tempo em anos considerado apropriado para o pavimento da estrada funcionar antes de atingir um valor terminal de serventia aceite após a qual uma grande reabilitação ou reconstrução seria necessária. Durante o período de vida útil do pavimento, é esperada alguma manutenção que permita que o pavimento atinja a vida desejada. O gráfico da Figura 6-2 ilustra a definição do período de vida útil do pavimento em relação com a sua serventia terminal (exemplo: degradação da qualidade de condução, surgimento de rodeiras, etc.)

Figura 6-2. Período de vida útil do projecto



Fonte: TÉCNICA Lda

Os vários factores que influenciam a escolha do período de vida útil incluem:

A importância estratégica da estrada (ou seja, sua classificação).

Estratégias de manutenção (instalações de alto tráfego exigirão longos períodos de baixa atividade de manutenção)

Considerações de financiamento

O tempo previsto para futuras melhorias da estrada

A probabilidade de outros factores além do tráfego, por ex. um subleito altamente reactivo causará defeitos que obrigarão a uma grande reabilitação antes de qualquer anomalia relacionada à carga do tráfego

Para estradas de baixo volume de tráfego, com base nos factores acima, a AFCAP sugere os períodos de vida útil indicados na Tabela 18. A escolha de uma vida útil relativamente curta reduz o problema da previsão de tráfego de longo prazo enquanto a escolha de uma vida útil relativamente longa requer maior cuidado na estimativa do tráfego.

Tabela 18. Períodos de vida útil para estradas de BVT

Confiança nos dados do projecto	Importância/nível de serviço	
	Alta	Baixa
Alta	10 anos	10 – 15 anos
Baixa	10 – 15 anos	15 – 20 anos

6.3. TRÁFEGO INICIAL

O tráfego inicial é o Tráfego Médio Diário (TMD) actualmente usando a rota (ou, mais especificamente, o TMD que se espera usar a rota durante o primeiro ano em que a estrada é aberta ao tráfego) classificado nas 9 classes de veículos motorizados conforme a Tabela 19 adiante.

A estimativa do Tráfego Inicial é feita a partir de contagens de tráfego efectuadas durante o projecto e de outras contagens recentes. Em Moçambique esta contagem, ilustrado na tabela 20, as contagens devem ser feitas em locais previamente escolhidos e realizadas em turnos de 8:00 horas.

Tabela 19. Classes de veículos a considerar na contagem de tráfego

Classes	Tipo de Veículos	Descrição
A	Ligeiros	Veículos ligeiros simples
B		Veículos ligeiros de mercadorias vulgarmente designados por “pick-up”
C		Veículos ligeiros de passageiros com capacidade inferior a 20 pessoas
D	Pesados	Veículos pesados de passageiros
E		Veículos pesados de mercadoria com 2-eixos rodado duplo no eixo traseiro
F		Veículos pesados de mercadoria com 2-4 eixos rodado duplo no eixo traseiro
G		Veículos pesados de mercadoria com mais de 4 eixos
H	Biciclos	Tractores agrícolas com ou sem reboque
I		Motocicletas (Motorizadas)

6. ESTUDO DO TRÁFEGO

6.4. ESTIMAR O CRESCIMENTO DO TRÁFEGO PARA CADA CLASSE DE VEÍCULO

1. **Tráfego normal** – tráfego que passaria ao longo da estrada ou trilhos existentes, mesmo se nenhuma melhoria ao pavimento fosse considerada.
2. **Tráfego desviado** – tráfego que muda de outra rota (ou modo de transporte) para a estrada do projeto devido ao pavimento melhorado, mas ainda usa a mesma origem e destino. Este tráfego será determinado por contagens de origem e destino.
3. **Tráfego gerado** – tráfego adicional que ocorre em resposta a melhoria da estrada. É um acréscimo ao crescimento normal do tráfego previsto.

GUIÃO PARA PROJECTOS DE ESTRADAS URBANAS MUNICIPAIS

6.5. ESTIMAR OS EIXOS PADRÃO EQUIVALENTES (ESAs) POR CADA CLASSE DE VEICULO

Para o dimensionamento do pavimento de estradas revestidas é necessário considerar as cargas por eixo para determinar os eixos padrão equivalentes (ESAs) ao longo do período de vida útil de forma a se selecionar a classe de tráfego apropriada.

A determinação dos Eixos Padrão Equivalentes é dada pela seguinte expressão:

ESAs = TMD*Fe

O Eixo Padrão (ESA) é o eixo de 80 kN ou seja 8.16 toneladas métricas;

TMD – é o Tráfego Médio Diário, considerado em 6.3 acima;

Fe – é o Factor de Equivalência, que traduz o poder de destruição do veículo, expresso em números de eixos equivalentes (ESAs), em unidades de 80kN. Este factor pode ser estimado pelas seguintes expressões:

$Fe = (L/8160)^n$ (para cargas em kg)

ou $Fe = (L/80)^n$ (para cargas em kN)

em que:

F = numero de eixos padra equivalentes (EASs)

L = carga no eixo (em kg ou kN)

n = expoente de destruição, recomendado pelo Manual de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos da ANE IP com sendo 4,5

O Factor de Equivalência apenas é aplicável a veículos pesados, como ilustra a Tabela 21

Tabela 21. Factores de equivalência para as classes de veículos indicadas na Tabela 19, Secção 6.3

Classe do Veículo	A	B	C	D	E	F	G	H
Factores de Equivalência (F)	0	0	0.3	2	1.5	5	10	0

6.6. ESTIMAR OS EIXOS PADRÃO EQUIVALENTES ACUMULADOS

A determinação dos eixos padra acumulados é feita a partir do valor acumulado do Tráfego Médio Diário (TMD) no período da vida útil do projecto. Este trafego acumulado é dado pela experssao:

$$TMDA = 365 \times TMD \times [(1+r)^P - 1]/r$$

Onde:

TMDA = Tráfego Médio Diário Acumulado de projecto em cada classe de veículos;

TMD = Tráfego Médio Diário por cada classe de veículo no 1º ano de abertura da estrada;

r = Taxa de crescimento médio anual;

P = período de vida útil da estrada em anos.

Um exemplo da determinação dos Eixos Padrão é apresentado na Tabela 22, para uma taxa de crescimento r=5% e um periodo de vida util de 15 anos que se segue.

Tabela 22. Determinação dos Eixos Padrão Acumulados

Classe do veículo	Factor de Equivalência (Fe)	TMD inicial	TMDA	Numero de Eixos Equivalentes (ESAs)
A	0	225	1 772 140	-
B	0	330	2 599 138	-
C	0,3	135	1 063 284	318 985
D	2	50	393 809	787 618
E	1,5	14	110 266	165 400
F	5	3	23 629	118 143
G	10	1	7 876	78 762
H	0	780	6 143 417	-
Total		1538	12 113 558	1 468 907

6.7. ESTABELECER A DISTRIBUIÇÃO POR FAIXA DE RODAGEM

A carga de tráfego estimada (Eixos Padrão Acumulados) tem de ser corrigida para a distribuição dos veículos pesados pelas faixas de rodagem, de acordo os factores de ajuste indicados na Tabela 23.

Tabela 23. Factores de ajuste da carga de projecto

Secção transversal	Largura da faixa	Carga de projecto corrigida (ESA)	Observações
Faixa simples	< 3,5m	Duplicar a soma dos ESAs em ambas as direcções	A modo de condução neste tipo de secção é muito canalizada
	Min 3,5m mas menor do que 4,5m	A soma dos ESAs em ambas direcções	O trafego em ambas direcções usa a mesma faixa
	Min. 4,5 mas menor que 6m	80% dos ESAs em ambas direcções	Para permitir a sobreposição no eixo da estrada
	6m ou superior	Total de ESAs na direcção do trafego mais pesado	Minima sobreposição do trafego no eixo da estrada
Mais do que um faixa de rodagem em cada direcção		90% do total dos ESAs na direcção estudada	A maior parte dos veículos usa uma faixa em cada direcção

6.8. CLASSE DE TRÁFEGO DO PROJECTO

A classe de tráfego do projecto é determinada tendo em conta o valor acumulado dos eixos padrão. A classificação da SATCC, em vigor na ANE, atribui classes T1 a T8, conforme ilustra a Tabela 24.

Tabela 24. Carga por eixo equivalente padrão (ESAX10⁶) – SATCC – Pavement design

Carga por eixo equivalente padrão (ESA x 10 ⁶)	Classe do Tráfego							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	<0.3	0.3 - 0.7	0.7 - 0.15	1.5 - 3.0	3.0 - 6.0	6.0 - 10.0	10.0 - 17.0	17.0 - 30.0

No contexto das estradas municipais, por se tratar de baixos volumes de tráfego, a classe mínima T1 poderá ser considerada ainda alta, levando ao dimensionamento de estruturas de pavimento antieconómicas para a nossa realidade. Por isso, é recomendável adoptar-se uma classificação mais ajustada, como por exemplo a usada pela UTG, conforme se pode observar na Tabela 25.

Tabela 25. Classes de tráfego segundo a UTG3

Classe do Tráfego	Eixos Padrão Acumulados Equivalentes (ESAxIO6)	Descrição
ER	<0,05	Estradas residenciais
EO	0,05 - 0,2	Via colectora de tráfego ligeiro, poucos veículos pesados
EI	0,2-0,8	Via colectora e rota de autocarros de tráfego ligeiro, na maioria automóveis e veículos de entrega leves
E2	0,8-3,0	Volume de tráfego médio, rota de autocarros Estradas secundárias
E3	3,0-12	Volume de tráfego alto e/ou muitos veículos pesados. Estradas primárias
E4	12-52	Volume de tráfego muito elevado e/ou uma proporção elevada de veículos pesados completamente carregados. Estradas primárias



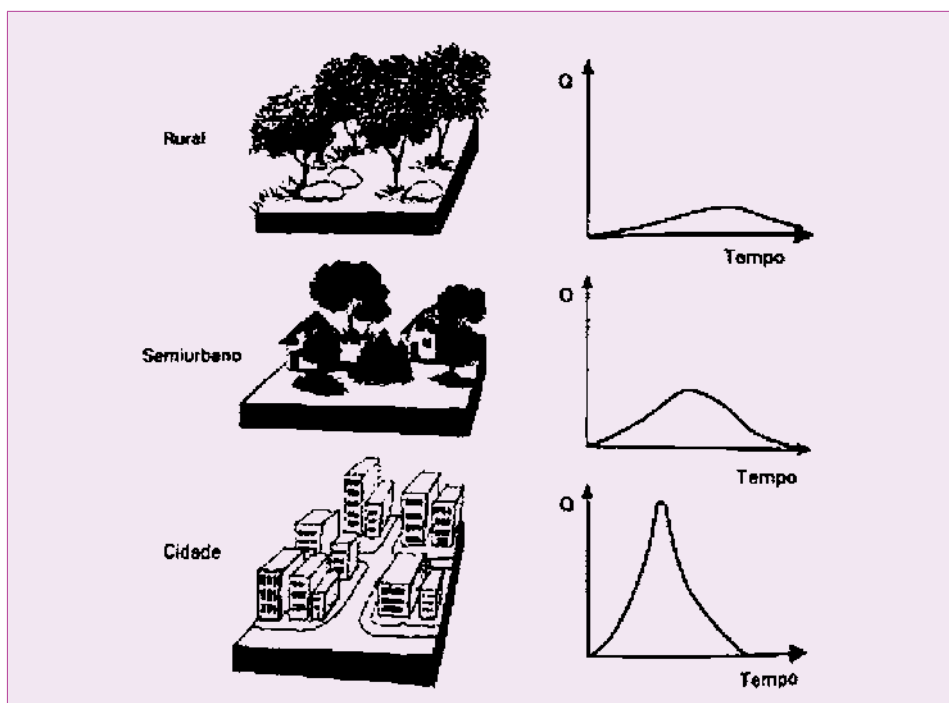


ESTUDO DA DRENAGEM

No contexto de um projecto de estradas, a drenagem de águas pluviais tem um papel fundamental no desempenho da estrutura do pavimento, sendo um dos indicadores principais para a definição do nível de serviço de determinado pavimento. Assim, um dos desafios na elaboração de um projecto de estradas municipais é conceber uma rede de drenagem de águas pluviais funcional, economicamente sustentável e que não acarrete problemas ambientais a jusante.

De um modo geral, os municípios estão em fase de expansão, o que faz com que haja uma alteração do comportamento hidrológico das áreas ocupadas, uma vez que aumentam as zonas impermeáveis. Em alguns casos, observam-se soluções pouco recomendáveis do ponto de vista de planeamento urbano, em que as linhas de água naturais se encontram obstruídas devido à ocupação e, muitas das vezes, sem soluções de compensação para evitar inundações. O efeito da urbanização no balanço hídrico de um determinado terreno pode ser visto nos hidrogramas da Figura 7-1.

Figura 7-1. Variação dos hidrogramas para a mesma quantidade de chuva, em função da ocupação e uso do solo



Fonte: Miguez *et al*

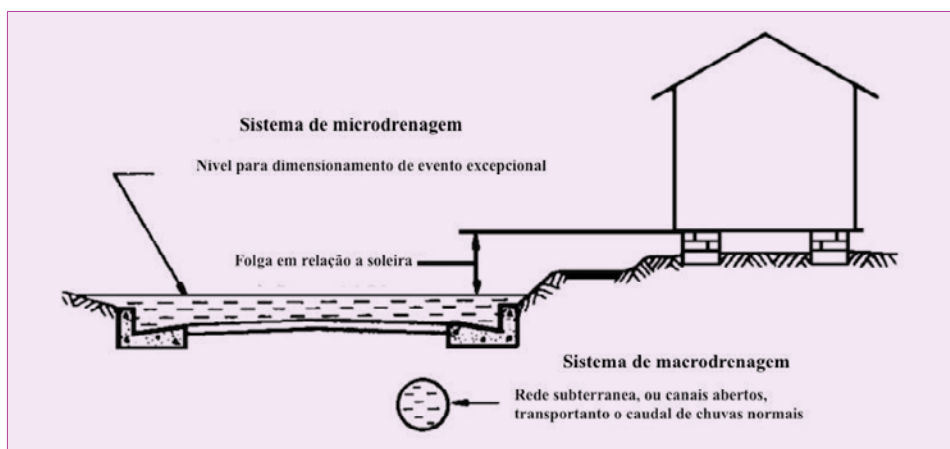
Miguez *et al*, na interpretação da Figura 7-1, refere-se que quanto maior for a parcela de solo impermeável, maior e mais rápido é o pico de vazão de cheia, efeito que gera problemas a jusante da cidade, por transferência de alagamentos.

Quanto à funcionalidade e complexidade, um sistema de drenagem urbana pode ser constituído por dois subsistemas que se complementam, nomeadamente a macrodrenagem e a microdrenagem.

A macrodrenagem é formada pela hidrografia natural da bacia e corresponde aos canais naturais ou artificiais responsáveis pela condução de águas concentradas no sistema. Inclui grandes intervenções hidráulicas destinadas a rectificar os rios, aumentar a sua capacidade de escoamento, diminuir áreas de alagamento, entre outras. O período de retorno a considerar no dimensionamento dos elementos de um sistema de macrodrenagem varia de 10 a 100 anos.

A microdrenagem é responsável pela captação inicial do escoamento superficial dos loteamentos urbanos, ruas e outros espaços públicos como praças e parques, conduzindo-o o mais rápido possível para a rede principal ou macrodrenagem. Em ambiente urbano, o sistema de microdrenagem é essencialmente definido pelo traçado das ruas e composto pelos pavimentos, canaletas, sarjetas, sumidouros, galerias de águas pluviais e canais de pequena dimensão.

Figura 7-2. Sistema de Macrodrenagem e Sistema de Microdrenagem



Fonte: AGRD05A

7.1. OBJECTIVO DESTA SECÇÃO

Esta secção do Guião tem como objectivo apresentar directrizes para o dimensionamento de um sistema de drenagem de águas pluviais de estradas urbanas (microdrenagem), com maior foco no conhecimento geral sobre os elementos de um sistema de drenagem, no seu funcionamento, nas vantagens e desvantagens de dispositivos de drenagem, na apresentação de métodos e critérios de dimensionamento de:

- Drenagem superficial;
- Drenagem transversal;
- Drenagem subterrânea;
- Bacias de retenção.

O Guião não aborda com detalhe questões relacionadas com as teorias de dimensionamento das estruturas hidráulicas, que são devidamente tratadas na bibliografia de referência. Grande parte dos cálculos de dimensionamento das estruturas hidráulicas pode ser feito a partir de planilhas em Excel disponíveis na Internet.

7.2. DRENAGEM SUPERFICIAL

A drenagem superficial, também conhecida por longitudinal, é aquela que, no geral, corre paralelamente ou ao longo do eixo da via, tendo como função o seguinte:

- Assegurar a recolha e o escoamento eficaz das águas pluviais provenientes da plataforma das estradas;
- Assegurar a recolha e o escoamento das águas pluviais provenientes dos terrenos naturais a montante, evitando inundações e erosões a jusante;
- Assegurar o rápido escoamento das águas superficiais com incidência directa na plataforma, garantindo a protecção da estrutura do pavimento;
- Assegurar que as águas provenientes dos telhados das moradias adjacentes sejam devidamente canalizadas para o sistema de drenagem, através de dispositivos de recolha.
- Assegurar que o escoamento se faça de forma a que as águas pluviais não venham a contribuir para a subida de eventuais níveis freáticos existentes, quando estes, devido a condições naturais, possam vir a atingir níveis próximos dos da plataforma.

No contexto de estradas urbanas, a drenagem superficial pode ocorrer em canais ou valas, dispostas na bordadura de passeios, adjacentes à via, bem como no centro da plataforma, valas ou valetas de crista, valas ou valetas de pé de talude, canaletas e lancis compostos. Os colectores, embora enterrados, fazem parte da drenagem superficial, pois têm o mesmo regime de funcionamento que os canais abertos; são usados para escoar as águas recolhidas pelos sumidouros ou sarjetas. O conceito de drenagem subterrânea é aplicado especificamente aos casos onde os níveis freáticos são elevados.

Apresentam-se, de seguida, imagens de alguns elementos de drenagem superficial.

7.2.1. CANAL OU VALA DE BORDADURA DE PASSEIO

Este tipo de solução, à semelhança da vala adjacente, serve para escoar o caudal a montante para um ponto de descarga a jusante, funcionando como um desaguadouro. Tem, também, a função de recolher as águas do pavimento da estrada por meio de dispositivos apropriados. Estas valas podem ter secção rectangular, quadrada e trapezoidal.

Figura 7-3. Vala de bordadura de passeio



7.2.2. CANAL OU VALA ADJACENTE AO PAVIMENTO

Este tipo de vala tem as mesmas funções e características que a vala de bordadura de passeio, com a diferença de que o topo da vala coincide com a borda da estrada e as águas pluviais provenientes desta descarregam directamente na vala. Dependendo da sua profundidade, recomenda-se a colocação de lancis intercalados ou de guardas para garantir a segurança dos utentes.

Figura 7-4. Vala adjacente ao pavimento



7.2.3. VALA OU VALETA DE CRISTA

Este tipo de elemento de drenagem superficial funciona também como uma medida de controlo de erosão do talude de escavação, impedindo que as águas a montante resvalem sobre os taludes sem o devido controlo.

Figura 7-5. Vala de crista de talude



7.2.4. VALETA DE PÉ DE TALUDE

O principal objectivo deste tipo de valeta é impedir que a água do talude vá para a estrada, no entanto, também tem a função de drenagem superficial da plataforma. Por vezes a valeta é substituída por uma vala.

Figura 7-6. Valeta de pé de talude



7.2.5. CANALETA

É um tipo de dispositivo dimensionado essencialmente para escoar as águas das faixas de rodagem. Pode ser executada *in situ* ou materializada por lancis compostos.

Figura 7-7. Pormenor de canaleta com lancil galgável



7.2.6. SUMIDOURO

Os sumidouros são dispositivos de drenagem que recolhem as águas provenientes do pavimento, com entrada vertical, através das canaletas ou valetas, conduzindo-as para colectores por meio de ramais de ligação.

Figura 7-8. Exemplo de um sumidouro localizado no separador central



7.2.7. SARJETA

As sarjetas têm a mesma função que os sumidouros, mas com entradas laterais de água localizadas na borda interna do lancil.

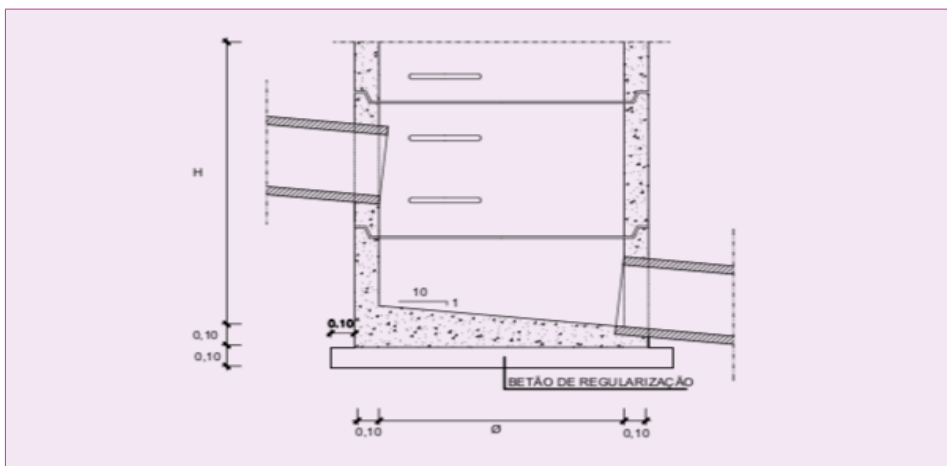
Figura 7-9. Exemplo de uma sarjeta



7.2.8. COLECTORES

São elementos de drenagem longitudinal enterrados, que funcionam juntamente com os sumidouros e sarjetas, dimensionados segundo os mesmos princípios das valas, ou seja, em regime de escoamento uniforme. O sistema de colectores inclui caixas de inspecção, conforme ilustra a Figura 7-10.

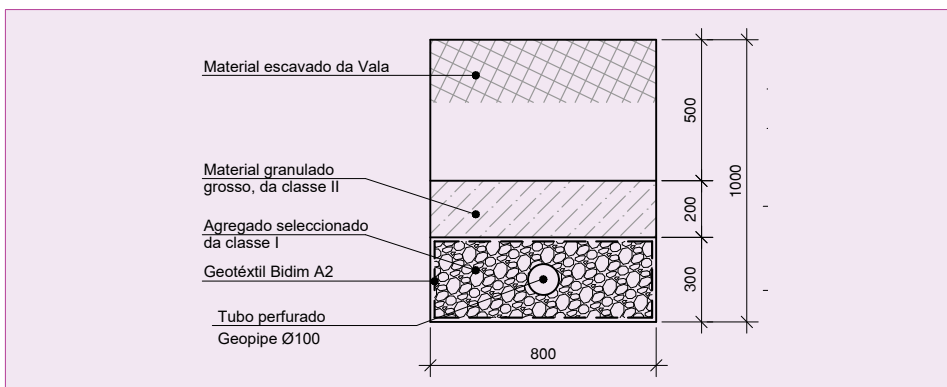
Figura 7-10. Pormenor de caixa de visita com entradas e saída do colector



7.3. DRENAGEM SUBTERRÂNEA

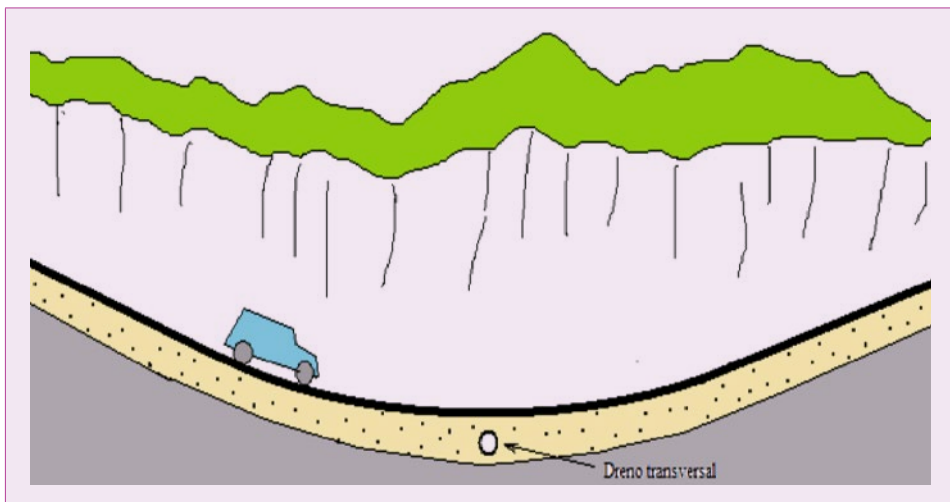
O conceito de drenagem subterrânea é aplicado especificamente para os casos onde os níveis freáticos são elevados. São elementos dimensionados para drenar águas subterrâneas, funcionando em conjunto com o sistema de canais abertos ou de colectores.

Figura 7-11. Exemplo de drenagem subterrânea



É normal instalar-se drenagem subterrânea longitudinalmente, mas há casos de drenagem transversal em zonas côncavas do alinhamento longitudinal da estrada, conforme ilustrado na Figura 7-12.

Figura 7-12. Dreno subterrâneo transversal



Fonte: Hannah, Barbara *et al*

7.4. DRENAGEM TRANSVERSAL

A drenagem transversal diz respeito aos aspectos de natureza hidráulica relacionados com o estabelecimento de passagens hidráulicas (PH) (aquedutos e obras de arte), indispensáveis à manutenção de condições de escoamento adequadas dos cursos de água atravessados pela via. As PH facultam o atravessamento das águas dos elementos de drenagem longitudinal de um lado para o outro da via. Os dispositivos de drenagem transversal incluem pontes, pontões, aquedutos e passagens molhadas.

Figura 7-13. Exemplo de um pontão



Figura 7-14. Exemplo de um aqueduto de secção rectangular



Figura 7-15. Exemplo de uma passagem molhada



7.5. ABORDAGEM METODOLÓGICA DE UM PROJECTO DE DRENAGEM

A presente directriz visa dar uma orientação aos projectistas de drenagem de estradas urbanas e aos técnicos municipais, no sentido de indicar uma sequência metodológica de abordagem dos diferentes assuntos a serem considerados no projecto, bem como indicações sobre o conteúdo e forma da documentação final de apresentação do projecto. Evidentemente que são orientações gerais que podem ser melhor adequadas em função da magnitude do projecto.

Recomenda-se que um projecto de drenagem de estradas urbanas envolva os seguintes itens principais:

- 1) dados básicos;
- 2) análise das características da área da bacia;
- 3) estudos hidrológicos;
- 4) concepção de alternativas;
- 5) dimensionamento hidráulico;
- 6) relatório do projecto de drenagem.

7.5.1. DADOS BÁSICOS

Numa primeira fase, o projectista deverá reunir e sistematizar todos os dados e informações básicas que podem servir de apoio à elaboração do projecto, quer sejam dados já existentes, quer sejam elementos novos obtidos através de levantamentos de campo.

Os principais assuntos a serem abordados na pesquisa e recolha de dados básicos são os seguintes:

- 1) planta da bacia de drenagem;
- 2) características da faixa de implantação das obras;
- 3) drenagem lateral;
- 4) interferências principais e utilidades públicas;
- 5) condições previstas de desenvolvimento futuro;
- 6) cobertura vegetal e condições de ocupação da bacia actual e futura;
- 7) características geológicas da bacia;
- 8) características geotécnicas e do lençol freático da faixa de implantação das obras;
- 9) informação sobre chuvas intensas na área da bacia;
- 10) estudos anteriores;
- 11) outras informações.

7.5.2. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DA BACIA HIDROLÓGICA

A análise das características da área da bacia hidrológica tem por objectivo identificar os factores que influenciam o regime de cheias da mesma, os quais incluem aspectos geológicos, morfológicos, cobertura vegetal e tipo de ocupação existente e previsível. Assim, os elementos básicos a serem considerados no estudo da bacia são:

- 1) características morfológicas;
- 2) características de ocupação e de cobertura vegetal;
- 3) características geológicas e dos solos da bacia;
- 4) avaliação das condições de permeabilidade da área.

7.5.3. ESTUDO HIDROLÓGICO

Os estudos hidrológicos têm por objectivo fornecer os caudais máximos que vão ser adoptados para o projecto, bem como os hidrogramas de cheias quando houver a necessidade de dimensionar ou analisar o efeito de bacias de retenção existentes ou a construir.

A eficácia do dimensionamento de um sistema de drenagem de águas fluviais depende fundamentalmente da identificação correcta das bacias hidrológicas e dos pontos críticos do sistema em estudo. Estes pontos estão relacionados com potenciais perdas económicas e sociais no caso de inundações. Os pontos críticos podem ser identificados em mapas topográficos, mas devem ser sempre confirmados no terreno durante a inspecção ao local de estudo. Estes pontos podem ocorrer nos seguintes locais do traçado em estudo:

- Nos pontos baixos, côncavos, do alinhamento da estrada onde podem ocorrer poças de água;
- Na intersecção entre uma estrada com pendente forte e uma estrada plana, onde exista uma grande probabilidade da água proveniente da estrada inclinada inundar o cruzamento e espaços adjacentes; ou
- Nos locais onde estejam implantadas infra-estruturas importantes ou desenvolvimentos urbanos complexos, potencialmente inundáveis e que podem causar grandes perdas económicas e de difícil reparação.

Nos casos de bacias alongadas que possuam tributários de porte apreciável na sua porção a jusante, embora não possuindo reservatório, é recomendável estabelecer os respectivos hidrogramas individuais por sub-bacias e efectuar, em seguida, a composição do hidrograma global afluente a cada ponto de interesse ao longo do canal principal.

No caso de o projecto incluir o dimensionamento de um canal, a forma de considerar as vazões de projecto ao longo do canal pode ser consubstanciada numa curva envoltória de picos de cheia, quer seja obtida por cálculo directo, quer através da composição de hidrogramas, conforme mencionado anteriormente.

A distribuição final de vazões a adoptar poderá ser efectuada de modo a considerar sub-trechos com vazões constantes para maior simplicidade dos cálculos.

Os tópicos básicos a serem considerados no estudo hidrológico são os seguintes:

- 1) critérios de projecto;
- 2) chuvas de projecto;
- 3) subdivisão da bacia em áreas hidrologicamente homogéneas;
- 4) parâmetros morfológicos característicos das sub-bacias;
- 5) cálculo de vazões máximas e/ou hidrogramas de cheias;
- 6) estudo de bacias de retenção e/ou infiltração.

7.5.4. CONCEPÇÃO DE ALTERNATIVAS

A concepção de alternativas refere-se a alternativas de soluções que devem ser discutidas e desenvolvidas aquando do estudo do tratamento de uma linha de água existente.

Normalmente, o traçado em planta é imposto pelo próprio alinhamento do leito natural do curso de água a tratar. Contudo, no que se refere ao perfil longitudinal, podem apresentar-se diferentes alternativas, as quais dependem não só das restrições existentes e das interferências, mas também das posições das principais confluências.

As velocidades máximas admissíveis também influenciam no arranjo longitudinal dos elementos de drenagem a projectar. Estas são condicionadas pelo tipo de material de revestimento a ser utilizado mas, por outro lado, também são dependentes das declividades possíveis de serem adoptadas.

Os assuntos básicos a serem abordados são os seguintes:

- 1) traçado em planta;
- 2) escolha do tipo de conduta a adoptar e secções transversais;
- 3) alternativas de arranjo em perfil longitudinal.

7.5.5. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

O dimensionamento hidráulico envolve o pré-dimensionamento das estruturas hidráulicas e a verificação do funcionamento do conjunto face às condições e critérios previamente estabelecidos, e também a análise de desempenho hidráulico dos dispositivos e obras especiais, efectuando as alterações e ajustes necessários.

Os assuntos principais que vão ser abordados no dimensionamento das estruturas hidráulicas do projecto são os seguintes:

- 1) critérios de projecto;
- 2) dimensionamento de secções transversais;
- 3) estabelecimento do perfil longitudinal final das obras;
- 4) características preliminares dos dispositivos hidráulicos e obras especiais;
- 5) verificação de linhas de água;
- 6) análise hidráulica e estabelecimento da configuração final dos dispositivos e obras especiais;
- 7) dimensionamento das bacias de retenção, quando existirem.

7.5.6. RELATÓRIO DO PROJECTO DE DRENAGEM

O Estudo da Drenagem deve culminar com a apresentação de um relatório da especialidade.

7.6. DIMENSIONAMENTO DE DISPOSITIVOS DE DRENAGEM SUPERFICIAL

O conceito básico de dimensionamento hidráulico de elementos de drenagem longitudinal consiste em determinar os seguintes caudais:

- O caudal afluente gerado pela bacia hidrográfica no ponto crítico em estudo, dado pela equação genérica do método racional $Q = CIS$, tratado no Anexo C;
- O caudal admissível determinado nos pontos críticos do elemento de drenagem longitudinal em estudo.

A equação básica para a análise do caudal admissível num canal aberto é dado pela seguinte equação:

$$Q = V \times A$$

Em que:

Q – é o caudal num determinado ponto de estudo do canal (m^3/s)

V – é a velocidade de escoamento (m/s)

A – é a área da secção de escoamento, área molhada (m^2)

A fórmula mais comumente usada para o cálculo do escoamento constante e uniforme em canais abertos é a Equação de Manning-Strickler. Esta equação é usada para determinar a velocidade do escoamento num ponto específico do canal e, portanto, as variáveis na equação devem ser representativas do ponto que está a ser avaliado. A velocidade de escoamento é dada pela expressão:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

Em que:

V – é a velocidade de escoamento (m/s)

R – é o raio hidráulico (m)

S – inclinação da linha de energia (m/m)

n – é o coeficiente de rugosidade

O raio hidráulico é apresentado segundo a seguinte fórmula:

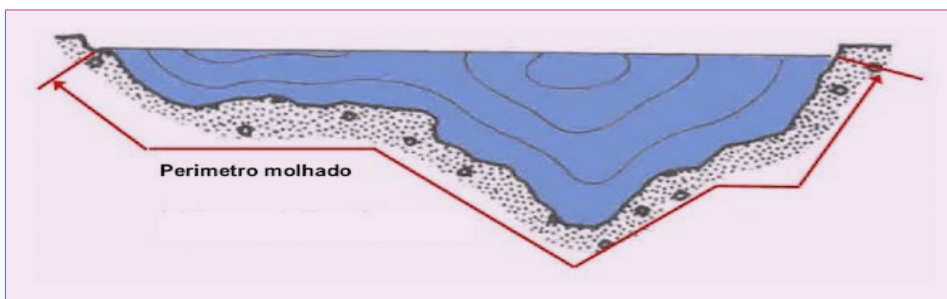
$$R = \frac{A}{P}$$

Em que:

A – é a área da secção de escoamento, área molhada (m²)

P – Perímetro molhado (m)

Figura 7-16. Perímetro molhado



Fonte: AGRD05B

A dificuldade de aplicação da fórmula de Manning em diversas formas de secções transversais está em determinar a área da secção e o perímetro molhado. Os coeficientes de rugosidade para diversos tipos de estrutura são apresentados na Tabela 26.

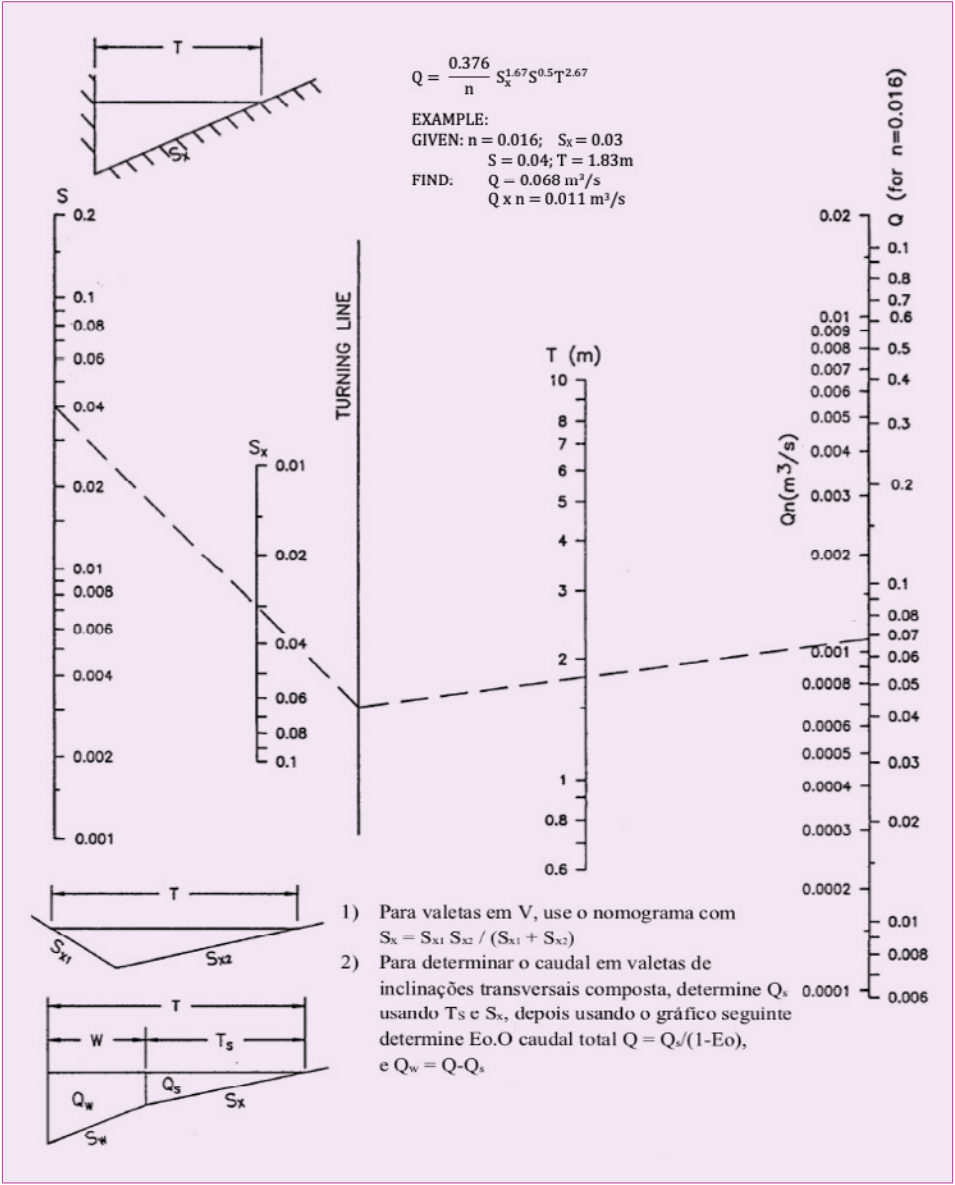
Tabela 26. Coeficientes de rugosidade, adaptado de AGRD05B e DNIT

Tipo de estrutura		n
1	Condutas fechadas	
1.1	Tubos de betão	0.011- 0.013
1.2	Tubos metálicos corrugados	
	Revestido	0.010
	Não revestido	0.011- 0.014
	Metálico com corrugação de 68 x 13mm	0.019 – 0.021
	Metálico com corrugação de 76 x 25mm	0.021 – 0.025
	Metálico com corrugação de 152 x 51mm	0.024 – 0.28
1.3	Tubagem estrutural ou em arco	0.030 – 0.033
1.4	Betão monolítico (Box culverts)	0.012
1.5	Manilhas de grés vitrificado	0.012
2	Canais abertos revestidos	
2.1	Betão,	
	Paredes lisas ou acabadas a talocha	0.012
	Sem acabamento	0.014 – 0.017
2.2	Asfalto	
	Liso	0.013
	Rugoso	0.016
2.3	Pedra irregular argamassada	0.020-0.023
2.3	Tijolo	
	Em argamassa de cimento	0.012 - 0.015
	Alvenaria revestida	0.013 – 0.015
3	Canais não revestidos	
3.1	Terra em segmento recto e uniforme	
	Limpa, recentemente completada	0.016 – 0.018
	Limpa, após intempérie	0.018 – 0.016
	Saibro, secção uniforme, limpa	0.022 – 0.025
	Com relva curta, pouca vegetação	0.022 – 0.027
	Em solo pedregoso, limpo	0.022 - 0.025
3.3	Terra em segmento sinuoso	
	Sem vegetação	0.023 – 0.025
	Relva, alguma vegetação	0.026 – 0.030
	Vegetação densa ou plantas aquáticas em canais profundos	0.030 – 0.035
	Fundo em pedra e margens cobertas de vegetação	0.028 – 0.030
3.4	Cortes em rocha	
	Lisa e uniforme	0.025 – 0.035
	Rugosa e irregular	0.035 – 0.040

As figuras geométricas normalmente utilizadas nos elementos de drenagem superficial são a rectangular, triangular, trapezoidal e circular. As fórmulas para a determinação da área molhada, perímetro molhado e raio hidráulico podem ser encontradas na bibliografia.

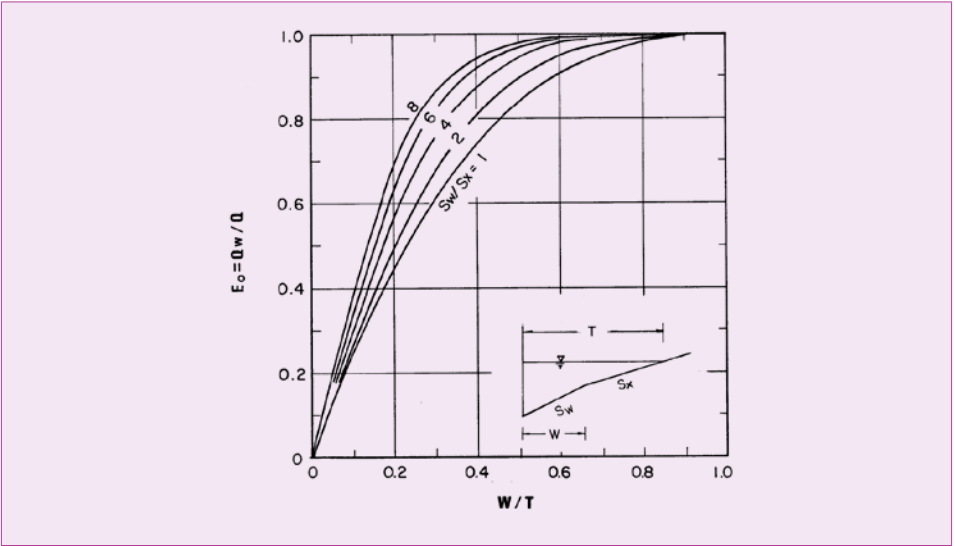
Na bibliografia, existe também uma série de nomogramas para a determinação expedita de caudais e velocidades da água para diferentes tipos de secções e dispositivos de drenagem superficial. Um exemplo de nomograma para o cálculo de caudais admissíveis em valetas triangulares é apresentado na Figura 7-17, que é complementado pelo diagrama da Figura 7-18.

Figura 7-17. Nomograma para a determinação de caudais admissíveis em valetas triangulares



Fonte: AGRD05B

Figura 7-18. Relação entre caudal da parcela frontal e caudal total da valeta



Fonte: AGRD05B

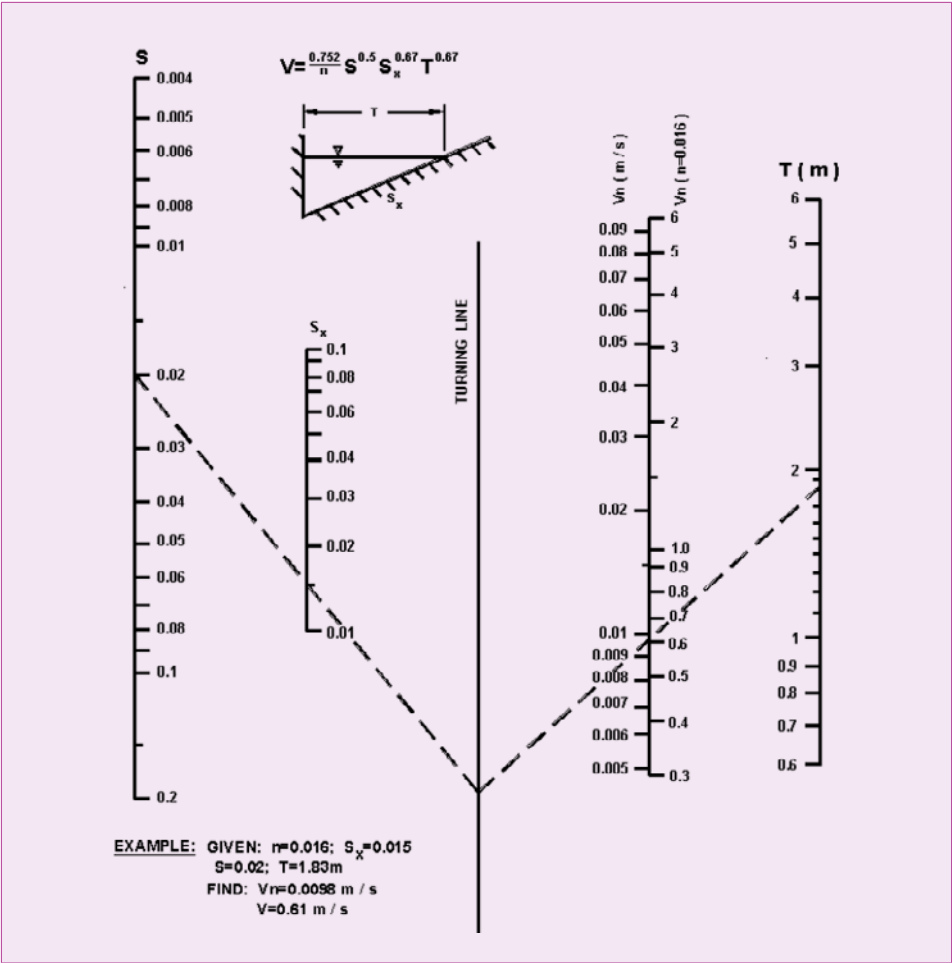
Para o controlo da erosão nas superfícies dos dispositivos de drenagem devem ser observadas as velocidades máximas admissíveis da água, cujos limites recomendáveis constam da Tabela 27.

Tabela 27. Velocidades máximas admissíveis da água

Revestimento	Velocidade máxima (m/s)
Relva comum firmemente implantada	1,50 - 1,80
Argila	0,80 - 1,30
Argila coloidal	1,30 - 1,80
Lodo	0,35 - 0,85
Areia fina	0,30 - 0,40
Areia média	0,35 - 0,45
Cascalho fino	0,50 - 0,80
Silte	0,70 - 1,20
alvenaria de tijolo	2,50
Betão	4,5
Aglomerdos consistentes	2,0
Revestimento betuminoso	3,00 - 4,00

Um exemplo de nomograma para a verificação de velocidades em valetas triangulares é apresentado na Figura 7-19.

Figura 7-19. Nomograma para a determinação da velocidade em valetas triangulares



Fonte: AGRD05B





ESTUDO DO TRAÇADO GEOMÉTRICO

O desenho geométrico das estradas é o ramo da engenharia que se preocupa com o posicionamento dos elementos físicos da estrada, de acordo com padrões (normas) e restrições de espaço, ambientais, entre outros. É o processo através do qual o *layout* da estrada no terreno é projectado para satisfazer as necessidades dos seus utilizadores. Os objectivos básicos do desenho geométrico são otimizar a eficiência e a segurança, minimizando os custos e os danos ambientais.

O objectivo deste capítulo é dotar o Guião para Projectos de Estradas Municipais de elementos padronizados para o projecto geométrico de estradas urbanas municipais, como forma de promover a uniformização do desenho geométrico de estradas urbanas em Moçambique.

O desenho geométrico de uma estrada consiste na definição geométrica da via em planta (alinhamento horizontal), no traçado do perfil longitudinal e na definição do seu perfil transversal. O documento aborda estes assuntos de forma resumida e simples, fornecendo directrizes e critérios de dimensionamento para o estudo geométrico. O documento não aborda questões relacionadas com planeamento, que constitui uma das condicionantes para a definição do traçado de uma estrada, por ser uma matéria exaustiva e de especialidade específica. Dada a necessidade de conjugar o planeamento com o projecto geométrico de uma estrada, é importante tecer considerações sobre a hierarquia das estradas municipais, até porque os padrões, quer para o desenho geométrico, quer para o dimensionamento dos pavimentos, são definidos de acordo com as diferentes funções de uma estrada. Uma introdução a este tema é apresentado no Anexo E deste Guião, o qual culmina com a proposta de classificação da Tabela 28 seguinte.

Tabela 28. Proposta de hierarquia de estradas urbanas

Categoria da Estrada				
	CA	UB	UC	UD
Descrição geral	Artérias	Colectoras	Acesso local	
Classe da estrada	A, B, C	C e D	D e E	E e F
Descrição da função	Vias que ligam municípios, os principais portos, principais postos de fornecimento, artérias principais, circulares, e semicirculares	Colectoras, rotas de autocarros, áreas de descarga de produtos, ruas de zonas industriais	Colectoras de acesso residencial, parques de estacionamento. Sem rotas de autocarros	Acessos locais a residências, becos sem saída, ruas particulares
Tráfego diário em análise	> 10.000 - 1.000	1.000 - 300	300 - 100	100 - <20

No estudo do traçado geométrico de uma estrada urbana municipal, a par das condicionantes indicadas nas secções 8.1 e 8.2 abaixo, é importante notar que normalmente o alinhamento deste tipo de estradas segue a topografia do terreno existente, não havendo margens para grandes movimentos de terra, especialmente se a estrada passar por uma urbanização existente. No caso de haver necessidade de movimentos de terra, o alinhamento deve ser planificado de forma a reduzir ao máximo a importação de solos, optando-se por uma solução equilibrada de corte e aterro.

8.1. ESTUDO DO TRAÇADO TRANSVERSAL

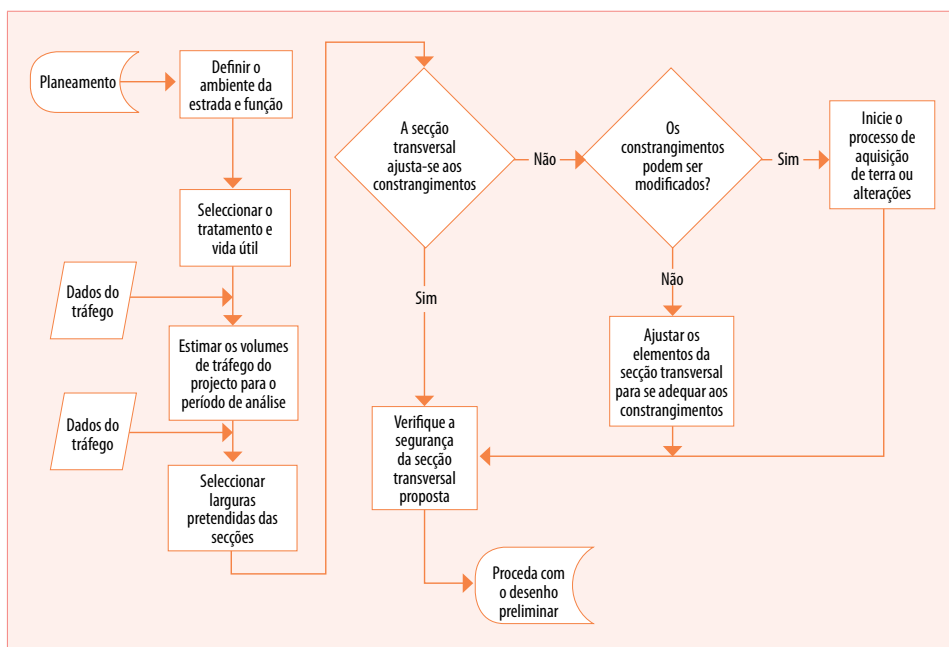
A secção transversal ideal de uma estrada é aquela que acomoda veículos estacionados e em movimento, drenagem, serviços públicos, veículos não motorizados e pedestres. Contudo, nem sempre é possível conseguir-se a largura ideal devido a constrangimentos de várias ordens. No nosso contexto, a maior parte dos alinhamentos das estradas já está definido, pelo que o primeiro constrangimento a considerar é o espaço disponível.

Citando o “Guide to Road Design Part 3”, da Austroads, o tipo de secção transversal a ser usado no desenvolvimento de qualquer projecto de estradas depende de:

- localização (urbana ou rural);
- funções da estrada, de acordo com a Tabela 28;
- nova estrada ou melhoria de uma estrada existente;
- volume e mistura de tráfego;
- número e tipo de camiões;
- provisão para transporte público;
- restrições ambientais, por exemplo, topografia, serviços de utilidade pública existentes, larguras de reserva de estradas existentes, vegetação significativa, geologia;
- materiais locais disponíveis para construção de estradas.

De um modo geral o estudo do traçado transversal pode ser interpretado a partir do diagrama da Figura 8-1.

Figura 8-1. Fluxograma para o estudo do traçado transversal

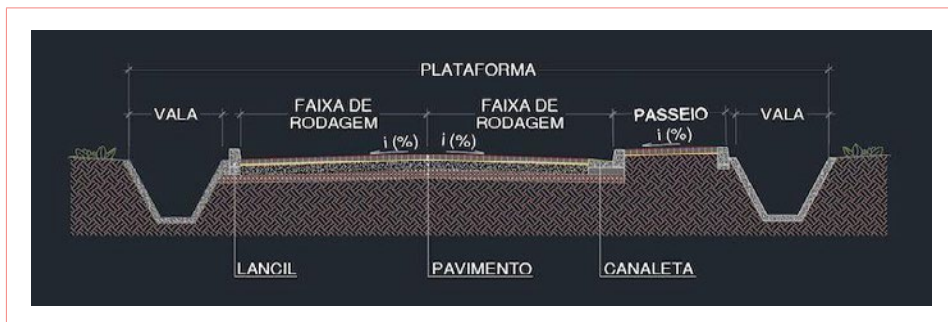


8.1.1. TERMINOLOGIA DE SECÇÕES TRANSVERSAIS TIPO

Para uma melhor percepção dos elementos de secções transversais de estradas urbanas, a partir dos quais são definidos os critérios padronizados, serão apresentadas sequencialmente figuras representativas de perfis transversais tipo.

Perfil transversal geral

Figura 8-2. Exemplo de perfil transversal de uma estrada urbana



As componentes da Figura 8-2 têm o seguinte significado:

- **Plataforma** – porção da estrada compreendida entre as bordas (ou bermas) externas dos passeios, mais as larguras das valetas e/ou as larguras adicionais.
- **Faixa de rodagem** – parte da via pública especialmente destinada ao trânsito de veículos. Em faixas de rodagem simples, é o espaço dimensionado para a passagem de um veículo de cada vez.
- **Passeio** – parte que ladeia a faixa de rodagem, destinada exclusivamente ao trânsito de peões.
- **Lancil** – é um elemento saliente rígido na borda da estrada que providencia as seguintes funções: controlo da drenagem, delineador do limite da via, controlo da reserva de estrada e delineador de passeios.
- **Canaleta** – Dispositivo longitudinal de drenagem da faixa de rodagem ligado ao lancil;
- **Vala (valeta)** – Dispositivo longitudinal de drenagem superficial adjacente ao passeio ou à faixa de rodagem.
- **i (%)** – Inclinação transversal da faixa de rodagem.
- **Pavimento** – Conjunto formado pelas camadas de pavimento e o revestimento.

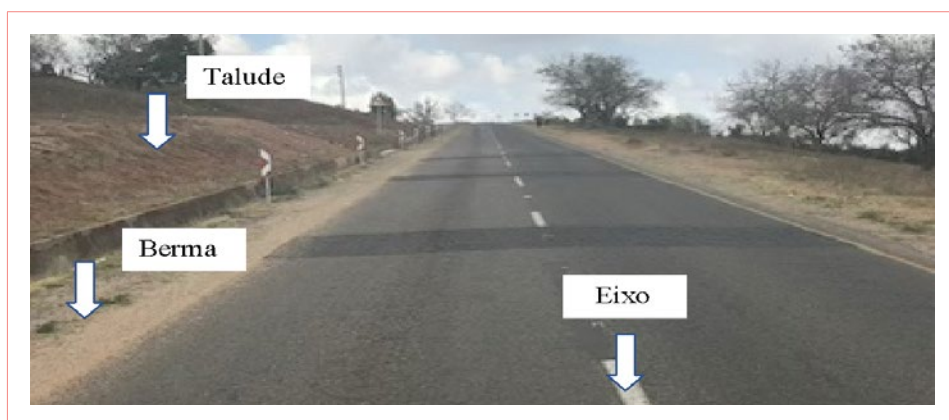
Perfil em escavação

A Figura 8-3 seguinte representa uma estrada em perfil de escavação, com bermas e uma valeta no pé do talude. As definições para cada um dos elementos legendados na figura são:

- **Berma** – espaço adjacente à faixa de rodagem, projectada para providenciar suporte lateral ao pavimento. A berma também fornece espaço adicional aos condutores para efectuarem manobras correctivas, paragens, circulação de peões e espaço para a colocação de sinais e guardas. A largura das bermas é medida a partir da marcação do pavimento para o exterior. Pode acontecer que nem toda a largura da berma seja pavimentada.

- **Eixo da via** – linha que representa geometricamente a estrada, projectada no plano horizontal; numa secção transversal, o eixo resume-se a um ponto, tal como indicado nas figuras.
- **Talude** – Superfície definida pela área de acabamento de um corte ou aterro, formando um ângulo com o plano vertical, que é medido pela tangente deste ângulo. (V. Saia de Aterro).

Figura 8-3. Exemplo de estrada e perfil em escavação com berma



Via com separador central

A Figura 8-4 representa uma estrada municipal com duas vias e um separador central.

1. Separador central – geralmente, o separador central é implantado para melhorar a segurança e a operação das principais estradas urbanas com várias faixas em cada direcção. Os separadores centrais podem ser elevados ou rebaixados para atender desníveis do terreno. As principais funções dos separadores são:

- separar e reduzir o conflito entre fluxos de tráfego opostos, reduzindo efectivamente a possibilidade de colisões frontais;
- impedir movimentos indiscriminados de cruzamento e viragem;
- abrigar veículos que viram à direita e se cruzam nos cruzamentos;
- abrigar mobiliário das estradas e dispositivos de controlo de tráfego, como sinais, sinais de trânsito e iluminação pública;
- fornecer um refúgio de pedestres que permita a estes atravessar a estrada, uma via de circulação de cada vez;
- reduzir o impacto do brilho dos faróis e da turbulência do ar dos fluxos de tráfego opostos;
- fornecer margem para melhoria da comodidade visual por meio de paisagismo;
- acomodar diferenças de nível entre as vias de circulação;
- fornecer uma barreira de segurança;
- fornecer uma área de paragem de emergência em estradas com várias faixas;
- fornecer uma área de recuperação para veículos errantes.

Figura 8-4. Estrada com duas vias e separador central



8.1.2. CRITÉRIOS PADRONIZADOS

Apresentam-se de seguida critérios padronizados para o desenho de secções transversais de estradas municipais.

a) Larguras das faixas de rodagem

As larguras recomendáveis para as faixas de rodagem (simples) de estradas municipais, de acordo com a classificação proposta no Anexo E, são as indicadas na Tabela 29.

Tabela 29. Larguras de faixas de rodagem

Função	Largura da faixa (m)
Arterial	Entre 3,30 e 3,60
Colectoras	Entre 3,00 e 3,60
Local	Entre 3,00 e 3,60

Deste modo, as larguras recomendáveis para as vias de circulação simples, em função do tráfego médio diário, estão indicadas na Tabela 30.

Tabela 30. Larguras de vias recomendáveis em função do tráfego médio diário

Largura da via (m)	Tráfego médio diário (TMD)			
	<100	100 - 300	300 - 1000	>1000
	3,60 (1x3,60)	6,00 (2x3,00)	6,40 (2x3,20)	7,00 (2x3,50)

b) Largura dos passeios

As larguras recomendáveis para os passeios de estradas municipais são apresentadas na Tabela 31.

Tabela 31. Largura dos passeios

Tipo de passeio	Largura desejável (m)	Largura aceitável (m)
Passeio sem mobiliário urbano, árvore ou montras	2,00	1,50
Passeio com filas de árvore ou montras	3,00	2,50
Passeio com árvore e montras	4,00	3,50

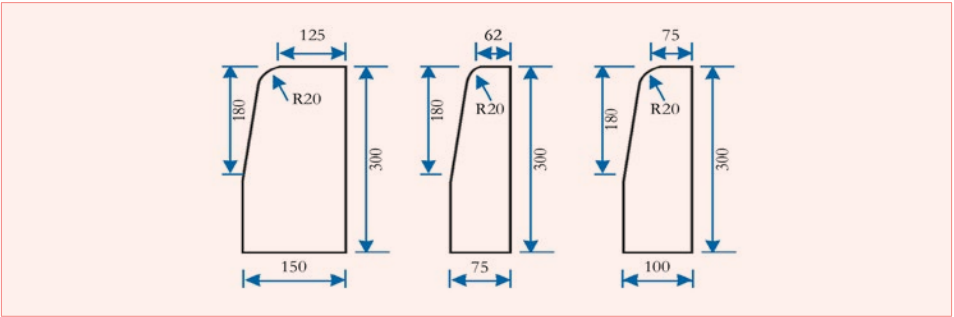
c) Largura das bermas

A largura ideal para as bermas é de 3,0m, o que permite que a paragem de veículos não interfira com o movimento dos veículos na faixa de rodagem exterior. Contudo, bermas com esta largura encorajam o surgimento de uma faixa extra durante os períodos de movimento lento, pelo que recomenda-se que as bermas tenham entre 1,80 e 2,40m de largura.

d) Lancis

Os lancis podem ser verticais (ou semi-verticais) tipo barreira, galgáveis. A Figura 8-5 ilustra tipos de lancis verticais, do tipo barreira, padronizados.

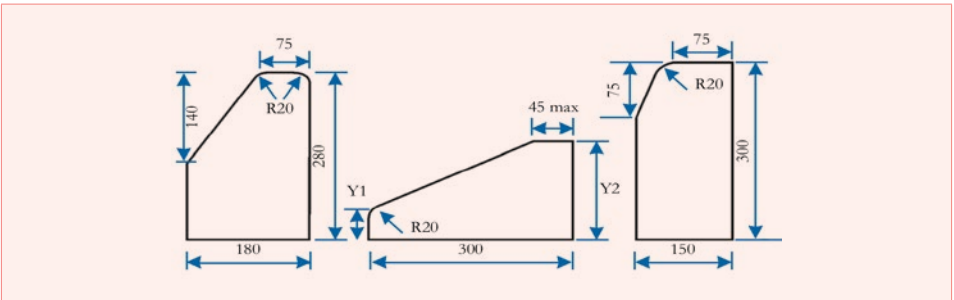
Figura 8-5. Lancis verticais tipo barreira



Fonte: CMA Concrete Paving Block Book 3

A Figura 8-6 ilustra tipos diferentes de lancis galgáveis.

Figura 8-6. Lancis galgáveis



Fonte: CMA Concrete Paving Block Book 3

O lancil central na figura pode apresentar-se no mercado com 4 variações de dimensão, de acordo com a Tabela 32.

Tabela 32. Dimensões Y1 e Y2 do lancil central da Figura 8-6

Dimensão	Y1 (mm)	Y2 (mm)
a	50	150
b	75	175
c	100	200
d	125	225

e) Inclinação transversal

A inclinação transversal das vias depende do material do pavimento, sendo de recomendar as indicadas na Tabela 33.

Tabela 33. Inclinações transversais recomendáveis para pavimentos urbanos

Tipo de pavimento	Inclinação transversal (%)
Estrada de terra	5
Estrada terraplenada	4
Revestimento superficial	3
Betão asfáltico	2,5 - 3
Betão, incluindo pavê	2 - 3

f) Largura do separador central

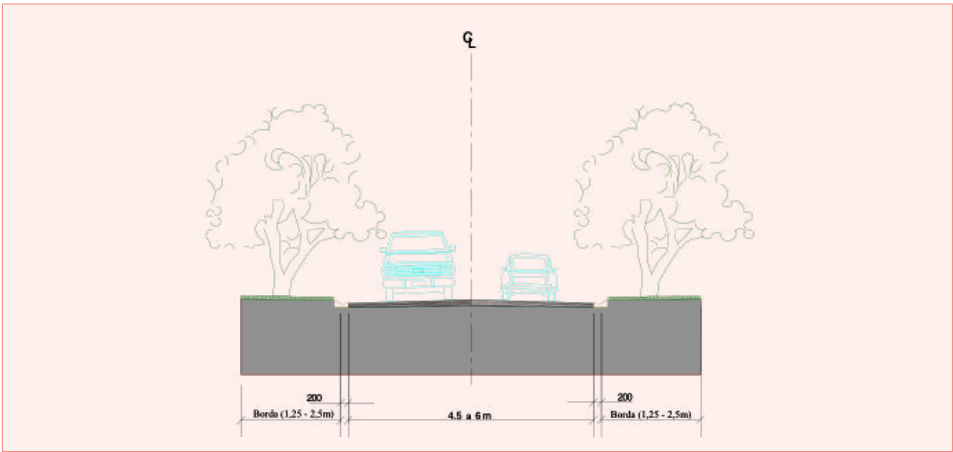
Para que um separador central possa desempenhar cabalmente as funções anteriormente descritas, recomenda-se que tenha as dimensões mínimas indicadas na Tabela 34.

Tabela 34. Inclinações transversais recomendáveis para pavimentos urbanos

Função do separador	Largura (m)
Adjacentes a um compartimento de viragem á direita para controlar o percurso de viragem	0,5
Fluxos de tráfego separados com uma barreira de segurança rígida (betão)	0,8
Abrigar um pequeno sinal	1,2
Pedestais de sinal de abrigo ou postes de iluminação	2,0
Abrigo de peões (provisão para indicadores tácteis de superfície do solo) e sinais de trânsito	2,5
Abrigo de peões, sinalizador de dois estágios para pedestres no separador	4,0
Abrigo de veículos de viragem e sinais de trânsito (ou seja, inclui uma faixa de tráfego adjacente de 3,5 m de largura)	6,0
Abrigo de veículos de travessia (ou seja, o comprimento de um carro mais a folga para as faixas de tráfego médias)	7,0
Para plantio e drenagem	10,0
Área de recuperação	20,0

c) Estradas urbanas de Acesso Local

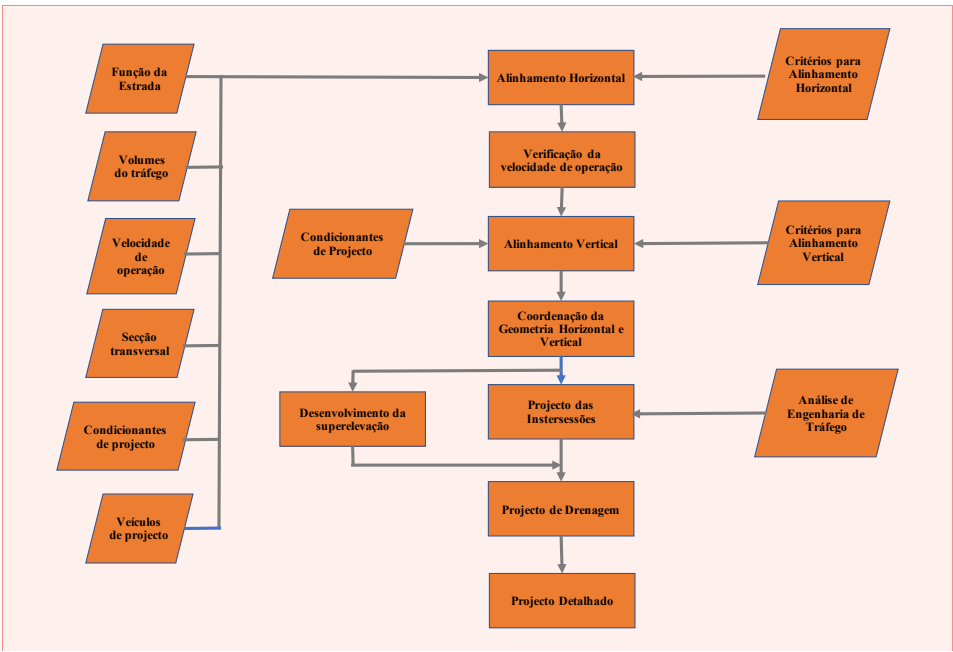
Figura 8-9. Exemplo típico de secção transversal de estrada de Acesso Local



8.2. ESTUDO DOS ALINHAMENTOS

O estudo geométrico de uma estrada é um processo interactivo que normalmente requer várias simulações até se alcançar uma solução que optimize os critérios de dimensionamento padronizados ou definidos para o traçado. O estudo do alinhamento de uma estrada (vertical e horizontal) normalmente segue um processo semelhante ao demonstrado no fluxograma da Figura 8-10.

Figura 8-10. Fluxograma para o estudo dos alinhamentos de uma estrada



Fonte: AGRD03

8.2.1. CONDICIONANTES DE PROJECTO

Antes de definir um alinhamento proposto, é necessário identificar as condicionantes e respectivo posicionamento. Há condicionantes obrigatórias, que são aquelas que não devem ser alteradas por razões legais, ambientais ou económicas. Há também as condicionantes discricionárias, que são aquelas que se devem observar, mas que podem ser alteradas quando o alinhamento está a ser revisto e optimizado para ter em conta objectivos conflituantes. É recomendável que o projectista solicite ao cliente instruções claras para cada projecto, a fim de determinar quais são as condicionantes que devem ser consideradas obrigatórias e quais são discricionárias. De acordo com a Austroads, as condicionantes que podem influenciar um alinhamento incluem:

1. grupo de velocidade;
2. velocidade de operação;
3. terreno;
4. limites cadastrais;
5. limites do esquema de planeamento;
6. correspondência com estradas ou pontos de acesso existentes;
7. travessias significativas de corrente;
8. edifícios históricos;
9. locais de património cultural;
10. locais ambientalmente sensíveis;
11. geologia;
12. providenciar distâncias visuais apropriadas;
13. providenciar oportunidades de ultrapassagem;
14. custos;
15. estética;
16. principais serviços públicos.

8.2.2. PARÂMETROS DE VELOCIDADE

No contexto deste Guião, os limites de velocidade a considerar no projecto estão definidos no Código da Estrada. Contudo, condicionantes como a quantidade de cruzamentos ao longo do traçado, raios das curvas, existência de edifícios públicos, zonas residenciais e outras, podem reduzir ainda mais o limite de velocidade estabelecido por lei.

No geral, o artigo 33 do Código da Estrada estabelece o limite de velocidade para automóveis dentro de localidades como sendo de 60 km/h.

8.2.3. VEÍCULOS DE PROJECTO

O veículo de projecto é um veículo hipotético, cujas dimensões e características operacionais condicionam diversos aspectos do dimensionamento geométrico de uma via, tais como:

- A largura do veículo de projecto tem influência na largura da faixa de rodagem, das bermas e dos ramos de intersecções;
- A distância entre eixos influi no cálculo da Superlargura e na determinação dos Raios Mínimos internos e externos das faixas dos ramos das intersecções;
- O comprimento total do veículo influencia a largura dos canteiros, a extensão das faixas de espera, etc.;
- A relação peso bruto total / potência influencia o valor da rampa máxima e participa na determinação da necessidade de faixa adicional de subida;
- A altura admissível para os veículos influi no gabarito vertical.

As dimensões dos veículos de projecto são internacionais, pelo que podemos adoptar as indicadas na Tabela 35.

Tabela 35. Dimensões e características de veículos de projecto

Características	Veículos ligeiros	Camiões e autocarros convencionais	Camiões e autocarros longos	Semi-reboques	Reboques
Largura total	2,10	2,60	2,60	2,60	2,60
Comprimento total	5,80	9,10	12,20	16,80	19,80
Raio mínimo da roda externa dianteira	7,30	12,80	12,80	13,70	13,70
Raio mínimo da roda externa traseira	4,70	8,7	7,10	6,0	6,9

Fonte: Ítalo Vicente

As Figuras 8-11,8-12,8-13 e 8-14 representam graficamente as dimensões dos veículos de projecto e podem constituir, também, uma ferramenta válida para o estabelecimento de restrições de circulação de certo tipo de veículos em determinadas vias municipais.

Figura 8-11. Dimensões de veículo de projecto: ligeiro, carrinha 4x4

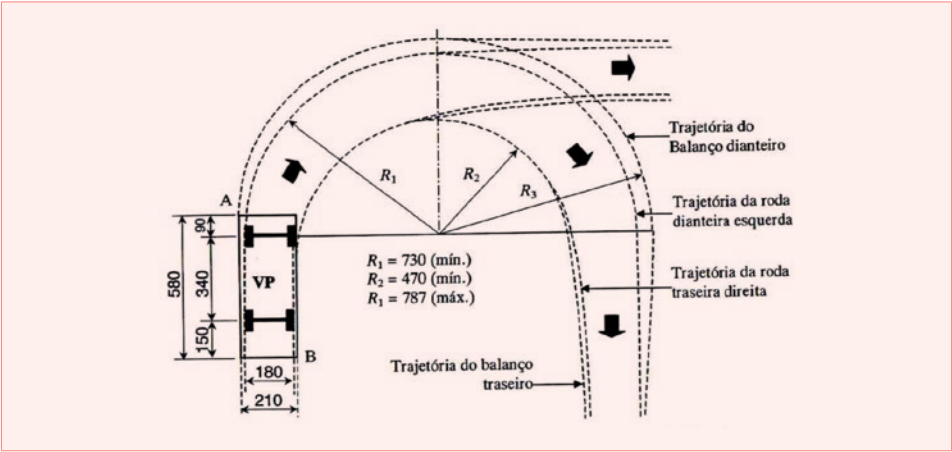


Figura 8-12. Dimensões de veículo de projecto: camião convencional de dois eixos

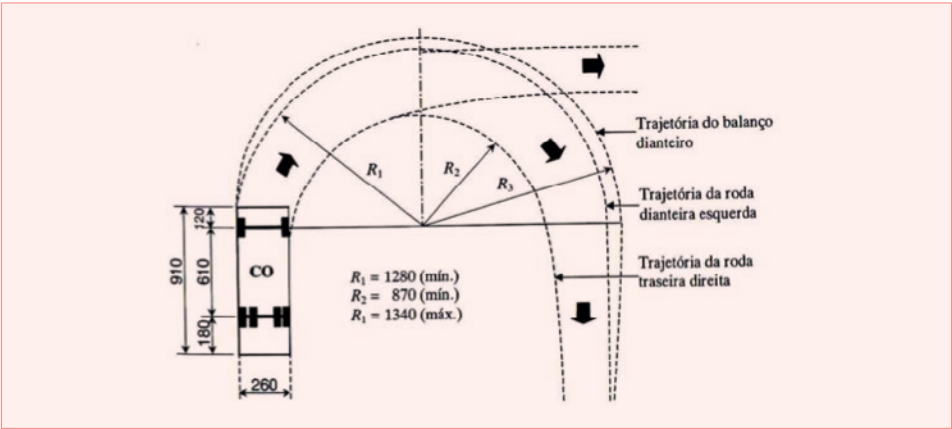


Figura 8-13. Dimensões de veículo de projecto: camião e autocarro longo

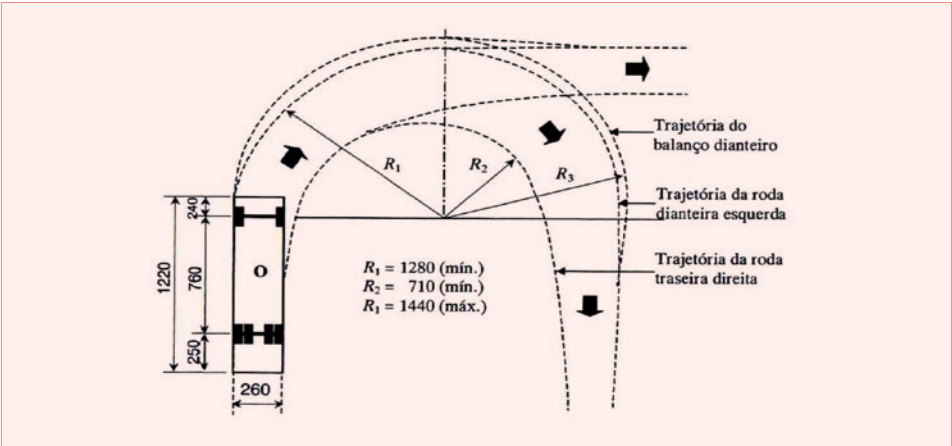
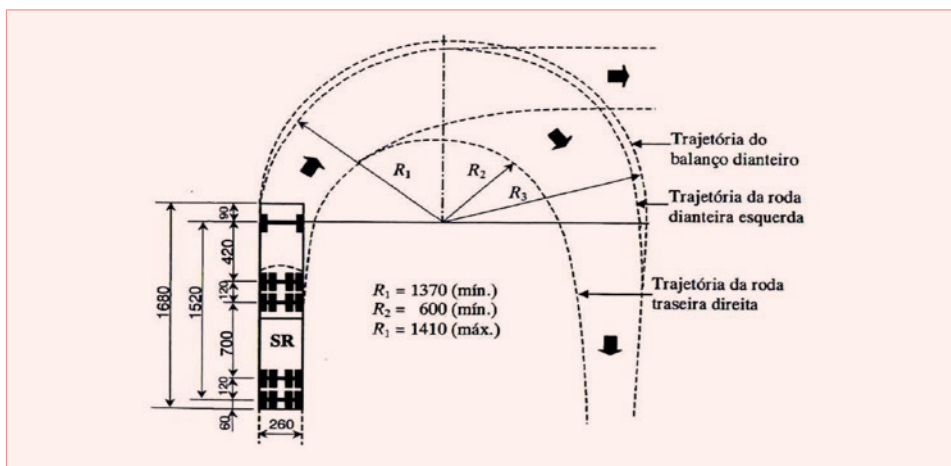


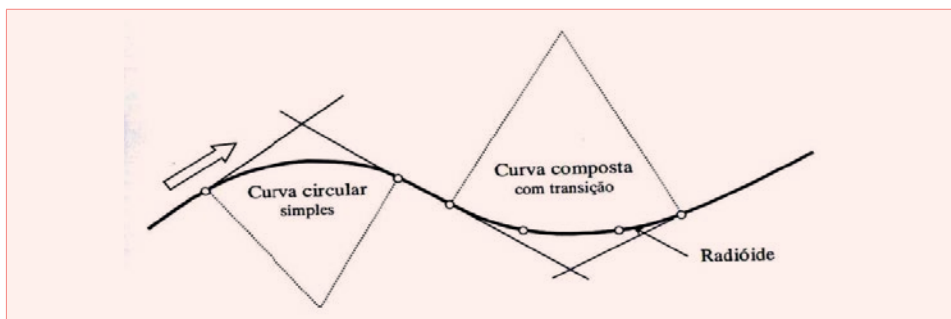
Figura 8-14. Dimensões de veículo de projecto: semi-reboque



8.3. ESTUDO DO ALINHAMENTO HORIZONTAL

O alinhamento horizontal de uma estrada é definido por trechos rectos concordados nos vértices por meio de curvas. As curvas podem ser circulares ou compostas. A Figura 8-15 ilustra estes dois tipos de curvas horizontais.

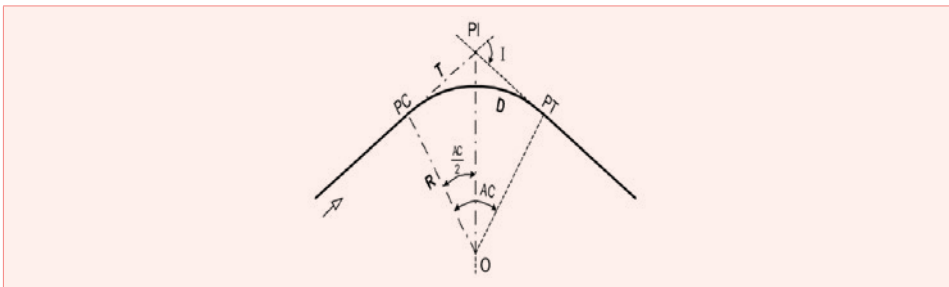
Figura 8-15. Curva circular simples e curva composta com transição



Fonte: Pontes Filho

No contexto deste Guião, tem apenas interesse falar sobre curvas circulares, por serem as mais comuns nas estradas sob jurisdição municipal, cuja composição é indicada na Figura 8-16.

Figura 8-16. Elementos de curva circular simples



Fonte: Shu Han Lee

As denominações dos elementos constituintes de uma curva circular simples e respectivas unidades de medida são as seguintes:

- **PI** – Ponto de Intersecção;
- **PC** – Ponto de Curva, também conhecido por início de curva;
- **PT** – Ponto de Tangente, ou fim da curva;
- **I** – Ângulo de deflexão;
- **AC** – Ângulo central;
- **T** – Tangente externa ou exterior (m);
- **D** – Desenvolvimento ou comprimento da curva circular (m);
- **R** – Raio da curva circular (m);
- **O** – Centro da curva circular.

8.3.1. CRITÉRIOS PARA TRAÇADO DO ALINHAMENTO HORIZONTAL

O alinhamento horizontal de estradas urbanas municipais tem características próprias que, de certo modo, as distingue dos alinhamentos das estradas sob a jurisdição da ANE. Uma dessas características são os raios das curvas que são relativamente pequenos na maioria dos casos. Neste Guião apresentam-se os critérios para o traçado do alinhamento horizontal, tomando como referência a realidade das estradas municipais. Não são aqui apresentadas grandes considerações teóricas sobre a matéria, que podem ser facilmente consultadas na bibliografia.

a) Raios mínimos dos cantos

A maior parte dos cruzamentos das cidades é feito com as ruas dispostas na perpendicular, ou quando enfiadas fazem um ângulo com cerca de 70° , formando um canto. Os raios mínimos dos cantos, também chamados de raios dos lancis, são determinados em função do tipo de veículo de projecto que condicionam os raios de giração, tal como ilustram as Figuras 8-11, 8-12, 8-13 e 8-14 na Subsecção 8.2.3 acima. Na definição dos raios dos cantos, a principal preocupação é garantir que a viragem à esquerda do veículo de projecto seja feita em condições de segurança e conforto. Os cantos das vias urbanas locais são definidas por curvas circulares, podendo ser simples ou compostas, conforme o veículo esperado. Os raios normalmente utilizados, que dependem também do tipo de cruzamento, estão apresentados nas Figuras 8-17 e 8-18.

Figura 8-17. Raio de canto com ângulo igual ou inferior a 75°

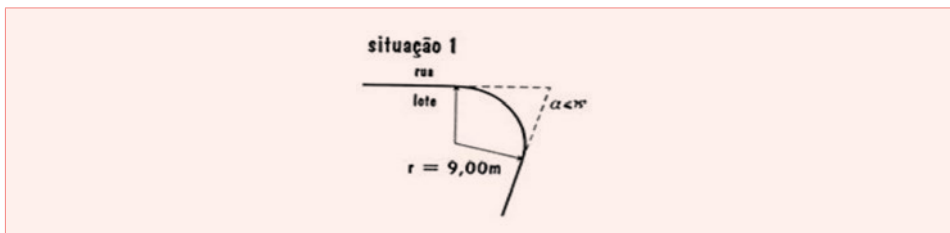
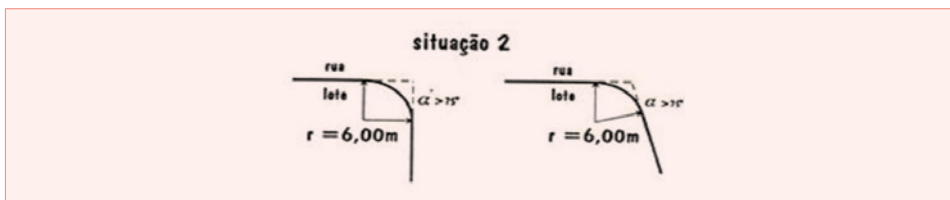


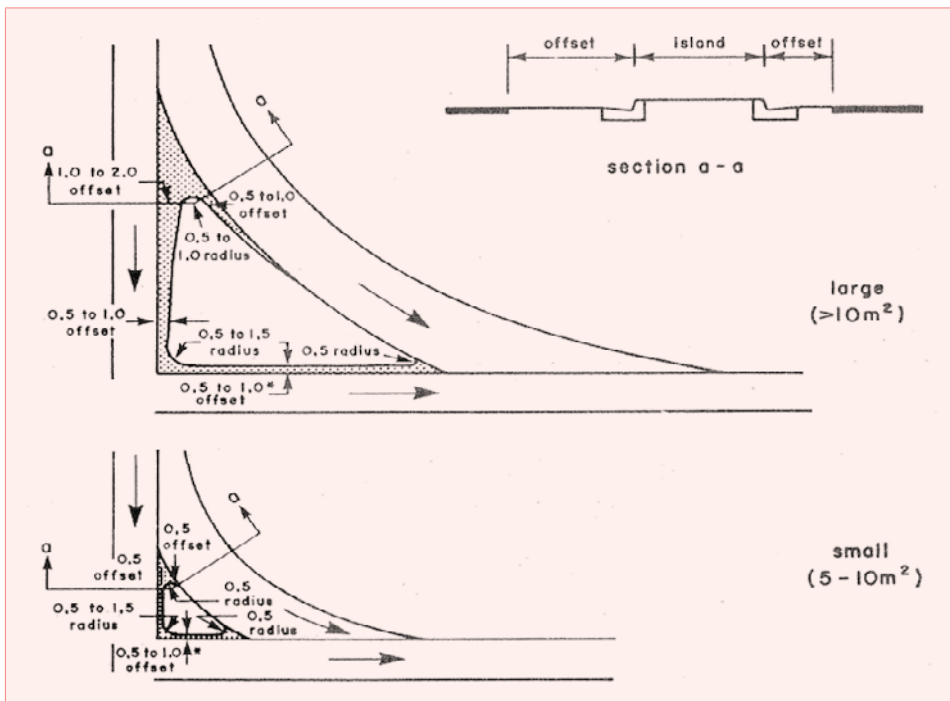
Figura 8-18. Raios de cantos com ângulo superior a 75°



b) Raios das ilhas

Nas vias arteriais e colectoras é normal projectarem-se ilhas que proporcionam uma viragem à esquerda livre. Este conceito é apresentado em detalhe pelo UTG1, cujo resumo está ilustrado na Figura 8-19.

Figura 8-19. Raios e disposições construtivas para ilhas grandes e pequenas



Fonte: UTG1.

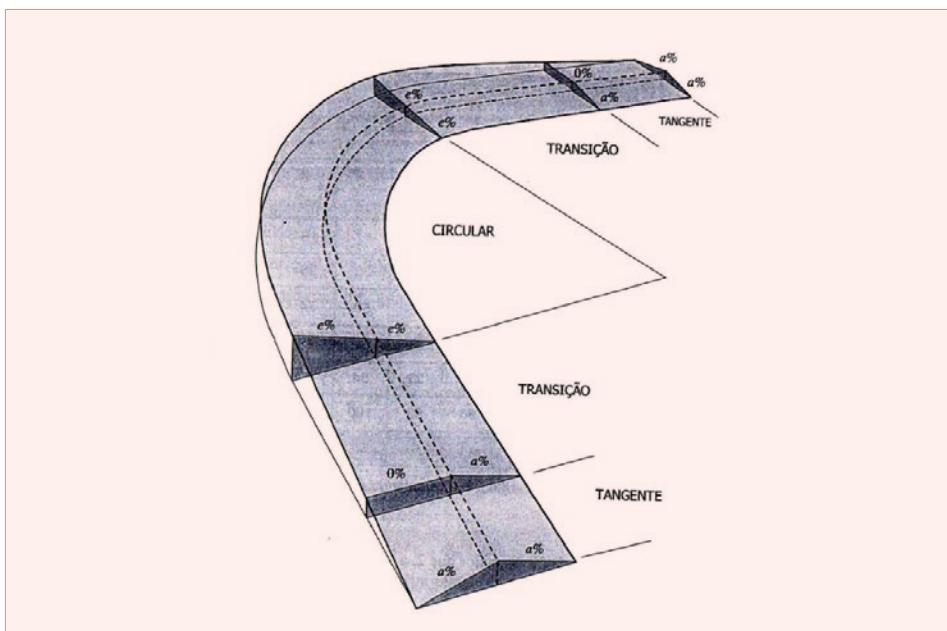
c) Sobrelevação

Dá-se o nome de sobrelevação à declividade transversal de que a estrada é dotada nas curvas, com o objectivo de contrabalançar a actuação da aceleração centrífuga. A Figura 8-20 ilustra o conceito de sobrelevação. Há vários procedimentos que podem ser usados para atingir a transição de um abaulamento normal para a sobrelevação, sendo o mais usado em estradas de baixa velocidade do tráfego a rotação em torno do eixo da estrada. O princípio básico consiste em se atingir uma transição visualmente suave e manter uma drenagem superficial apropriada. Em estradas com uma única inclinação transversal dos trechos rectos, mantém-se o mesmo princípio.

A ANE, através do seu “Design Standards”, recomenda valores de sobrelevação máxima de 8% e mínima de 3% para estradas secundárias e terciárias.

A sobrelevação é um elemento vantajoso para as operações de tráfego, mas a definição de curvas horizontais em ambiente urbano está condicionada a vários factores, tais como a necessidade de compatibilizar cotas de propriedades adjacentes, influência da drenagem superficial, manter velocidades baixas, entre outros. Deste modo, em curvas horizontais urbanas de baixa velocidade, pode manter-se uma sobrelevação mínima, de modo a garantir apenas o escoamento das águas superficiais.

Figura 8-20. Elementos de sobrelevação



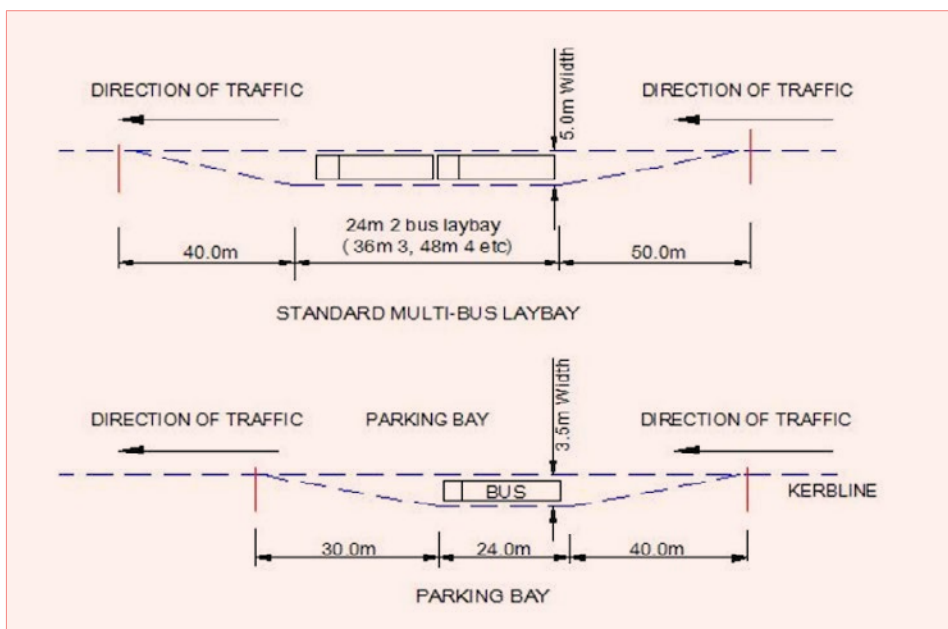
Fonte: Pontes Filho

De acordo com Pontes Filho, o critério de Barnett estabelece os valores $\alpha_1 = 0,25\%$ (1:400) e $\alpha_2 = 0,5\%$ (1:200).

d) Baías para paragem de autocarros

A fim de evitar constrangimentos de tráfego, sempre que não houver limitações de espaço, é aconselhável a construção de baías para a paragem de autocarros, cujas dimensões recomendadas pela ANE são apresentadas na Figura 8-21.

Figura 8-21. Dimensões para paragens de autocarros, veículos múltiplos e veículo singular

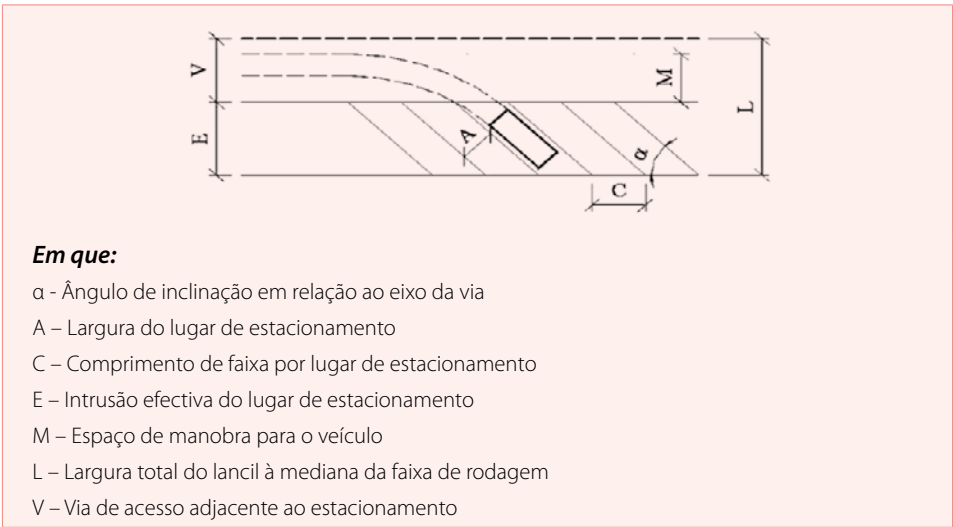


Fonte: ANE – GDM

e) Parques de estacionamento

Com a crescente demanda de estacionamento nos municípios, é recomendável o estabelecimento de regras para o dimensionamento do parque de estacionamento, cujas dimensões são dadas em função do alinhamento dos veículos em relação ao eixo da via de circulação. As dimensões recomendáveis são apresentadas na Tabela 36, que faz referência a Figura 8-22.

Figura 8-22. Parâmetros geométricos de definição de lugares de estacionamento na via pública



Fonte: Barros, J.

Tabela 36. Parâmetros geométricos para dimensionamento de estacionamento

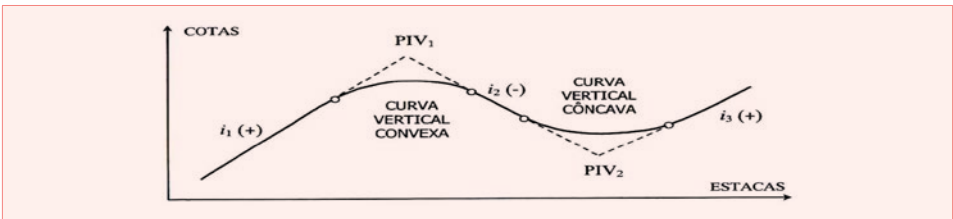
α	A (m)	C (m)	E (m)	M (m)	L (m)
0°	2.0 - 2.3	5.0 - 6.0	2.0 - 2.3	3.0	5.5 - 5.8
30°	2.3 - 2.5	4.6 - 5.0	4.0 - 4.9	2.9	7.5 - 8.4
45°	2.3 - 2.5	3.3 - 3.5	4.5 - 5.6	3.7	8.0 - 9.1
60°	2.3 - 2.5	2.7 - 2.9	5.0 - 6.0	4.6	9.5 - 10.5
90°	2.3 - 2.5	2.3 - 2.5	4.5 - 5.0	5.8	10.5 - 11.0

Fonte: Barros, J

8.3.2. CRITÉRIOS PARA O TRAÇADO DO ALINHAMENTO VERTICAL

O alinhamento vertical, também chamado de rasante de uma estrada, é a combinação de alinhamentos rectos com curvas verticais parabólicas. Os alinhamentos rectos são também conhecidos por trainéis e a sua inclinação por gradientes é normalmente expressa em percentagem. As curvas verticais podem ser côncavas ou convexas, tal como indica a Figura 8-23.

Figura 8-23. Fluxograma para o estudo do traçado transversal. Curvas côncava e convexa de um alinhamento vertical



Fonte: Pontes Filho

A rasante da estrada é definida por linhas de declividade uniforme, que tem como finalidade substituir as irregularidades naturais do terreno, possibilitando o seu uso para fins de projecto. A definição da rasante de uma estrada está condicionada aos elementos por onde a estrada passa tais como:

- topografia existente;
- condições geotécnicas;
- intersecções existentes;
- entradas de propriedade;
- passagens superiores e inferiores;
- acessos para pedestres;
- activos de serviços públicos (e seus requisitos de protecção);
- aberturas medianas.

A estrada deverá estar em concordância, dentro dos limites apropriados, com os níveis destas condicionantes.

Chama-se a atenção dos projectista para não subestimarem o impacto que os cruzamentos de faixas de rodagem de estradas adjacentes, ou que cruzam, podem ter no alinhamento vertical, especialmente ao considerar a drenagem do escoamento superficial.

As folgas verticais, tanto para objectos sobre a estrada, como para oferecer recobrimento a objectos sob a estrada, também são condicionantes verticais e devem ser considerados para toda a secção transversal da estrada. As alterações nos seguintes factores podem influenciar a folga vertical e devem ser verificadas quanto à conformidade com os padrões de folga relevantes do proprietário do activo:

- inclinação transversal ou sobrelevação;
- posição da crista da estrada;
- adição ou remoção de faixas de rodagem;
- ângulo entre a estrada e o objecto.

Para responder às exigências de conforto e segurança dos automobilistas e utentes da estrada e para estar em conformidade com as condicionantes verticais, são definidos critérios para o traçado vertical.

a) Gradientes máximos

A limitação do gradiente no estudo do traçado vertical depende essencialmente da capacidade de resposta do veículo. Contudo, na Tabela 37 são recomendados os seguintes valores em função da velocidade:

Tabela 37. Gradientes máximos recomendados para alinhamentos verticais

Velocidade de projecto (km/h)	Terreno		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
60	6 - 8	7 - 9	9 - 10
80	4 - 6	5 - 7	7 - 9
100	3 - 5	4 - 6	6 - 8
120	3 - 5	4 - 6	-

Fonte: AGRD03

b) Gradientes mínimos

A definição de gradientes mínimos para os alinhamentos verticais deve-se à necessidade de se garantir uma drenagem livre das águas superficiais, a fim de se evitar o efeito de aquaplanagem. O tipo de pavimento deve ser tomado em consideração, porque a humidade vai movimentar ao longo da superfície do pavimento. Os gradientes mínimos recomendados são apresentados na Tabela 38.

Tabela 38. Gradientes mínimos da rasante

Localização	Gradiente mínimo
Estradas com lancis e valas	Ideal = 1.0% Mínimo = 0.5%
Estradas em corte	
Valas revestidas	0.5%
Valas não revestidas	0.3%
Estradas sem lancis e secção não em corte	0%

Fonte: AGRD03

Nos pontos de inflexão das curvas côncavas e convexas é improvável que se consigam os valores de gradientes mínimos, pelo que se recomenda que a inclinação transversal seja de pelo menos 2%.

c) Comprimentos máximos dos trainéis

O comprimento dos trainéis representa um factor importante no desempenho dos veículos. Para os trechos de estradas com gradientes superiores aos apresentados na Tabela 39, deve ser realizada uma análise de risco para identificar os efeitos operacionais e de segurança, a fim de se determinar o tratamento mais apropriado para o pavimento.

Tabela 39. Comprimentos máximos dos trainéis

Gradiente (%)	Comprimento (m)
2 - 3	1800
3 - 4	900
4 - 5	600
5 - 6	450
> 6	300

d) Curvas verticais

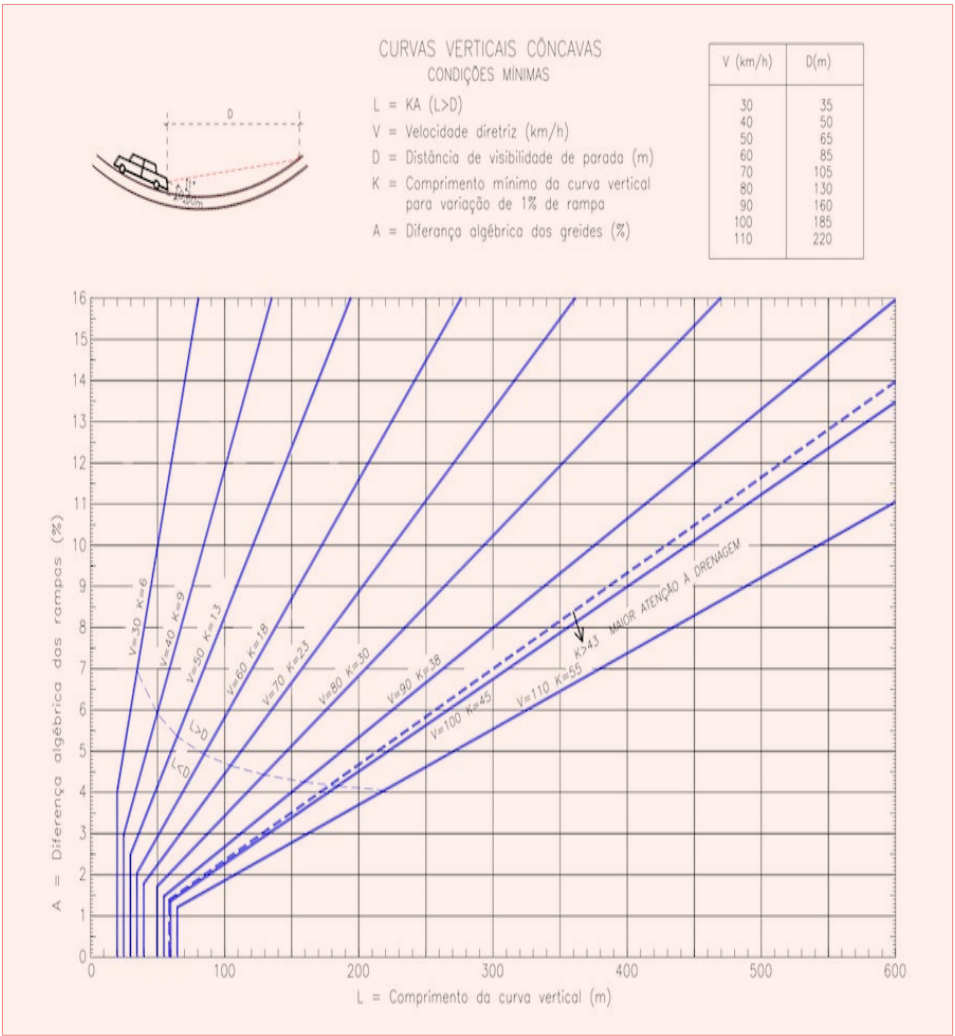
As curvas verticais parabólicas são definidas pelo parâmetro de curvatura K, que traduz a taxa de variação da declividade longitudinal na unidade de comprimento. O comprimento da curva é dado pela expressão geral

$$L = K.A$$

Em que A é a diferença algébrica entre os dois trainéis concordados pela curva vertical.

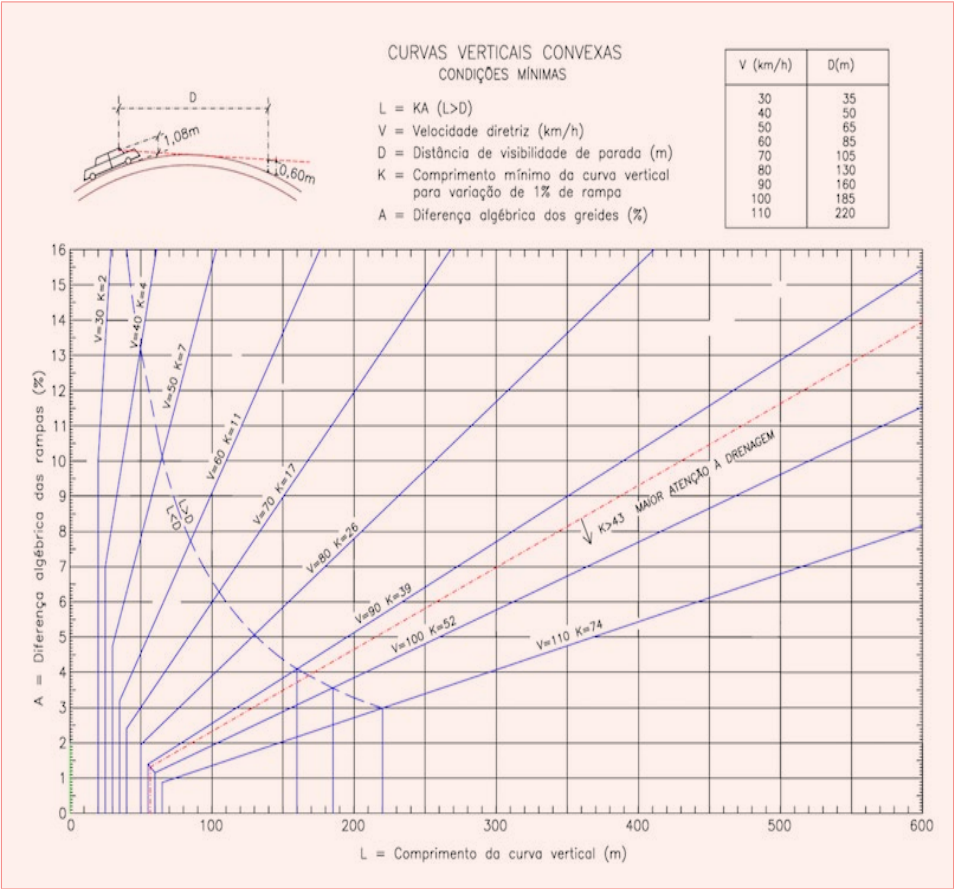
Neste Guião não iremos abordar os pormenores relacionados com a dedução da fórmula, que podem ser consultados na bibliografia de referência. Nas Figuras 8-24 e 8-25 são apresentados os comprimentos mínimos para as curvas côncavas e convexas, respectivamente.

Figura 8-24. Comprimentos mínimos de curvas verticais côncavas



Fonte: DNIT

Figura 8-25. Comprimentos mínimos de curvas verticais côncavas



Fonte: DNIT





DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS

O objectivo do dimensionamento é produzir um pavimento estruturalmente equilibrado que, ao mínimo custo possível, suporte o tráfego durante o período de vida útil no ambiente prevalente, com um nível de serviço aceitável, sem grandes dificuldades estruturais. O pavimento deve poder ser reforçado, caso necessário, através de várias medidas de reabilitação para suportar o tráfego durante todo o período em análise.

As considerações que se fazem no dimensionamento de pavimentos de estradas urbanas da Classe UA e UB (ver anexo G) diferem das estradas da Classe UC e UD, já que estas duas últimas classes estão associadas a estradas de baixo volume de tráfego.

O fluxograma do processo de dimensionamento de estradas da categoria UA e UB está apresentado na Figura 9-1. Por sua vez, o processo de dimensionamento das estradas da categoria UC e UD está apresentado na Figura 9-2.

A grande diferença entre os dois fluxogramas é que para as estradas da categoria UA e UB recomenda-se a realização de uma análise do período de estudo, que é superior ao período de vida útil. Para o caso das estradas da categoria UC e UD fixa-se apenas o período de vida útil. Outro factor a salientar é que para as estradas de categoria UA e UB é possível estimar, com um certo grau de confiança, o tráfego no fim do período de vida útil. O mesmo já não acontece com as estradas da categoria UC e UD, uma vez que o tráfego mais pesado a que elas poderão estar sujeitas será o tráfego durante a construção.

Por analogia, os processos de dimensionamento da estrutura dos pavimentos das estradas da categoria UA e UB são mais complexos do que os da categoria UC e UD.

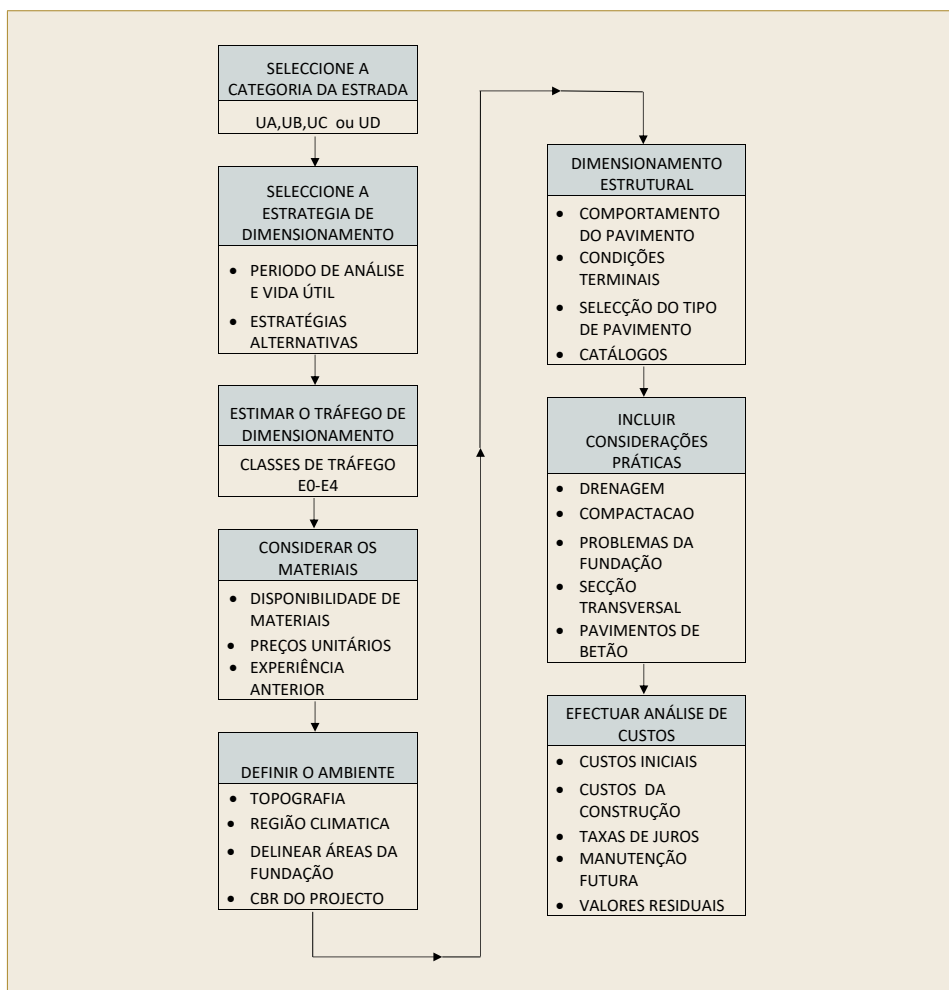
O objectivo essencial desta secção do Guião é apresentar procedimentos para o dimensionamento estrutural de pavimentos. Contudo, o documento não aborda pormenores relacionados com o cálculo, mas faz uma abordagem resumida do método de DCP, desenvolvido para o dimensionamento de estradas de baixo volume de tráfego.

São apresentadas tabelas para o dimensionamento expedito de pavimentos, que constitui uma ferramenta prática para quem se dedica a estes assuntos.

9.1. FLUXOGRAMA PARA O DIMENSIONAMENTO DE ESTRADAS DA CATEGORIA UA E UB

O processo de dimensionamento de estradas com funções Arteriais e Colectoras é apresentado na Figura 9-1.

Figura 9-1. Fluxograma do processo de dimensionamento de estradas da categoria UA e UB

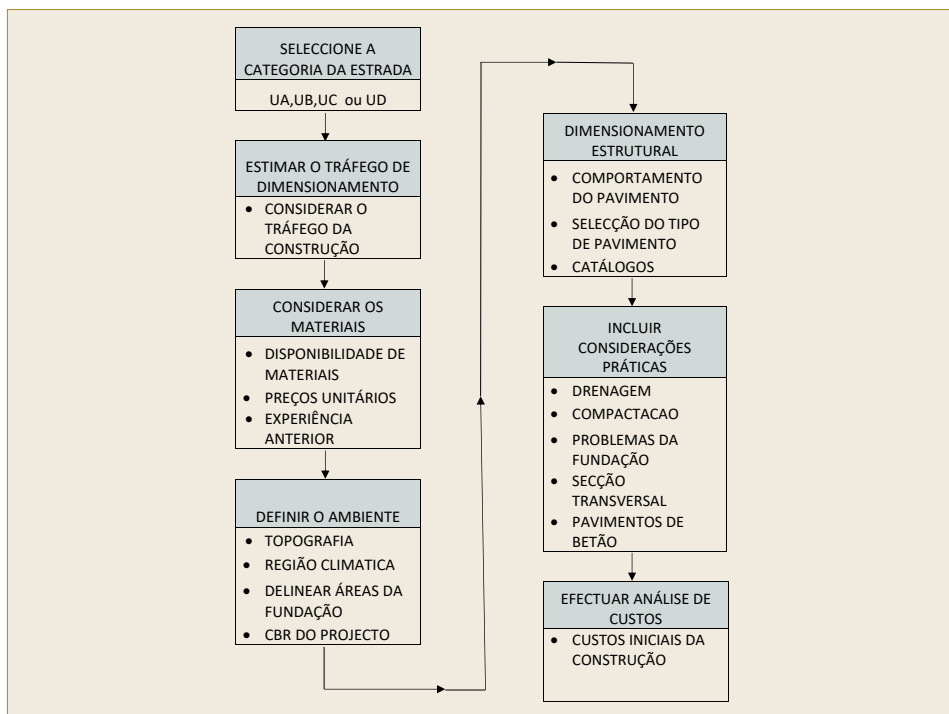


Fonte: UTG3

9.2. FLUXOGRAMA PARA O DIMENSIONAMENTO DE ESTRADAS DA CATEGORIA UC E UD

O processo de dimensionamento de estradas com funções locais é apresentado na Figura 9-2.

Figura 9-2. Fluxograma do processo de dimensionamento de estradas da categoria UC e UD



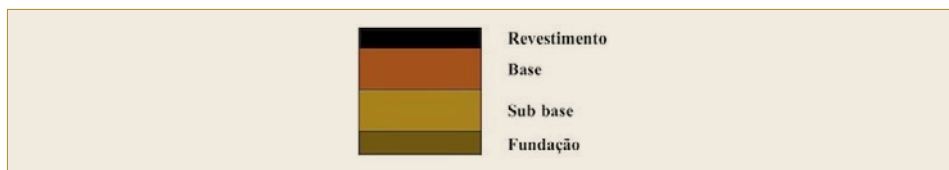
Fonte: UTG3.

9.3. TIPOS DE PAVIMENTO

Quanto ao seu funcionamento, são conhecidos dois tipos de pavimento revestidos: pavimentos flexíveis e pavimentos rígidos.

Os pavimentos flexíveis são constituídos por um revestimento betuminoso e camadas de pavimento, tais como a base, sub-base, camada seleccionada e fundação. Um exemplo da composição de um pavimento flexível está ilustrado na Figura 9-3.

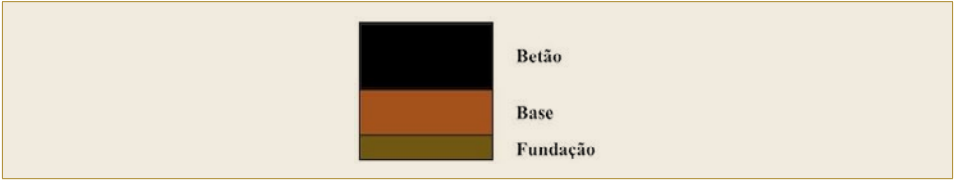
Figura 9-3. Exemplo de estrutura de pavimento flexível



Neste tipo de pavimentos, quando o revestimento é do tipo superficial (simples ou duplo) este não desempenha qualquer função estrutural, apenas funciona com um impermeabilizante. Por outro lado, quando o revestimento é em betão asfáltico já desempenha funções estruturais, absorvendo uma parte das cargas solicitadas.

Os pavimentos rígidos são constituídos por uma camada de revestimento de betão que assenta sobre a base ou sub-base. Neste tipo de pavimento, o revestimento tem uma função estrutural, já que absorve a maior parte das cargas solicitadas. Um exemplo da composição de um pavimento rígido está ilustrado na Figura 9-4.

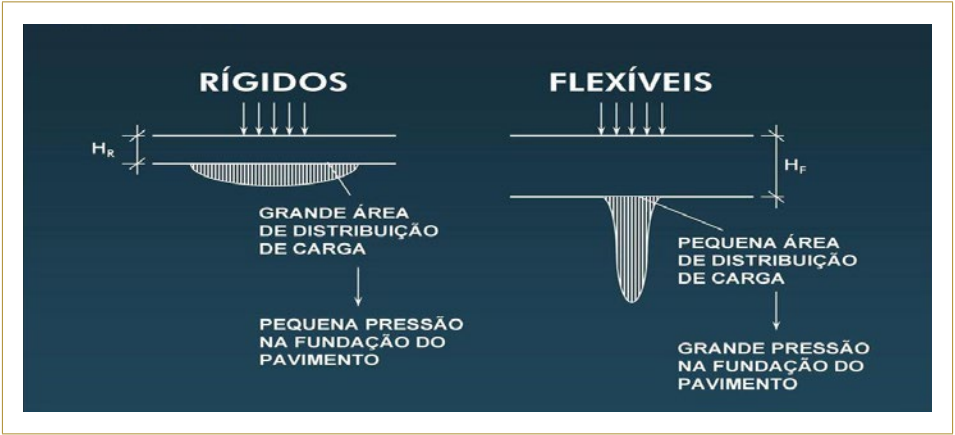
Figura 9-4. Exemplo de estrutura de pavimento rígido



Os pavimentos em blocos pré-fabricados de betão, vulgo pavê, podem ser considerados como sendo semi-rígidos, uma vez que o revestimento tem a capacidade de absorver parte das solicitações a que está sujeito.

A comparação da distribuição de cargas entre pavimentos rígidos e flexíveis equivalentes pode ser visualizada na Figura 9-5.

Figura 9-5. Comparação de distribuição de cargas entre pavimentos equivalentes



Fonte: ABCP

Em que H_R é a estrutura do pavimento rígido e H_F é a estrutura do pavimento flexível.

9.4. TIPOS DE REVESTIMENTO

Por definição, um revestimento é uma camada, tanto quanto possível impermeável, que recebe directamente a acção dos veículos e destinada a melhorar as condições do rolamento quanto ao conforto e segurança, bem como a resistir aos esforços horizontais que nela actuam, tornando mais durável a superfície de rolamento.

A função de um revestimento de um pavimento é:

- fornecer uma superfície segura, económica e durável para qualquer estação climática do ano;
- proteger da humidade as camadas inferiores de um pavimento;
- fornecer características de superfície que reflectam as expectativas da comunidade;
- fornecer uma superfície livre de poeiras;
- prolongar a vida útil do pavimento;
- reduzir custos de operação e manutenção de veículos.

Em Moçambique, são conhecidos os seguintes tipos de revestimento, quanto à sua execução e materiais usados:

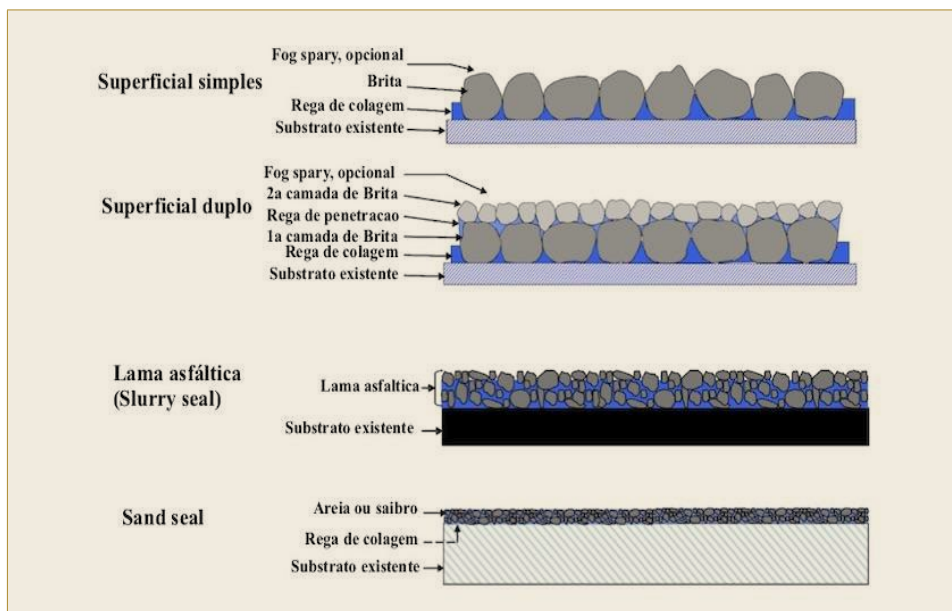
- Revestimentos superficiais;
- Revestimentos betuminosos (betão asfáltico);
- Revestimentos em blocos pré-fabricados de betão (pavê);
- Pavimentos de betão.

9.4.1. TIPOS DE REVESTIMENTO SUPERFICIAIS

Os revestimentos superficiais mais usados em Moçambique estão ilustrados na Figura 9-6, a saber:

- Revestimento superficial simples;
- Revestimento superficial duplo;
- Lama asfáltica (*Slurry seal*);
- *Sand seal*.

Figura 9-6. Revestimentos superficiais simples usados em Moçambique



9.5. MATERIAIS GRANULARES E SUA APLICAÇÃO EM CAMADAS DE PAVIMENTO

Os requisitos para a aplicação de materiais granulares em camadas de pavimento, de acordo com a classificação do TRH14, Secção 5.6.2 acima referida, normalmente usados em projectos de estradas de Moçambique, estão apresentados na Tabela 40.

Tem-se notado na prática que os requisitos constantes na Tabela 40 são muito superiores à qualidade dos materiais disponíveis pelo país fora, salvo algumas excepções. Por isso, a adopção destes requisitos, sem a devida ponderação, faz com que materiais, que em serviço mostraram aptidão para funcionarem como camadas de pavimento, sejam rejeitados. Na realidade, em Moçambique, há uma utilização considerável de solos estabilizados com cimento, quer para a execução de bases, quer para sub-bases.

As estradas urbanas sob jurisdição municipal têm a particularidade de serem de baixo volume de tráfego, com exigências de dimensionamento estrutural muito abaixo das estradas administradas pela ANE, pelo que recomenda-se um estudo sobre materiais disponíveis nos municípios e, conseqüentemente, encoraja-se o uso de soluções alternativas, ou a aplicação ponderada dos critérios prescritos pelo TRH14.

Tabela 40. Requisitos para o uso de materiais granulares em camadas de pavimento

Localização na estrutura do pavimento	Requisitos(De acordo com as especificações SATCC e o TRH14)
Fundação	Não há requisitos sobre granulometria CBR mínimo a densidade no local= 10% (G8); 7% (G9); e 3% (G10) Expansão máxima a 100 % de densidade mod AASHTO = 1.5%
Camada seleccionada (Material de aterro)	CBR saturado mínimo a 93% de densidade mod AASHTO = 25% (G6); 15% (G7); IP não deve exceder 12%; no caso de G6 ou G7 com uma larga fracção de material grosso, um IP superior dos solos finos pode ser aceite. Neste caso o IP pode ser calculado pela formula: IP máximo = 3 x Módulo de granulometria (GM) + 10 Expansão máxima a 100 % de densidade = 1.0% (G6); 1.5% (G7) GM mínimo 1.2 (G6); 0.75 (G7)
Sub base	CBR saturado mínimo = 30% a 95% de densidade mod AASHTO; IP máximo = 10; Expansão máxima a 100 % de densidade = 0.5% (G5); 1.0% (G6); GM mínimo = 1.5 (G5); 1.2 (G6) pode ser autorizado pelo Engenheiro
Base	CBR saturado mínimo = 80% a 98% de densidade mod AASHTO; IP máximo = 6 (G2, G3, G4). Para solo estabilizado não deve exceder 6% após tratamento; Expansão máxima a 100 % de densidade = 0.2% (G2, G3, G4); GM mínimo 2.0 materiais não tratados ou 1.7 se o material tiver que ser estabilizado quimicamente; Retracção linear máxima = 3% (G2, G3, G4)
Berma e camada de desgaste	Quando o saibro importado for diferente do da base, os requisitos para a berma e camada de desgaste devem estar em conformidade com o seguinte: <ul style="list-style-type: none"> ● Tamanho máximo ----- 37.5mm ● Máximo retido no peneiro 37.5mm ----- 0 ● Produto de retracção ----- 100 – 240 ● Coeficiente de granulometria ----- 16 – 34 ● CBR saturado mínimo a 95% densidade mod AASHTO -15% (Produto de retracção = retracção linear x % passada no 0.425 mm) [Coeficiente de granulometria = (% passada no 26.5 mm – % passada no 2.0 mm) x % passada no 4.75mm/100]

Fonte: TRH14

9.6. CLASSIFICAÇÃO DE MATERIAIS GRANULARES ESTABILIZADOS COM CIMENTO

As especificações técnicas referentes aos materiais granulares estabilizados com cimento estão detalhadas no TRH14 e nas Especificações da SATCC. Neste guião, apresenta-se um resumo das considerações feitas no TRH14 e UTG2, como ilustra a Tabela 41.

Tabela 41. Classificação e requisitos para materiais estabilizados com cimento

Tipo	Material	Compressão simples em laboratório aos 7 dias (MPa)	
		100% de compactação Mod AASHTO	97% de compactação Mod AASHTO
C1	Brita de granulometria extensa, cimentada, com propriedades do G2 antes da estabilização	6 a 12	4 a 8
C2	Brita de granulometria extensa ou saibro, cimentada, com propriedades do G2 ou G4 antes da estabilização	3 a 6	2 a 4
C3	Saibro natural, com max dim 63mm	1.5 a 3	1 a 2
C4	Saibro natural, com max dim 63mm	0.75 a 1.5	0.5 a 1

Fonte: adaptado de TRH14 e UTG2

9.7. CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

9.7.1. PERÍODO DE VIDA ÚTIL

O período de vida útil para as diferentes categorias de estradas é apresentado na Tabela 42.

Tabela 42. Período de vida útil para estradas urbanas

Categoria da estrada	Período de vida útil	
	Intervalo	Recomendado
UA	15 - 25	20
UB	10 - 25	20
UC	10 - 30	20

Fonte: UTG3

Para as estradas da categoria UD, pelo facto do volume de tráfego ser muito baixo, não é estabelecido um período de vida útil.

9.7.2. PROFUNDIDADE DO MATERIAL

O termo ‘profundidade do material’ é usado para indicar a profundidade abaixo do nível final da estrada, na qual as características do solo têm um efeito significativo no comportamento do pavimento. Abaixo dessa profundidade, presume-se que a resistência e a densidade dos solos tenham um efeito insignificante no pavimento. A profundidade aproxima-se da cobertura de um solo com CBR de 1 a 2. No entanto, em certos casos especiais, esta profundidade pode ser insuficiente.

A Tabela 43 especifica a profundidade do material usada para determinar o CBR de projecto da fundação para diferentes categorias de estradas.

Tabela 43. Profundidade do material para determinação do CBR de dimensionamento

Categoria da estrada	Profundidade do material (mm)
UA	1 000
UB	800
UC	600
UD	400

Fonte: UTG3

9.7.3. CBR DE DIMENSIONAMENTO

O CBR de dimensionamento é definido pelo CBR da fundação, estando limitado a 5 grupos conforme a Tabela 44.

Tabela 44. Grupos de CBR da fundação usados para o dimensionamento estrutural

Classe do grupo	CBR da fundação
SG1	>15
SG2	7 a 15
SG3	3 a 7
SG4	<3*

Fonte: UTG3

*Requer tratamento especial

O CBR é normalmente determinado após as amostras serem embebidas durante quatro dias. São necessárias medidas especiais se um material com um CBR menor que 3 for encontrado dentro da ‘profundidade do material’. Estas medidas incluem saneamento do material nocivo e substituição por um apropriado, adição de uma cobertura extra por meio de aterro, estabilização mecânica, se os indicadores favorecerem, e, em casos extremos, estabilização química. Após o tratamento do material, será classificado num dos três grupos de subleitos restantes.

9.8. MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO

Existem vários métodos de dimensionamento de estruturas de pavimentos de complexidade variada. Alguns deles são puramente empíricos e outros incorporam alguma medida de racionalidade.

O projectista deve ter sempre em mente as limitações de um método de dimensionamento específico. A maioria dos métodos de dimensionamento puramente empíricos foram desenvolvidos a partir de dados em que a capacidade de suporte do projecto não excedia 10 a 12 milhões de eixos padrão. Os métodos de projecto puramente empíricos também são limitados na sua aplicação a condições semelhantes àsquelas para as quais foram desenvolvidos. Assim, o projectista deve fazer uma avaliação crítica da aplicabilidade do método ao seu problema específico.

9.8.1. MÉTODO CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)

O método de dimensionamento *California Bearing Ratio (CBR)* foi desenvolvido na década de 1950 a partir de dados empíricos (Yoder e Witczak, 1975). O método é baseado na abordagem de protecção da fundação, fornecendo cobertura adequada de resistência suficiente para proteger a fundação do carregamento do tráfego. Os gráficos de dimensionamento de CBR foram desenvolvidos para diferentes CBR do leito e cargas de tráfego. A aplicabilidade deste método deve ser avaliada criticamente antes de ser aplicada às condições ambientais e de tráfego locais.

9.8.2. MÉTODO DA AASHTO

O método da AASHTO de dimensionamento de estruturas de pavimentos é um guião que fornece ao projectista um conjunto abrangente de procedimentos para projectos novos e de reabilitação, e proporciona um bom histórico para o dimensionamento de pavimentos (AASHTO 1993). O método baseia-se em directrizes empíricas que foram desenvolvidas principalmente a partir dos resultados do Teste de Estrada da AASHTO, realizado no final da década de 1950 e no início da década de 1960.

Embora alguns *softwares* baseados nos procedimentos do método da AASHTO estejam disponíveis comercialmente, o procedimento pode ser aplicado manualmente.

9.8.3. MÉTODO MECANÍSTICO SUL-AFRICANO

O Método Mecanístico de Dimensionamento da África do Sul (SAMDM) foi desenvolvido na África de Sul e é um dos métodos de dimensionamento mecanístico-empírico mais abrangentes do mundo. Este método é baseado na teoria elástica linear para determinar tensões e deformações teóricas em diferentes posições nas camadas do pavimento (Theyse *et al*, 1995; TRH4; Freeme *et al*, 1982; Walker *et al*, 1977).

O método é aplicável a uma ampla variedade de materiais e tipos de pavimento. A maioria das opções de dimensionamento fornecidas no Catálogo é baseada neste método e incorpora uma confiabilidade de dimensionamento apropriada para cada estrutura de pavimento dada.

Este método pode ser usado com muita eficácia em projectos novos e de reabilitação. É necessário algum conhecimento das propriedades elásticas dos materiais e é recomendável ter-se experiência neste sentido. Testes de campo como os ensaios de DCP e o Deflectómetro de Queda de Peso (FWD) podem ser usados para determinar alguns parâmetros de entrada.

Para o uso eficaz deste método é essencial ter-se acesso a um computador e *software* apropriado, bem como à análise dos resultados dos testes de DCP e FWD.

Os catálogos de dimensionamento estão publicados na África de Sul em três manuais:

- *Draft UTG2. Structural design of segmental block pavements for Southern Africa;*
- *Guidelines for the Provision of Engineering Services in Residential Townships;*
- *TRH 4: Structural design of inter-urban and rural road pavements.*

Um exemplar deste catálogo é apresentado no anexo G.

9.8.4. MÉTODO DE DCP

O método de dimensionamento de DCP (Cone de Penetração Dinâmica) foi desenvolvido na África de Sul durante a década de 1970. O método original foi baseado no método CBR e posteriormente correlacionado com os resultados dos testes do simulador de veículo pesado (HVS). Este método, ao contrário dos tradicionalmente conhecidos, toma como referência a penetração do DCP no solo como o principal parâmetro de dimensionamento, facilitando o uso dos solos locais e tornando, deste modo, menos onerosos os pavimentos de baixo volume de tráfego.

A análise dos resultados dos ensaios de DCP pode ser efectuada usando o *software WinDCP*, desenvolvido pelo CSIR da África de Sul, para o Dimensionamento de Estradas com Baixo Volume, aperfeiçoado pela AFCAP. A bibliografia de referência é o *Design Manual for Low Volume Sealed Roads Using DCP Method*, editada pelo Ministério dos Transportes e Obras Públicas do Malawi, 2013, produzido pelo Engº M. Pinard para a AFCAP.

O método de dimensionamento de DCP, dada a sua versatilidade e confiabilidade, pode ser uma ferramenta de referência para o dimensionamento de estradas municipais. Por isso, como nota introdutória, são apresentadas no **Anexo F** as condições básicas da sua metodologia.

9.9. DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS DE PAVÊ

O uso de pavimentos executados com blocos pré-fabricados de betão, vulgo pavê, tem estado a ser divulgado nos municípios de Moçambique. A vantagem do uso deste tipo de pavimento é que estes, quando bem executados, não necessitam de manutenção, apesar de acarretarem custos de execução relativamente altos. Constatou-se existirem experiências diversificadas do ponto de vista do desempenho destes pavimentos, algumas positivas e outras bastante negativas. Neste último caso, há pavimentos com deformações excessivas e outros apresentam desgaste superficial precoce por abrasão.

Por ser um pavimento resiliente e poder ser executado com recurso a mão-de-obra intensiva, sem necessidade de dispor de um grande número de pessoal qualificado, esta pode ser uma opção a considerar na pavimentação de estradas urbanas municipais. A fim de colmatar o défice que se verifica na aplicação de critérios padronizados para a execução de estradas municipais em pavê, são apresentados, nesta secção, métodos de dimensionamento e especificações técnicas para este tipo de pavimento. As informações e directrizes aqui contidas resultam de trabalhos desenvolvidos pela “Concrete Manufacturers Association” (CMA), pelo “Committee of Urban Transport Authorities” (UTG), ambos da África de Sul, pela “Concrete Masonry Association of Australia” (CMAA) e pela “American Society of Civil Engineers” (ASCE).

9.10. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA BLOCOS DE PAVIMENTO

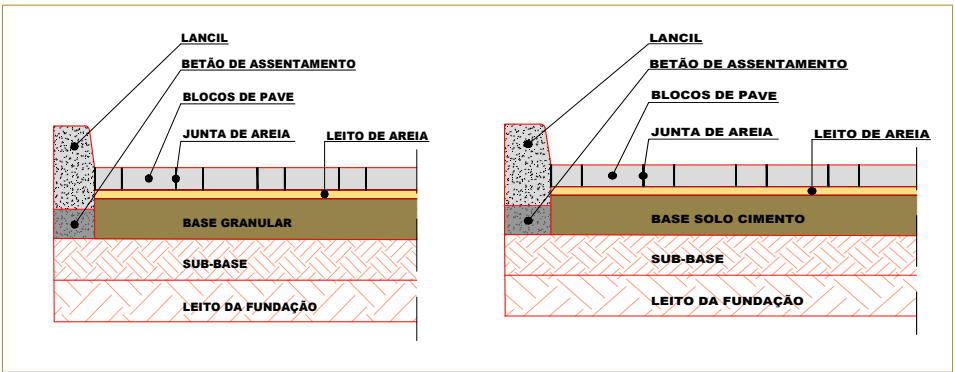
Devido à importância dos blocos de pavê no contexto de estradas municipais e ao facto de não existirem no país especificações técnicas oficiais deste tipo de material ou pavimento, considera-se oportuno incluir neste Guião elementos técnicos recolhidos da bibliografia que podem constituir informações para a criação de uma norma específica para pavimentos de blocos pré-fabricados de betão. No âmbito desta consultoria, as especificações aqui incluídas são directrizes para este tipo de pavimentos.

9.10.1. ESTRUTURA DOS PAVIMENTOS

Vão ser considerados dois casos de estrutura de pavimento: um com a base e sub-base em material granular, Figura 9-7, e o outro com a base em solo estabilizado quimicamente, Figura 9-8. No entanto, é normal encontrar-se na bibliografia a definição de base como a camada superficial de blocos de betão, e em sequência o leito de areia, a sub-base e o leito da fundação (UTG2).

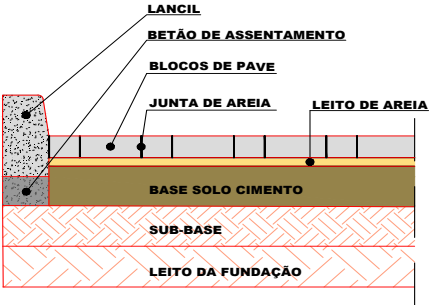
Base e sub-base em material granular

Figura 9-7. Estrutura de pavimento de blocos com base granular



Base em solo-cimento

Figura 9-8. Estrutura de pavimento de blocos com base de solo-cimento



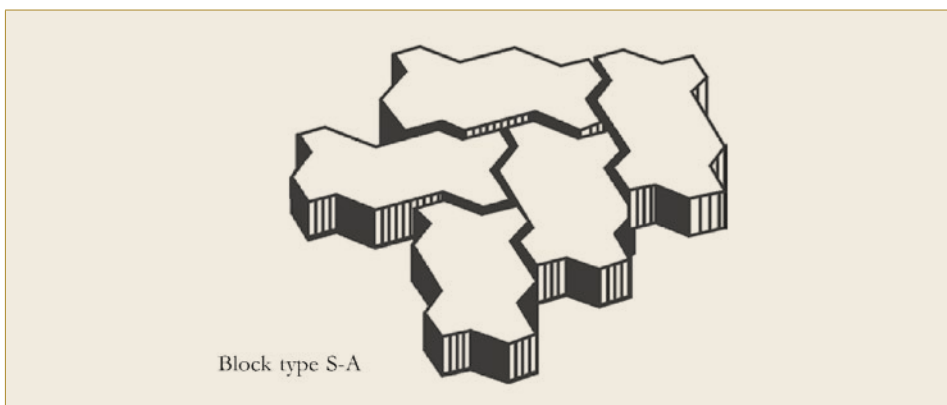
9.10.2. FORMA DOS BLOCOS PAVÊ

De acordo com o CMA e com a experiência local, os blocos de pavê de maior aplicação em estradas têm normalmente as formas geométricas apresentadas nas Figuras 9-9, 9-10 e 9-11. Por uma questão de uniformização da classificação dos blocos de pavê na região da SADCC, recomenda-se a adopção da classificação usada na África do Sul, conforme ilustrado nas respectivas figuras.

Blocos de pavê da classe S-A

Este é um tipo de blocos que permite uma interligação geométrica entre todas as faces verticais ou lados de elementos adjacentes, como ilustra a Figura 9-9.

Figura 9-9. Blocos de pavê do tipo S-A

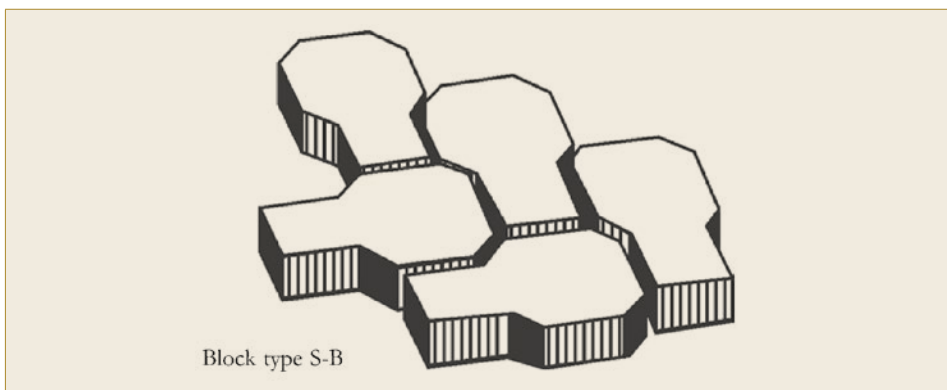


Fonte: CMA

Blocos de pavê da classe S-B

Este é um tipo de blocos que permite a interligação geométrica entre algumas faces verticais de elementos adjacentes, como ilustra a Figura 9-10.

Figura 9-10. Blocos de pavê do tipo S-B

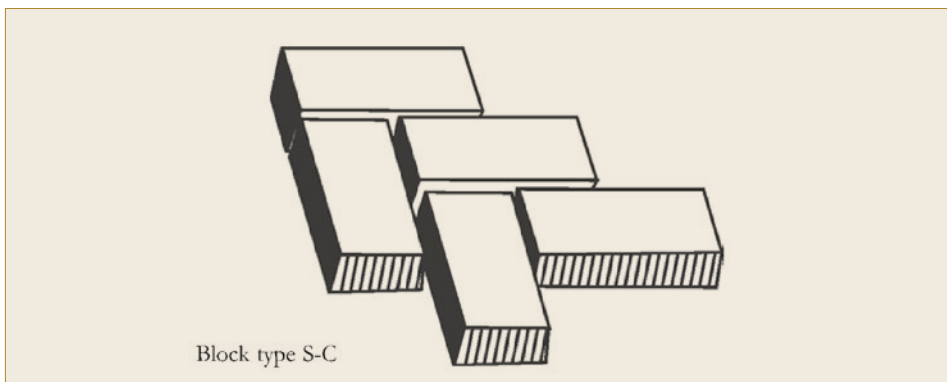


Fonte: CMA

Blocos de pavê da classe S-C

Este é um tipo de blocos que não permite a interligação geométrica entre quaisquer faces verticais ou lados de elementos adjacentes, como ilustra a Figura 9-11.

Figura 9-11. Blocos de pavê do tipo S-C



Fonte: CMA

9.10.3. RESISTÊNCIA

A capacidade de carga dos blocos de pavê é definida pela sua resistência à compressão simples, determinada em regime saturado. No caso de Moçambique e à semelhança da África do Sul, a resistência especificada é de 25 MPa, que é significativamente mais alta do que a resistência de tijolos maciços (7 MPa). A principal razão é garantir que os blocos de pavimento tenham uma resistência adequada às solicitações do tráfego e à abrasão causada pelo trânsito de veículos e de peões. A resistência de 25 MPa é a média de um lote testado, mas nenhum valor individual deve ser igual ou inferior a 20MPa.

Para pavimentos especiais podem ser consideradas resistências à compressão superiores, tais como 30 MPa, 35 Mpa, 50 Mpa, dependendo dos casos.

A resistência à compressão é dada pela seguinte expressão, Humpola *et al*:

$$C = \left(\frac{W}{A}\right) \cdot \left(\frac{5}{\sqrt{A} / (H+1.87)}\right)$$

Em que:

C = Resistência à compressão simples (MPa)

W = Carga de ruptura (N)

A = Área da superfície, mm²

H = Espessura, mm

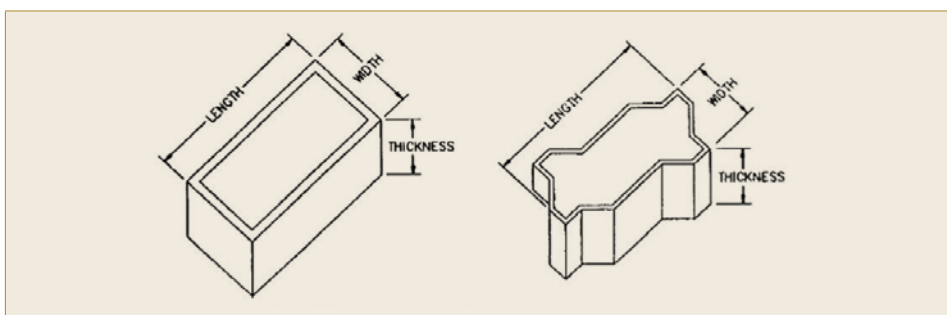
9.10.4. AMOSTRAS

De acordo com a norma ASTM C 140-3 (*Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units*), devem ser recolhidos 6 exemplares por cada lote de 10.000 blocos de pavimento ou fracções seguintes, 12 exemplares por cada lote acima de 10.000 unidades, mas inferior a 100.000. Para lotes acima de 100.000 unidades, considerar 6 exemplares por cada fracção de 50.000.

9.10.5. DIMENSÕES

As dimensões dos blocos de pavimento, espessura, comprimento e largura, são medidas de acordo com o exemplificado na Figura 9-12.

Figura 9-12. Modo de determinar as dimensões de blocos de pavimento



Fonte: ASCE Standard 58-16

De acordo com as Norma ASTM C 936-82, as dimensões da superfície não devem ser superiores a 160mm na largura e 240mm no comprimento.

Quanto à espessura, esta norma estabelece que, para o tráfego de veículos, a relação entre o comprimento e a espessura de um bloco deve ser inferior ou igual a 3, e que a espessura mínima deve ser 80mm. Em Mocimboa do Castelo é normal usarem-se blocos de 60mm para passeios pedonais e os de 80mm para pavimentos sujeitos ao tráfego de veículos.

Recomenda-se que as medidas da superfície sejam tiradas por meio de uma régua de aço.

9.10.6. TOLERÂNCIAS NAS DIMENSÕES

É importante que os blocos tenham as dimensões especificadas para que se consiga um acabamento superficial suave e uma boa ligação entre eles. Por isso, as tolerâncias admissíveis são de ± 2 mm para as dimensões em planas e ± 3 mm para a espessura (CMA).

9.10.7. AREIA PARA O LEITO

Com o objectivo de providenciar um leito uniforme para os blocos, deve ser executado um leito de areia com cerca de 25 ± 10 mm de espessura após compactação. Esta camada é colocada solta e os blocos são compactados contra ela, resultando na subida da areia para as juntas entre os blocos.

Quanto à granulometria, segundo a experiência em Moçambique, a areia grossa lavada do rio tem dado resultados positivos. Contudo, recomenda-se o uso dos fusos granulométricos indicados na Tabela 45, quando testada de acordo com os peneiros da ASTM C33 e CSA A23.1 FA1.

Não é permitido o uso da areia das juntas no leito.

Tabela 45. Granulometria para o leito de areia

Gradation for Bedding Sand			
ASTM C33		CSA A23.1 FA1	
Sieve Size	Percent Passing	Sieve Size	Percent Passing
3/8 in. (9.5 mm)	100	10.0 mm	100
No. 4 (4.75 mm)	95 to 100	5.0 mm	95 to 100
No. 8 (2.36 mm)	80 to 100	2.5 mm	80 to 100
No. 16 (1.18 mm)	50 to 85	1.25 mm	50 to 90
No. 30 (0.6 mm)	25 to 60	630 µm	25 to 65
No. 50 (0.3 mm)	5 to 30	315 µm	10 to 35
No. 100 (0.15 mm)	0 to 10	160 µm	2 to 10
No. 200 (0.075 mm)	0 to 1	80 µm	0 to 1

Fonte: ICPI Tech Spec 4

9.10.8. AREIA PARA AS JUNTAS VERTICAIS

A areia para as juntas verticais, quando testada de acordo com os peneiros da ASTM C144 e CSA A179, deve ter as granulometrias indicadas na Tabela 46.

A areia deverá estar seca quando for espalhada e deverá ser coberta quando armazenada em obra para evitar o contacto com a água da chuva.

O material de enchimento das juntas deverá estar livre de elementos nocivos, tais como sais solúveis e outros contaminantes.

Tabela 46. Granulometrias recomendadas para areia das junta

Gradation for Joint Sand			
ASTM C33		CSA A23.1 FA1	
Sieve Size	Percent Passing	Sieve Size	Percent Passing
No. 4 (4.75 mm)	100	5.0 mm	100
No. 8 (2.36 mm)	95 to 100	2.5 mm	90 to 100
No. 16 (1.18 mm)	70 to 100	1.25 mm	85 to 100
No. 30 (0.6 mm)	40 to 75	630 µm	65 to 95
No. 50 (0.3 mm)	10 to 35	315 µm	15 to 80
No. 100 (0.15 mm)	2 to 15	160 µm	0 to 35
No. 200 (0.075 mm)	0 to 5	80 µm	0 to 10

Fonte: ICPI Tech Spec 9

9.10.9. BASES E SUB-BASES DE MATERIAL GRANULAR

As bases e sub-bases de material granular devem estar em conformidade com os requisitos do TRH14, indicados na Tabela 40, na Secção 9.5 acima. Contudo, o ICPI recomenda também o uso dos materiais com as granulometrias indicadas na Tabela 47, a seguir.

Tabela 47. Granulometria para bases e sub-bases de material granular

Sieve Size (square openings)	Design Range* (Mass Percentages Passing)		Job Mix Tolerances* (Mass Percentages Passing)	
	Bases	Subbases	Bases	Subbases
2 in. (50 mm)	100	100	– 2	– 3
1 3/8 in. (37.5 mm)	95 to 100	90 to 100	± 5	+ 5
3/4 in. (19 mm)	70 to 92		± 8	
3/8 in. (9.5 mm)	50 to 70		± 8	
No. 4 (4.75 mm)	35 to 55	30 to 60	± 8	± 10
No. 30 (0.600 mm)	12 to 25		± 5	
No. 200 (0.075 mm)	0 to 8**	0 to 12**	± 3	± 5

Fonte: ICPI Tech Spec 9

* Seleccione o fuso granulométrico da camada do pavimento tendo em consideração a disponibilidade de materiais e os requisitos de serviço do projecto. Contudo, não são proibidas granulometrias fora do fuso especificado, desde que estejam dentro das tolerâncias indicadas.

** Determinar por peneiração húmida. Onde as condições ambientais locais (temperatura e disponibilidade de humidade livre) indicarem que, para evitar danos por acção do gelo, é necessário que as percentagens mais baixas passem pelo peneiro nº 200 (0,075 mm) do que o permitido na Tabela 68, devem ser usadas as percentagens mais baixas especificadas. Quando especificado, o material com diâmetro menor que 0,020 mm não deve exceder 3% em massa.

9.10.10. SELECÇÃO DO TIPO DE PAVÊ E TEXTURA

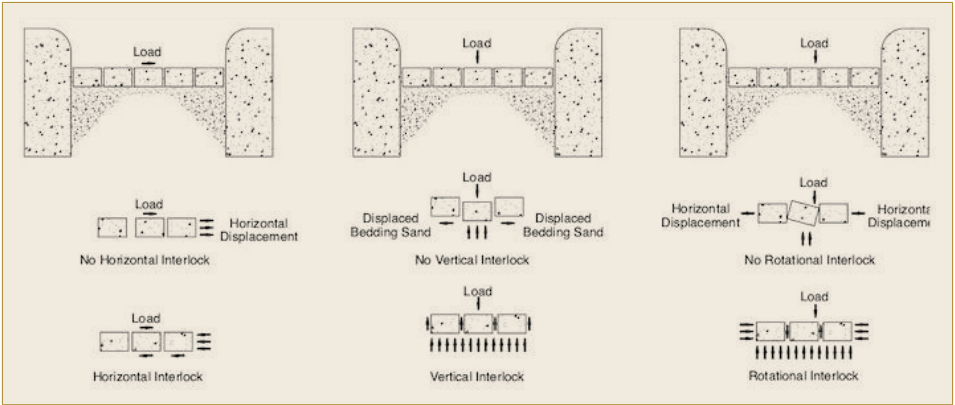
Para uma melhor percepção do funcionamento de um pavimento de pavê é importante tecer algumas considerações sobre o conceito de interligação ou encaixe, traduzido da expressão técnica “interlock”. A interligação é a falta de mobilidade que um bloco de pavê oferece em relação a outro, sendo uma propriedade crítica no desempenho estrutural desde tipo de pavimentos. Segundo o ICPI, quando dimensionamos ou construímos um pavimento de pavê, devem ser garantidos três tipos de interligação: vertical, rotacional e horizontal, conforme ilustrados na Figura 9-13.

A interligação vertical é conseguida por atrito, pela transferência de cargas entre elementos adjacentes através da areia nas juntas.

A interligação rotacional é mantida por os blocos de pavê terem uma espessura suficiente, estarem em conformidade com a textura recomendada e tolerâncias admissíveis, colocados juntos uns dos outros, e travados das forças laterais dos pneus através de lancis. A interligação rotacional também é conseguida se o pavimento for abaulado, permitindo que a superfície ganhe rigidez e desenvolva encaixes quando o pavimento estiver sujeito a cargas dos veículos.

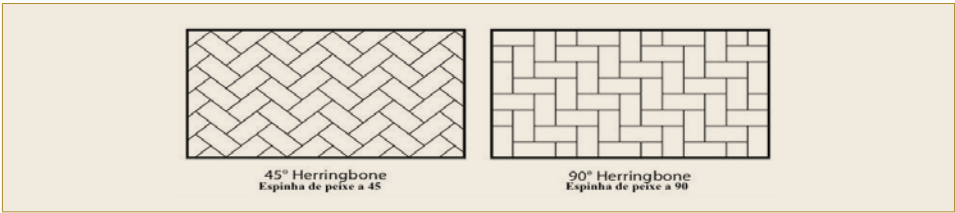
A interligação horizontal é primeiramente conseguida pelo uso de texturas que dispersam as forças provenientes de travagens, mudanças de direcção e aceleração de veículos. A textura do tipo espinha de peixe, ver Figura 9-14, é a mais recomendada para manter a interligação. Este tipo de textura foi testada e demonstrou grande capacidade de resistência aos movimentos laterais quando comparada com outros tipos de textura, sendo a recomendada para pavimentos sujeitos a tráfego de veículos.

Figura 9-13. Funcionamento da interligação de bloco de pavê



Fonte: ICPI, Tech Spec 4

Figura 9-14. Texturas para assentamento de blocos de pavê sujeitos a tráfego de veículos



Fonte: ICPI, Tech Spec 4

9.10.II. INCLINAÇÕES TRANSVERSAIS E LONGITUDINAIS

Relativamente a estradas, recomenda-se que a pendente longitudinal de um pavimento de blocos de pavê seja no mínimo de 1% e que a inclinação transversal mínima seja de 2%.

9.II. COMPARAÇÃO ENTRE REVESTIMENTOS DE PAVIMENTO

Um sumário comparativo entre revestimentos superficiais, revestimento em betão asfáltico e revestimento em pavê é ilustrado na Tabela 48. Estas notas comparativas podem ser úteis para a tomada de decisão quanto ao revestimento a escolher para um determinado projecto de estradas.

Tabela 48. Comparação entre revestimentos de pavimentos

Revestimentos superficiais	Revestimento em betão asfáltico	Revestimento em pavê
Por terem uma espessura fina, a superfície do pavimento acompanhara todas as deformações da base	As deformações resultantes da execução da base podem ser corrigidas durante a execução da camada de asfalto	As deformações resultantes da execução da base podem ser corrigidas durante a execução do leito de areia
Ao fim de 5 anos começam a surgir sinais de defeitos no pavimento, requerendo manutenção efectiva	Quando bem executados, os defeitos começam a surgir ao fim de 10 anos	Quando bem executados, estes pavimentos podem ter uma vida útil superior 20 anos sem a necessidade de grandes manutenções. Em regiões húmidas, quando não mantidos, pode surgir vegetação e musgo nas juntas
A correcção de defeitos exige treinamento do pessoal e supervisão adequada	A correcção de defeitos exige treinamento do pessoal e supervisão adequada	Os blocos quando não danificados podem ser reutilizados durante a correcção de defeitos
Desempenham apenas a função de impermeabilização, não tendo nenhuma função estrutural	Desempenham também função estrutural no pavimento, sendo adequado para tráfego pesado	Desempenham também função estrutural no pavimento, contribuindo para a redução da espessura das camadas do pavimento
Relativamente rápidos de executar, mas exigem equipamento e pessoal qualificado	Relativamente rápidos de executar, mas exigem equipamento e pessoal qualificado	Relativamente menos rápidos a executar, mas não exigem pessoal qualificado nem equipamento pesado. Exigem, sim, travamento lateral por meio de lancis
Custos iniciais relativamente baixos	Os custos iniciais serão agravados se for necessário uma mobilização específica da central de betão asfáltico	Os custos iniciais são relativamente altos, podendo ser agravados pela não existência de um fabricante de pavê na área da obra
Não resistem aos derrames de combustível e a outros produtos químicos	Não resistem aos derrames de combustível e a outros produtos químicos	São resistentes aos derrames de combustíveis e a outros produtos químicos

9.12. ESTRADAS NÃO REVESTIDAS

Como já se fez referência, as estradas não revestidas constituem a maior extensão da rede de estradas municipais de Moçambique, pelo que é oportuno que se faça uma abordagem específica sobre este tema no Guião. De acordo com o Decreto-Lei n.º 1/2011 que aprova o Código da Estrada, e as definições da ANE, as estradas não pavimentadas podem ser divididas em:

Caminho – Via pública especialmente destinada ao trânsito local em zonas rurais. São caracterizadas por trilhos, normalmente rodeados por vegetação. Nos municípios é normal encontrar-se este tipo de vias em zonas não urbanizadas e são de surgimento espontâneo.

Estrada de terra natural – Estrada com a superfície em solo local. Nos municípios resultam do melhoramento de caminhos, ou de vias de acesso abertas por niveladoras, sem nenhuma compactação por meios mecânicos.

Estrada terraplanada – Estrada com uma camada superficial de desgaste. Nos municípios, este tipo de estrada resulta normalmente do melhoramento de estradas de terra natural, ou executadas de raiz. A camada de desgaste é estabilizada mecanicamente, sendo habitualmente de material importado (saibro).

De um modo geral, nos municípios existe uma ligação entre os três tipos de estradas não pavimentadas acima descritas, já que, normalmente, os caminhos evoluem para a condição de estradas de terra natural e estas para estradas terraplanadas. Entretanto, há casos em que numa nova urbanização são logo construídas vias de acesso terraplanadas.

Esta secção é dedicada particularmente ao dimensionamento de estradas terraplanadas municipais.

9.12.1. GEOMETRIA

Partindo do princípio de que uma boa extensão das vias de acesso terraplanadas nos municípios vai ser transformada em estradas pavimentadas, recomenda-se que o traçado geométrico seja de acordo com o especificado na Secção 7 deste Guião.

9.12.2. ESTRUTURA DO PAVIMENTO

As vias de acesso terraplanadas municipais enquadram-se na categoria de estradas de baixo volume de tráfego (não pavimentadas). Na maior parte dos casos, são constituídas por uma camada de desgaste executada sobre solo natural. Contudo, nos casos em que a condição da estrada terraplanada é uma solução transitória, prevendo-se a sua conversão em estrada pavimentada a curto ou médio prazo, recomenda-se a adopção de uma estrutura de pavimento convencional, na perspectiva de uma construção faseada, em que a camada de desgaste será a futura camada de base. Nestes casos, devem ser tomados os cuidados necessários com o alinhamento vertical, a fim de se evitarem conflitos com as infra-estruturas adjacentes e com o sistema de drenagem.

9.12.3. MATERIAIS RECOMENDADOS PARA A CAMADA DE DESGASTE

Os materiais recomendados para a camada de desgaste de estradas urbanas não pavimentadas constam na Secção 9.5 acima, extraídos para a Tabela 49 a seguir:

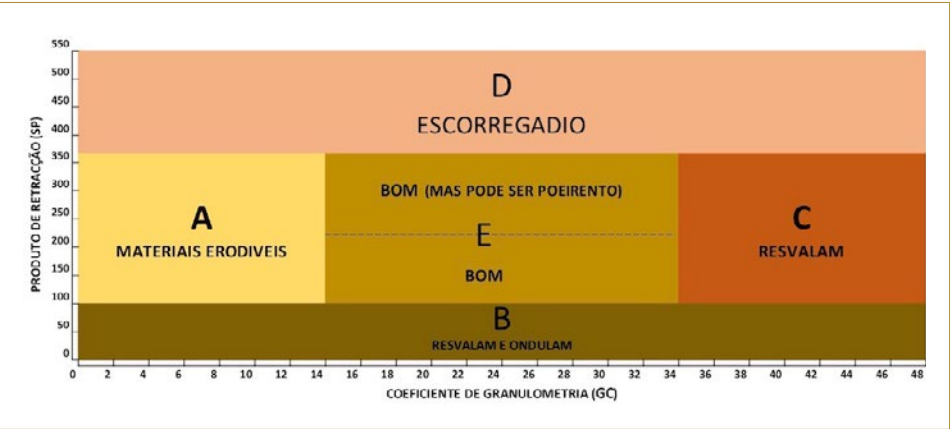
Tabela 49. Materiais para a camada de desgaste de estradas urbanas

●	Tamanho máximo -----	37.5mm
●	Máximo retido no peneiro 37.5mm -----	0
●	Produto de retracção -----	100 – 240
●	Coefficiente de granulometria -----	16 – 34
●	CBR saturado mínimo a 95% densidade mod AASHTO -15%	
(Produto de retracção = retracção linear x % passada no peneiro 0.425 mm)		
[Coefficiente de granulometria = (% passada no 26.5 mm – % passada no 2.0 mm) x % passada no 4.75mm/100]		

Fonte: TRH20

Na realidade, a selecção do tipo de material de desgaste depende muito da disponibilidade, da experiência do desempenho de solos disponíveis em casos anteriores e de factores económicos. A Tabela 49 proporciona uma margem para a selecção de materiais baseada no produto de retracção e no coeficiente de granulometria. O TRH 20 aborda o assunto da relação entre a retracção linear, o coeficiente de granulometria e o desempenho das camadas de desgaste como ilustra a Figura 9-15.

Figura 9-15. Relação entre retracção linear, coeficiente de granulometria e desempenho



Fonte: TRH20

Na selecção dos materiais com base no diagrama da Figura 9-15 devem ser tomadas em consideração as respectivas propriedades definidas na Tabela 50.

Tabela 50. Propriedades dos matérias indicados na Figura 9-25 acima

A	Os materiais nesta área apresentam geralmente desempenho satisfatório, mas são de granulometria fina e particularmente propensos à erosão pela água. Devem ser evitados, se possível, especialmente em pendentes íngremes e secções muito abauladas e sobrelevações acentuadas. A maioria das estradas construídas com estes materiais têm desempenho satisfatório, mas podem exigir uma manutenção periódica, com base no uso intensivo de mão-de-obra em curtos comprimentos, e ter perdas elevadas de solos devido à erosão por lavagem.
B	Estes materiais geralmente não têm coesão e são altamente susceptíveis à formação de materiais soltos (resvalamento) e ondulações. É necessária uma manutenção regular se estes materiais forem utilizados e a rugosidade for restrita a níveis razoáveis.
C	Os materiais nesta zona geralmente compreendem saibros mal graduados, sem coesão adequada, resultando em resvalamento e produção de material solto.
D	Materiais com um produto de retracção superior a 365 tendem a ser escorregadios quando húmidos.
E	Os materiais nesta zona têm, no geral, um bom desempenho desde que se garanta que os grãos de tamanho excessivo sejam restringidos aos limites recomendados.

As especificações permitem o uso de vários materiais que provavelmente são inaceitavelmente poeirentos, mas muitos materiais com bom desempenho seriam eliminados se fosse reduzido o produto de retracção para 240. Esta imposição foi considerada desnecessariamente dura para estradas rurais. No entanto, devem ser feitas tentativas para localizar materiais com um produto de retracção menor que 240 sempre que possível.

9.12.4. ESPESSURA DA CAMADA DE DESGASTE

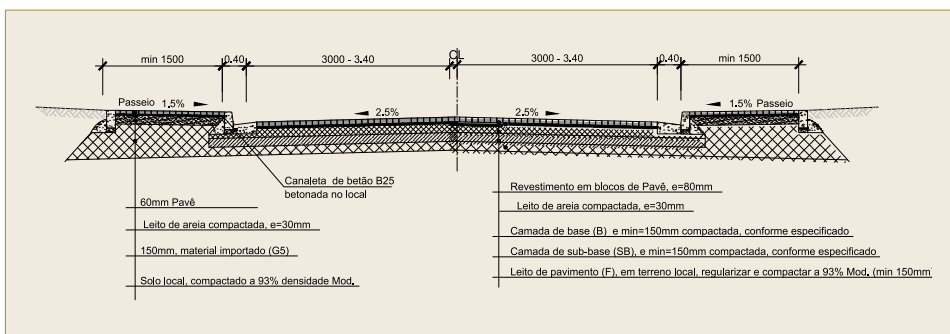
Por razões construtivas e experiência local, recomenda-se que para estradas urbanas municipais a camada de desgaste tenha 150mm de espessura. Existem alguns métodos para a determinação da espessura da camada de desgaste, sobre os quais iremos tecer algumas considerações: “The Maitenance and Design System” (MDS), o método da AASHTO 1993 e o método de South Dakota.

9.13. SECÇÕES TRANSVERSAIS TÍPICAS DE ESTRUTURAS PAVIMENTOS

Apresentam-se de seguida, apenas como referência, secções transversais típicas de estruturas de pavimentos para estradas urbanas municipais. Chama-se a atenção para uma verificação cuidadosa das condições de dimensionamento indicadas nas Tabelas dos Anexos G, H e I.

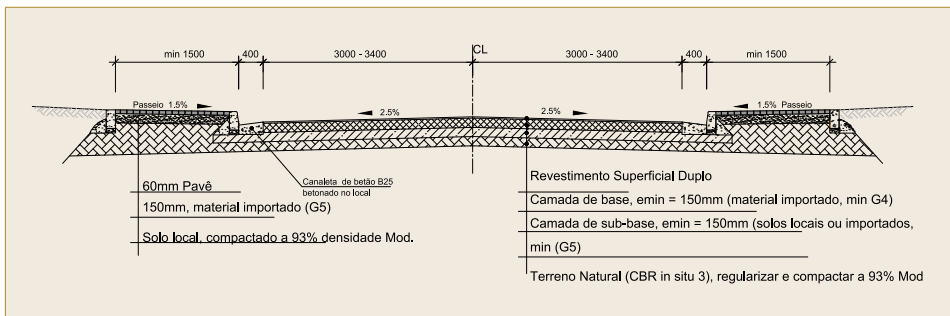
9.13.1. SECÇÕES TÍPICAS PARA ESTRADAS REVESTIDAS EM PAVÊ

Figura 9-16. Estrutura de pavimento típica para estradas Colectora e de Acesso Local, em pavê



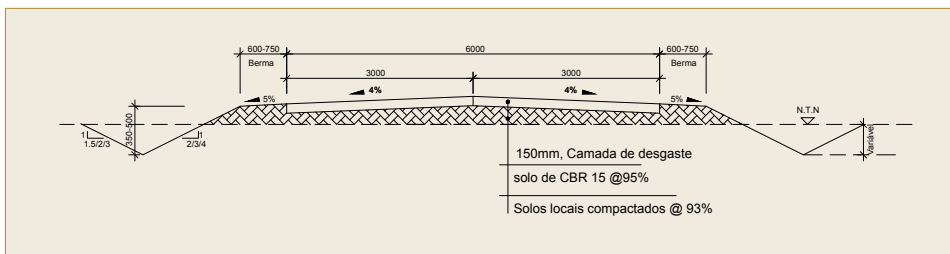
9.13.2. SECÇÃO TÍPICA PARA ESTRADA COM REVESTIMENTO SUPERFICIAL DUPLO

Figura 9-17. Estrutura de pavimento típica para estrada municipais com revestimento superficial duplo



9.13.3. SECÇÃO TÍPICA PARA ESTRADA NÃO REVESTIDA

Figura 9-18. Secção transversal típica de estrada não revestida







10

PROJECTO DE SINALIZAÇÃO

Nesta secção serão tratados os conceitos básicos de sinalização rodoviária, a fim de servir de directrizes para os projectos desta especialidade. No contexto deste Guião, será considerada a sinalização gráfica vertical e horizontal, não sendo abordada a sinalização luminosa.

Um projecto de sinalização compreende a definição dos dispositivos apropriados a serem utilizados ao longo da via, dentro dos padrões de forma, cor, dimensão e localização. Em Moçambique, a sinalização rodoviária deve obedecer às disposições do Decreto-Lei n.º 1/2011, de 23 de Março, que aprova o Código da Estrada, e às disposições do Decreto-Lei n.º 51/2009, de 29 de Setembro, que aprova o Regulamento de Sinais de Trânsito.

De modo geral, a sinalização deve conquistar a atenção e a confiança do utilizador, permitindo-lhe ainda um tempo de reacção adequado. Este objectivo é alcançado através do uso de sinais e marcas em dimensões e locais apropriados, e a escolha das dimensões e locais adequados depende, por sua vez, de um conjunto de factores que compõem o ambiente rodoviário, como por exemplo:

- Características físicas da estrada (pista simples, pista dupla, número de faixas de rodagem, etc.);
- Velocidade operacional;
- Características da região atravessada pela estrada (região plana, ondulada ou montanhosa);
- Tipo e intensidade de ocupação lateral da via (uso do solo urbano ou rural).

O projecto de sinalização é apresentado sob a forma de desenhos, podendo fazer parte do conjunto de desenhos do projecto de geometria.

Nesta secção serão apresentados os aspectos de informação geral constantes do Regulamento de Sinais de Trânsito.

10.1. SINALIZAÇÃO VERTICAL

De acordo com o “Manual de Sinalização Vertical” do DER, a sinalização vertical é um subsistema da sinalização viária, que utiliza sinais apostos sobre placas fixadas na posição vertical, ao lado ou suspensas sobre a pista, transmitindo mensagens de carácter permanente ou, eventualmente, variável, mediante símbolos e/ou legendas preestabelecidas e legalmente instituídas.

A sinalização vertical tem a finalidade de fornecer informações que permitam aos utilizadores das vias adoptar comportamentos adequados, de modo a aumentar a segurança, ordenar os fluxos de tráfego e orientar os utilizadores da via.

A sinalização vertical é classificada segundo a sua função, que pode ser de:

- regulamentar as obrigações, limitações, proibições ou restrições que governam o uso da via;
- advertir os condutores sobre condições com potencial risco existentes na via ou nas suas proximidades, tais como escolas e passagens de pedestres;
- indicar direcções, localizações, pontos de interesse turístico ou de serviços, e transmitir mensagens educativas, entre outras, de maneira a ajudar o condutor na sua deslocação.

Para que a sinalização vertical seja eficaz, devem ser considerados os seguintes factores para os seus dispositivos:

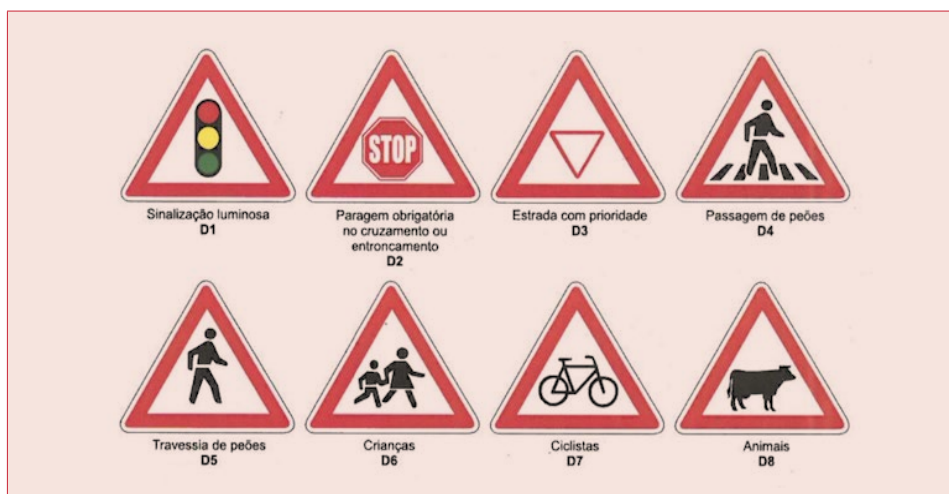
- Posicionamento dentro do campo visual do utilizador;
- Legibilidade das mensagens e símbolos;
- Mensagens simples e claras;
- Padronização.

Em Moçambique, a normalização dos sinais verticais consta do Capítulo IV, Secção I, do Regulamento de Sinais de Trânsito. Quanto à sua função, o Regulamento estabelece os tipos de sinais, que se seguem, mencionados em sequência.

10.1.1. SINAIS DE PERIGO

Os sinais de perigo indicam a existência ou possibilidade de aparecimento de condições particularmente perigosas para o trânsito que imponham especial atenção e prudência ao condutor. Estes sinais têm a forma de um triângulo equilátero e são representados no quadro IV do Regulamento. A Figura 10-1 ilustra alguns sinais de perigo.

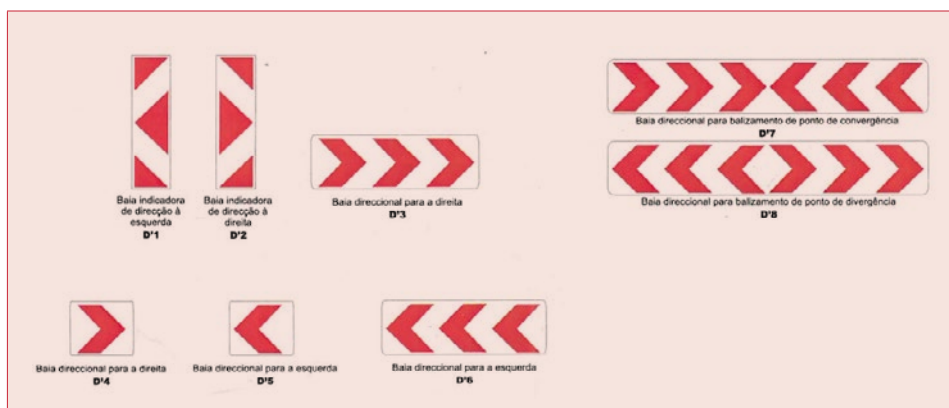
Figura 10-1. Sinais de perigo



10.1.2. SINAIS COMPLEMENTARES DE PERIGO

Os sinais complementares de perigo destinam-se a completar indicações dadas por outros sinais. Exemplos destes sinais são dados na Figura 10-2.

Figura 10-2. Sinais complementares de perigo.



10.1.3. SINAIS DE PROIBIÇÃO

Os sinais de proibição transmitem aos utentes o impedimento ou interdição de determinados comportamentos. Estes sinais são circulares, com fundo branco, orla vermelha, símbolos e inscrições pintadas a preto. Contudo, os sinais que indicam fim de proibição têm o fundo e orla branca, símbolos e inscrições cinzento e traços oblíquos. Eles constam do quadro V do regulamento. A Figura 10-3 ilustra alguns sinais de proibição.

Figura 10-3. Sinais de proibição.



10.1.4. SINAIS DE OBRIGAÇÃO

Os sinais de obrigação transmitem aos utentes a imposição de determinados comportamentos. Têm a forma circular, fundo azul com símbolos e inscrições a branco. São representados no quadro VI do Regulamento. Exemplos destes sinais são ilustrados na Figura 10-4.

Figura 10-4. Sinais de obrigação.



Os sinais de informação indicam locais com interesse especial. Têm a forma rectangular, símbolos de cor branca, inscrições e setas colocadas sobre fundo azul. São representados no quadro VII do Regulamento. Exemplos destes sinais são ilustrados na Figura 10-5.

Figura 10-5. Sinais de informação.



10.1.5. SINAIS DE IDENTIFICAÇÃO DE LOCALIDADES E DE ESTRADAS

Os sinais de identificação de localidades destinam-se a delimitar o início e o fim das localidades, designadamente para, a partir do local em que estão colocados, começarem a vigorar as regras especialmente previstas para o trânsito dentro e fora das mesmas. Este tipo de sinais tem a forma rectangular, orla preta, inscrições a preto e fundo branco. Para a indicação do fim de localidades deve ser usada uma barra vermelha, oblíqua em relação à inscrição referente à identificação da localidade. São representados no Quadro IX do Regulamento. Exemplos destes sinais são apresentados na Figura 10-6.

Figura 10-6. Sinais de identificação de localidades e de estradas.



10.1.6. SINAIS DE INTERESSE TURÍSTICO

Os sinais de interesse turístico transmitem aos utentes indicações sobre os locais, imóveis e outros motivos que possuam uma especial relevância de âmbito cultural, histórico-patrimonial ou paisagístico. Normalmente, os sinais com esta função têm a forma quadrangular, fundo castanho e símbolo a branco. As excepções a estas características constam do artigo 33 do Regulamento.

Exemplos de sinais de interesse turístico estão ilustrados na Figura 10-7.

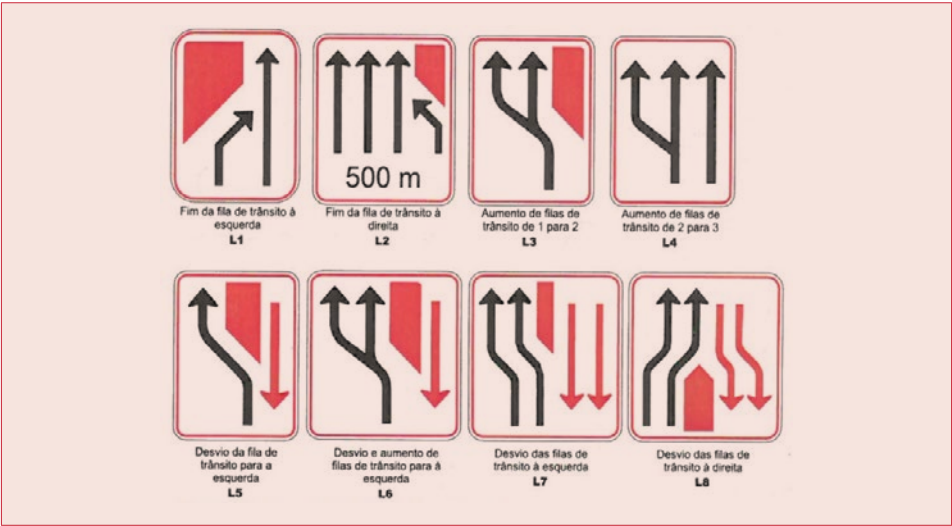
Figura 10-7. Sinais de interesse turístico.



10.1.7. SINAIS DE AFECÇÃO DE VIAS

Os sinais de afectação de vias indicam alterações ou prescrições na via em que o condutor circula ou possa circular, e representam o aumento, diminuição ou desvios de filas de trânsito. Estes sinais têm a forma rectangular, orla vermelha, fundo branco, símbolos ou inscrições a preto e vermelho, excepto os sinais de obrigação, que têm inscrições de cor azul. Exemplos de sinais de afectação de vias constam da Figura 10-8.

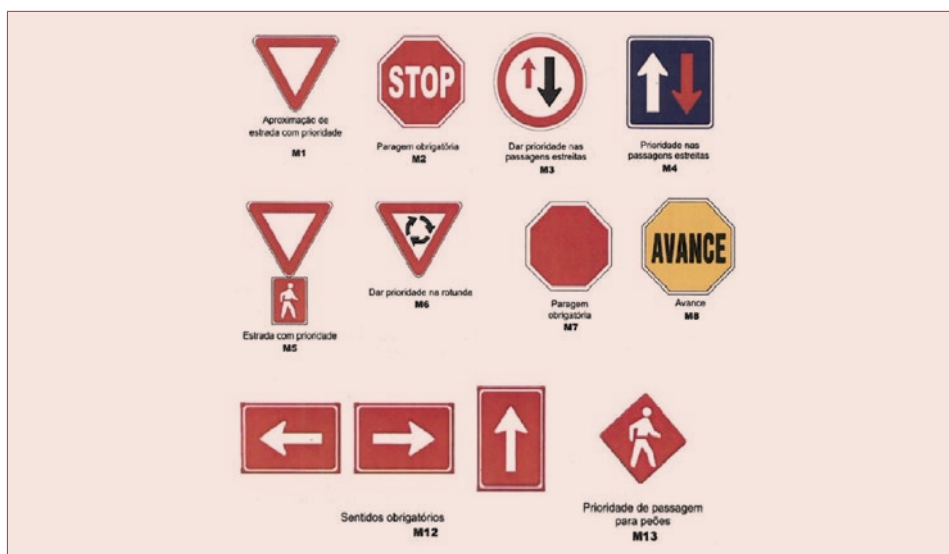
Figura 10-8. Sinais de afectação de vias.



10.1.8. SINAIS DE CEDÊNCIA DE PASSAGEM

Os sinais de cedência de passagem informam os utentes sobre a existência de um cruzamento, entroncamento, rotunda ou passagem estreita e impõem especial atenção dos condutores em relação aos outros. Exemplos de sinais de cedência estão ilustrados na Figura 10-9.

Figura 10-9. Sinais de cedência de passagem.



10.1.9. SINAIS COMBINADOS

Os sinais combinados são gráficos verticais combinados, com placas adicionais, e destinam-se a dar informação completa aos utentes, indicando o local em que se aplica a prescrição a que se refere a combinação do sinal, ou a extensão do troço em que se aplica a mensagem dos sinais.

Exemplos de sinais de cedência estão ilustrados na Figura 10-10.

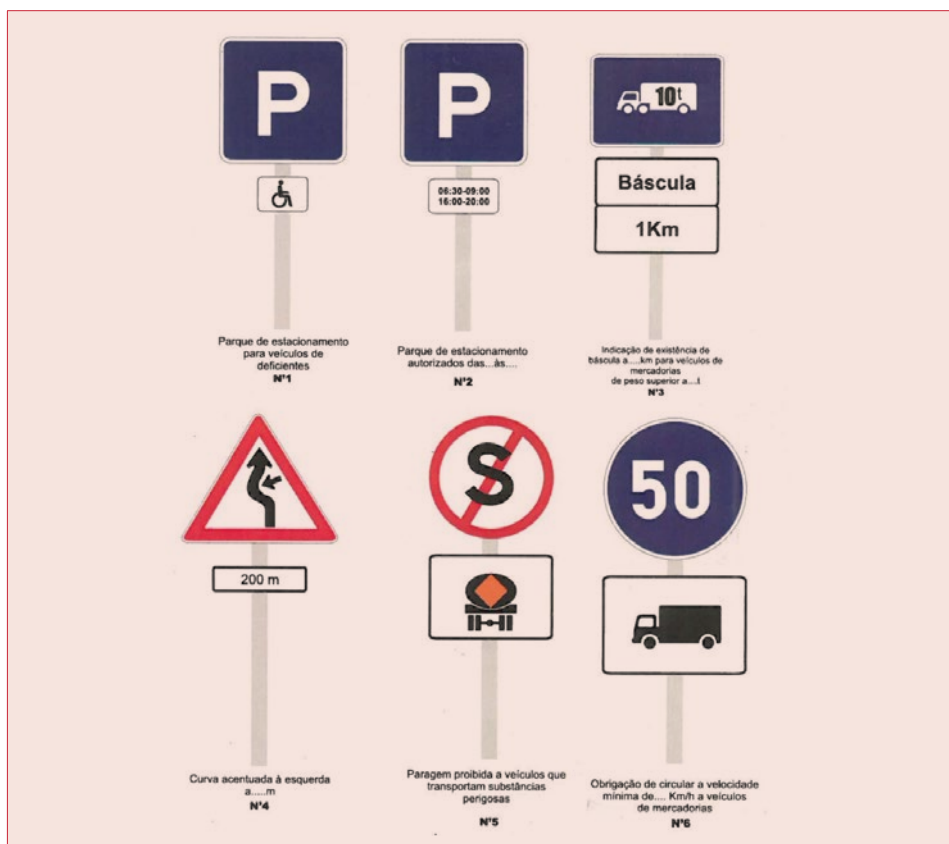
Figura 10-10. Sinais combinados.



10.1.10. SINAIS COM PAINÉIS ADICIONAIS

Os sinais com painéis adicionais destinam-se a completar a indicação dada pelos sinais verticais, a restringir a sua aplicação a certas categoriais de utentes da via pública, a limitar a sua validade a determinados períodos de tempo, ou a indicar a extensão da via em que vigoram as prescrições. Estes sinais constam da Figura 10-11.

Figura 10-11. Sinais com painéis adicionais



10.2. SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

A sinalização horizontal é um subsistema da sinalização viária composta por marcas, símbolos e legendas, apostos sobre o pavimento da pista de rodagem. Tem a finalidade de transmitir e orientar os utilizadores sobre as condições de utilização adequada da via, incluindo as proibições, restrições e informações que lhes permitam adoptar um comportamento adequado, de forma a aumentar a segurança e ordenar os fluxos de tráfego (CONTRAN).

A sinalização horizontal é classificada segundo a sua função:

- Ordenar e canalizar o fluxo de veículos;
- Orientar o fluxo de pedestres;

- Orientar as deslocações de veículos em função das condições físicas da via, tais como geometria, topografia e obstáculos;
- Complementar os sinais verticais de regulamentação, advertência ou indicação, com vista a enfatizar a mensagem que o sinal transmite;
- Regulamentar os casos previstos no Código da Estrada (Decreto-Lei n.º 1/2011, de 23 de Março).

Os sinais marcados no pavimento subdividem-se em:

- a) Marcas longitudinais;
- b) Marcas transversais;
- c) Marcas orientadoras do sentido de trânsito;
- d) Marcas reguladoras de estacionamento;
- e) Paragem e marcas diversas.

A informação sobre sinais verticais consta do Capítulo IV, Secção II, do Regulamento de Sinais de Trânsito.

10.2.1. IMPORTÂNCIA

A importância da sinalização horizontal advém dos seguintes aspectos:

- Permite o melhor aproveitamento do espaço viário disponível, maximizando o seu uso;
- Aumenta a segurança em condições adversas tais como neblina, chuva e de noite;
- Contribui para a redução de acidentes;
- Transmite mensagens aos condutores e pedestres.

Porém, apresenta algumas limitações:

- Reduzida durabilidade, quando sujeita a tráfego intenso;
- Visibilidade deficiente, quando sob neblina, pavimento molhado, sujidade, ou quando há tráfego intenso.

10.2.2. PADRÃO DE FORMAS E CORES

A sinalização horizontal é constituída por combinações de traçado e cores que definem os diversos tipos de marcas viárias.

Padrão de formas:

- **Contínua:** corresponde às linhas sem interrupção, aplicadas em trecho específico de pista;
- **Tracejada ou Seccionada:** corresponde às linhas interrompidas, aplicadas em cadência, utilizando espaçamentos com extensão igual ou maior que o traço;
- **Setas, Símbolos e Legendas:** correspondem às informações representadas em forma de desenho ou inscritas, aplicadas no pavimento, indicando uma situação ou complementando a sinalização vertical existente.




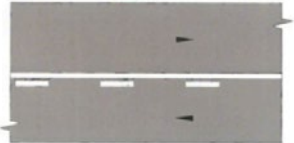



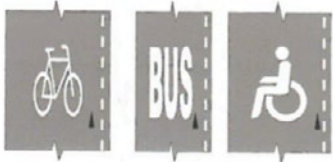
Padrão de cores:

- **Amarela**, utilizada para:
 - Separar movimentos veiculares de fluxos opostos;
 - Regular ultrapassagem e deslocação lateral;
 - Delimitar espaços proibidos para estacionamento e/ou paragens;
 - Demarcar obstáculos transversais à pista (lombas).
- **Branca**, utilizada para:
 - Separar movimentos veiculares no mesmo sentido;
 - Delimitar áreas de circulação;
 - Delimitar trechos de pista, destinados ao estacionamento regulamentado de veículos em condições especiais;
 - Regular faixas de travessia de pedestres;
 - Regular linha de transposição e ultrapassagem;
 - Demarcar linha de retenção e linha de “Dê a preferência”;
 - Inscrever setas, símbolos e legendas.
- **Vermelha**, utilizada para:
 - Demarcar ciclovias ou ciclofaixas;
 - Inscrever símbolo (cruz).
- **Azul**, utilizada como base para:
 - Inscrever símbolos em áreas especiais de estacionamento ou de paragem para embarque e desembarque de pessoas portadoras de deficiência física.
- **Preta**, utilizada para:
 - Proporcionar contraste entre a marca viária/inscrição e o pavimento, (utilizada principalmente em pavimento de betão), não constituindo propriamente uma cor de sinalização.

10.2.3. MARCAS LONGITUDINAIS

As marcas longitudinais são linhas, de cor branca, apostas na faixa de rodagem, que separam sentidos ou vias de trânsito e que têm comprimento variável e largura de 10cm, com excepção das marcas O6 e O7 que têm 15cm de largura. As marcas longitudinais indicadas no Regulamento estão ilustradas na Tabela 51.

Tabela 51. Marcas longitudinais. Adaptado do Decreto 51/2009 de 29/09.


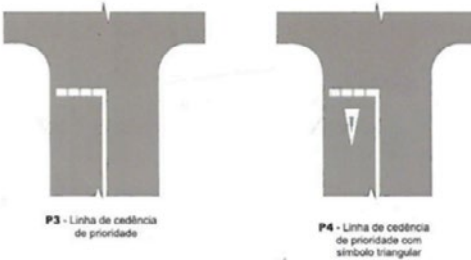

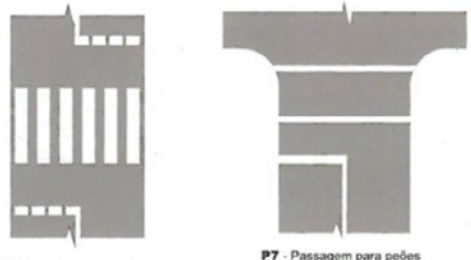
Tipo de Linha	Indicação
 01 - Linha contínua	Proibição do condutor pisar ou transpor;
 02 - Linhas contínuas adjacentes	Proibição do condutor pisar ou transpor e do dever de transitar à sua esquerda, quando aquela fizer a separação dos sentidos de trânsito. Coloca-se na proximidade de locais com particular perigo para a circulação, tais como lombas, cruzamentos, entroncamentos e locais de visibilidade reduzida;
 03 - Linha descontinua	O condutor deve se manter na via de transito que ela delimita, só podendo ser pisada ou transposta para efectuar manobras;
 04 - Linha mista	O condutor deve referir-se ao significado das linhas 01 ou 03 consoante a linha que lhe estiver mais próxima for contínua ou descontinua;
 05 - Linha descontinua de aviso	Aproximação de uma linha contínua ou de passagem estreita
 06 - Linha descontinua de abrandamento	
 07 - Linha descontinua de aceleração	
 08 - Linha contínua e descontinua de identificação de corredores de uso exclusivo	

10.2.4. MARCAS TRANSVERSAIS

As marcas transversais ordenam as deslocações frontais dos veículos e harmonizam as deslocações de outros veículos e dos pedestres, da mesma forma que informam os condutores sobre a necessidade de reduzir a velocidade e indicam a travessia de pedestres e as posições de paragem (CONTRAN).

As marcas transversais, definidas pelo artigo 42 do Regulamento, são de cor branca e apostas no sentido da largura das faixas de rodagem, e podem ser completadas por símbolos ou inscrições tal como representadas na Tabela 52.





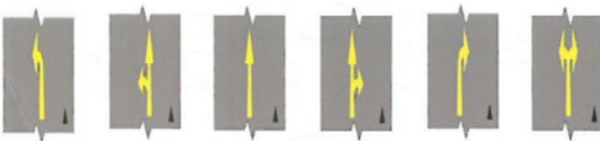
Tabela 52. Marcas transversais. Adaptado do Decreto 51/2009 de 29/09.

Tipo de Marca		Indicação
 <p>P1 - Linha de paragem obrigatória</p> <p>P2 - Linha de paragem obrigatória com STOP</p>		Local de paragem obrigatória imposta por meio de sinalização. Esta linha pode ser reforçada pela inscrição “STOP” no pavimento quando a paragem seja imposta por sinalização vertical. A linha deve ter 30cm a 50cm de largura dentro e fora das localidades, respectivamente;
 <p>P3 - Linha de cedência de prioridade</p> <p>P4 - Linha de cedência de prioridade com símbolo triangular</p>		Local da eventual paragem, quando a sinalização vertical imponha ao condutor a cedência de prioridade. Esta linha pode ser reforçada pela marca no pavimento do símbolo constituído por um triângulo com a base paralela a mesma. A linha deve ter 20cm a 30cm de largura dentro e fora das localidades, respectivamente;
 <p>P5 - Passagem para ciclistas</p>		Local onde os ciclistas devem fazer a travessia da faixa de rodagem. Cada quadrado terá 30cm de lado e deve distanciar-se do outro em 90cm.
 <p>P6 - Passagem para peões</p> <p>P7 - Passagem para peões</p>		Local por onde os peões devem efectuar a travessia na faixa de rodagem. A passagem para peões é constituída por barras longitudinais paralelas ao eixo da via, com comprimento que varia entre 2,40 m a 3,0 m com largura de 60cm, alternadas por intervalos de 60 cm, ou por duas linhas contínuas de 20 a 30 cm de largura cada.

10.2.5. MARCAS ORIENTADORAS DE SENTIDO DE TRÂNSITO

As marcas orientadoras de sentido de trânsito, definidas no artigo 43 do Regulamento, são setas direccionais, de cor branca, apostas no pavimento da faixa de rodagem. Existem também setas de cor amarela que indicam obrigação. As marcas orientam os fluxos de tráfego na via, indicando o correcto posicionamento dos veículos nas faixas de trânsito, de acordo com os movimentos possíveis e recomendáveis para aquela faixa, conforme ilustrado na Tabela 53.

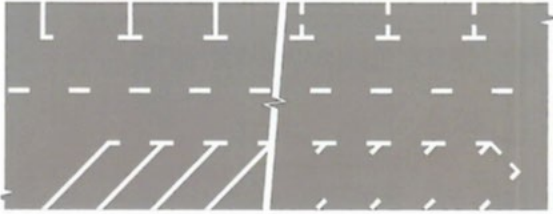






Tabela 53. Marcas orientadoras de sentidos de trânsito.

Tipo de marca orientadora		Indicação
 <p>P8 - Setas de pré-sinalização de desvio</p>		Orientam os sentidos de trânsito na proximidade de cruzamentos ou entroncamentos e significa, quando apostas em vias de trânsito delimitadas por linhas continuas, a obrigatoriedade de seguir no sentido ou num dos sentidos por elas apontados;
 <p>P9 - Aproximação de local perigoso</p>		Indicam a conveniência de passar para via de trânsito que elas apontam, ou mesmo a obrigatoriedade de o fazer em consequência de outra sinalização;
 <p>P10 - Fim da faixa de uso exclusivo</p> <p>P11 - Seta de informação</p>		P10- indicação de que a faixa de uso exclusivo deixa de o ser; P11- Informa que a via ou faixa é de sentido único;
 <p>P12 - Setas de bifurcação da via</p>		Indica que a via vai bifurcar e os condutores podem usar qualquer uma das vaís;
 <p>P13 - Setas de obrigação</p>		Obrigações de seguir um dos sentidos indicados pelas setas. Quando toma a cor amarela significa a obrigação de seguir o sentido indicado por esta seta quando circule na faixa por ela indicada;

10.2.6. MARCAS REGULADORAS DE ESTACIONAMENTO E PARAGEM

As marcas reguladoras de estacionamento e paragem, apostas no bordo da faixa de rodagem, são linhas que regulam o estacionamento ou a paragem. São de cor branca e amarela e têm 10 cm de largura. Exemplos destas marcas são apresentados na Tabela 54.

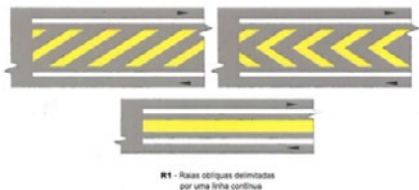
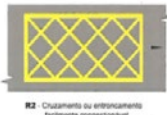



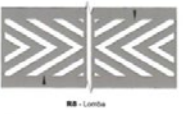



Tabela 54. Marcas reguladoras de estacionamento e paragem.

Tipo de Linha	Indicação
 Q1 - Faixa de estacionamento	Indica ao condutor que o veículo a estacionar deve estar dentro da zona demarcada e obedecer à disposição dada pelas marcas, sendo proibido que parte do veículo estacionado fique fora da zona demarcada;
 Q2 - Faixa de estacionamento exclusivo	Estacionamento autorizado, dentro da zona demarcada, apenas para os veículos ou classes de veículos a que a letra convencionada se refere. Para o efeito consulte-se o Artigo 44 do Regulamento;
 Q3 - Linha de proibição de paragem	Q3 – proibição de parar a veículos e peões em toda a extensão dessa linha;
 Q4 - Paragem condicionada	Q4 – proibição de parar para veículos e peões na zona adjacente nos períodos indicados pela sinalização vertical;
 Q5 - Linha de proibição de estacionamento	Q5 – troços da via onde é proibido estacionar desse lado da faixa de rodagem;
 Q6 - Linha de estacionamento condicionado	Q6 – locais onde os condutores são proibidos de parar no período indicado pela sinalização vertical;
 Q7 - Estacionamento exclusivo para veículos de deficientes físicos	Q7 – Lugar reservado para o estacionamento exclusivo de veículos pertencente a portadores de deficiência física;

10.2.7. MARCAS DIVERSAS

Existem marcas complementares de sinalização horizontal que, não tendo sido enquadradas nos subsistemas anteriormente mencionados, aparecem agrupadas no artigo 45 do Regulamento de Sinais de Trânsito como marcas diversas. Dada a relevância que alguns destes sinais têm para a sinalização rodoviária dos municípios, em particular, incluímos exemplos destes na Tabela 55.

Tabela 55. Marcas diversas.

Tipo de Linha	Indicação
 R1 - Raias obliquas delimitadas por uma linha contínua	R1 – proibição de entrar nas raias obliquas por elas abrangidas;
 R2 - Cruzamento ou entroncamento facilmente congestionável	R2 – proibição de entrar na área demarcada, mesmo que o direito de prioridade ou a sinalização automática o autorize a avançar se for previsível que a intensidade do trânsito obrigue a imobilização do veículo dentro daquela área;
 R3 - Trânsito proibido para motociclos	R3 – proibição de transitar a motociclos;
 R4 - Aproximação de passagem de nível	R4 – aproximação de passagem de nível;
 R5 - Marca de existência de prioridade	R5 – o condutor deverá dar prioridade de passagem a outros;
 R8 - Lenda	R8 – indicação de que naquele local há deformação convexa no pavimento;
 R9 - Bandas amarelas	R9 – advertir os condutores para a necessidade de redução da velocidade devido à várias situações na via;
 R10 - Redução de filas de trânsito	R10 – indicação de que as filas de trânsito se vão reduzir;
 R12 - Inscrições	R12 – inscrições que advertem o condutor sobre a necessidade de adotar comportamentos adequados em função do conteúdo;
 R15 - Redução de filas de trânsito	R15 – redução de filas de trânsito





11

AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL

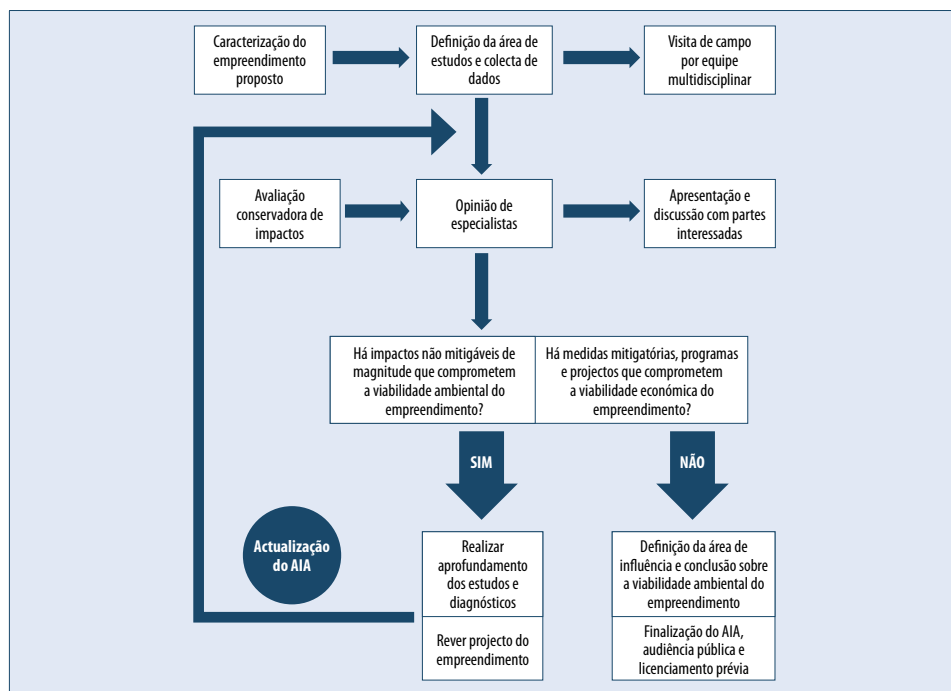
A avaliação do impacto ambiental, embora desempenhe um papel de extrema importância durante a elaboração de um projecto de estradas, é apresentada neste Guião apenas como uma chamada de atenção para a sua realização obrigatória. A questão da avaliação ambiental merece a elaboração de directrizes específicas a serem publicadas de preferência em documento único. Nas secções antecedentes a esta, foram abordados assuntos sobre os impactos ambientais relacionados com os projectos de estradas, com particular destaque na Secção 7 - Drenagem.

II.1. DEFINIÇÃO

De acordo com a definição do Wikipédia, a Avaliação do Impacto Ambiental (ou AIA) é um instrumento preventivo utilizado nas políticas de ambiente e gestão ambiental com o intuito de assegurar que um determinado projecto, passível de causar danos ambientais, seja analisado de acordo com os prováveis impactos no meio ambiente, e que esses mesmos impactos sejam analisados e tomados em consideração no seu processo de aprovação. A elaboração de uma AIA é apoiada em estudos ambientais elaborados por equipas multidisciplinares, os quais apresentam diagnósticos, descrições, análises e avaliações sobre os impactos ambientais efectivos e potenciais do projecto.

A percepção da dinâmica de uma Avaliação do Impacto Ambiental pode ser facilitada através de um fluxograma das actividades, como o que está representado na Figura 11-1.

Figura 11-1. Fluxograma generalizado de uma AIA



II.2. O PROCESSO DE AIA

A Lei do Ambiente 20/97, de 1 de Outubro, define a necessidade de elaboração de uma Avaliação do Impacto Ambiental para todas as actividades que, por sua natureza e características, possam gerar impactos ambientais.

O Decreto 54/2015 de 31 de Dezembro, no seu artigo 8, cita que todas as actividades susceptíveis de causar impactos sobre o ambiente são objecto de pré-avaliação a ser efectuada pela Autoridade Ambiental para efeitos de categorização.

O Regulamento sobre a AIA, nos Anexos I a IV, define as circunstâncias que levam à classificação de um projecto em Categorias "A+", A, B, ou C". A categorização de actividade define o tipo de AIA a executar, podendo ser Estudo de Impacto Ambiental (EIA) para categorias "A+ e A", Estudo Ambiental Simplificado para "B", ou isenção de realização da AIA para categoria "C".

De acordo com a Lei do Ambiente, estão também isentos de avaliação de impacto ambiental as obras de emergência.

II.3. LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

A legislação em vigor em Moçambique para a Avaliação de Impactos Ambientais está apresentada na Tabela 56.

Tabela 56. Legislação aplicável para AIA em Moçambique

Legislação	Breve descrição	Relevância
Lei do Ambiente, Lei n.º 20/97 de 1 de Outubro	Estabelece a obrigatoriedade de licenciamento ambiental para actividades de desenvolvimento, que por sua natureza podem causar impactos adversos ao ambiente	Deverá ser estabelecido um quadro ambiental que garanta a sustentabilidade ambiental das actividades de desenvolvimento.
Regulamento sobre o Processo de Avaliação do Impacto Ambiental, Decreto n.º 54/2015 de 31 de Dezembro	Estabelece e define os procedimentos de Avaliação do Impacto Ambiental (AIA) para efeitos de licenciamento ambiental.	O processo de AIA deve ser desenvolvido em conformidade com os requisitos estabelecidos neste regulamento, sendo o proponente obrigado a solicitar uma licença ambiental e a realizar o processo de AIA.
Regulamento sobre o Processo de Auditoria Ambiental, Decreto n.º 25/2011 de 15 de Junho	Estabelece mecanismos de realização de auditorias ambientais para as actividades que possam gerar impactos ambientais. Segundo este regulamento, a auditoria ambiental, que pode ser pública ou privada, é um instrumento de avaliação do desempenho ambiental das actividades.	O proponente é obrigado a realizar pelo menos uma auditoria durante o desenvolvimento do projecto para verificar as conformidades e não-conformidades em relação ao presente Manual de Procedimentos de Boas Práticas de Gestão Ambiental. Por sua vez, o projecto pode ser alvo de auditoria pública, com vista à avaliação do desempenho ambiental, caso seja necessário.

Legislação	Breve descrição	Relevância
Regulamento sobre Inspeções Ambientais, Decreto n.º 11/2006 de 15 de Junho	Tem a finalidade de regular a supervisão, controlo e verificação da conformidade com as normas de protecção do meio ambiente a nível nacional.	Durante a implementação do projecto, este estará sujeito a inspeções por parte do MITADER/DPTADER, a fim de verificar o cumprimento da legislação ambiental. O proponente deverá sempre colaborar.
Regulamento sobre Padrões de Qualidade Ambiental e de Emissão de Efluentes, Decreto n.º 18/2004, de 2 de Junho, com as alterações introduzidas pelo Decreto n.º 67/2010 de 31 de Dezembro	Define os padrões de emissão de poluentes atmosféricos e de efluentes líquidos gerados pelas actividades humanas, com vista à protecção das componentes ambientais como ar, solos e recursos hídricos. Este regulamento estabelece os valores limite nacionais de qualidade do ar, e de efluentes líquidos antes da descarga para o ambiente.	O projecto deve respeitar os padrões estabelecidos para a qualidade ambiental e de emissão de efluentes, de modo a não prejudicar a qualidade do ar atmosférico, o solo e o meio ambiente no geral.
Regulamento sobre a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos, Decreto n.º 94/2014 de 31 de Dezembro	Estabelece os mecanismos para a gestão dos resíduos urbanos, não perigosos, bem como dos resíduos domésticos e comerciais, e outros equiparados a estes.	Deverá minimizar-se a geração de resíduos sólidos urbanos. No caso de resíduos sólidos considerados não perigosos, estes deverão ser geridos de acordo com as normas estabelecidas neste regulamento.
Regulamento Sobre a Gestão de Resíduos Perigosos, Decreto n.º 83/2014 de 31 de Dezembro	Preconiza que a gestão de resíduos perigosos é da responsabilidade da entidade geradora, fixando as normas para o seu transporte, deposição ou eliminação.	Os resíduos perigosos que poderão ser gerados neste projecto deverão ser manuseados de forma adequada, de modo a que não constituam perigo para o ambiente e/ou saúde pública. Assim, o proponente deverá fixar procedimentos para a gestão correcta deste tipo de resíduos.
Lei do Trabalho, Lei n.º 23/2007	Aplica-se às relações jurídicas de trabalho subordinado, estabelecidas entre empregadores e trabalhadores nacionais e estrangeiros, relativamente a todas as actividades no país. O capítulo VI contém os princípios de segurança, higiene e saúde dos trabalhadores.	O proponente deve garantir que sejam cumpridos os requisitos de contratação de trabalhadores e o respeito pelos direitos dos trabalhadores em conformidade com a lei.

Legislação	Breve descrição	Relevância
Regulamento que estabelece o Regime Jurídico de Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais, Decreto n.º 62/2013 de 4 de Dezembro	Caracteriza os acidentes de trabalho e as doenças profissionais, as responsabilidades dos empregadores e trabalhadores em matéria de saúde e segurança no trabalho, incluindo as instituições competentes em matéria de acidentes e doenças profissionais. O regulamento estabelece ainda a obrigatoriedade da criação de um sistema de seguros para cobrir as despesas que possam resultar de acidentes de trabalho e doenças profissionais.	O proponente é obrigado a exigir do empreiteiro a garantia das condições de saúde e segurança ocupacional aos trabalhadores para a prevenção de acidentes de trabalho. Deverá também exigir a realização de acções de formação para os trabalhadores sobre as normas de prevenção de acidentes e doenças profissionais nas fases de construção e de operação do projecto.
Regulamento d Inspeção-Geral do Trabalho, Decreto n.º 45/2009	Estabelece as regras relativas às actividades de inspecção, no âmbito do controlo da legalidade do trabalho. O ponto 2 do artigo 4 prevê responsabilidades do empregador em matéria de prevenção de riscos de saúde e segurança profissional para o empregado.	O proponente deve garantir o cumprimento das exigências deste regulamento. No caso de uma inspecção, o proponente deve ajudar a fornecer toda a informação necessária aos inspectores.
Lei das Autarquias Locais, Lei no 2/97 de 18 de Fevereiro	Estabelece o quadro jurídico para a implantação de autarquias locais. O artigo 7 preconiza que as autarquias locais gozam de autonomia administrativa, financeira e patrimonial na sua área de jurisdição.	É da responsabilidade do proponente salvaguardar a protecção do ambiente em todos os seus actos executórios no interior da sua circunscrição territorial.
Posturas Municipais	Constituem instrumentos de gestão urbana na circunscrição territorial dos municípios em diversas áreas (ambiente, resíduos, transportes, saneamento, etc.).	O proponente deverá também considerar as especificações preconizadas nas posturas municipais aplicáveis ao projecto.
Código da Estrada, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 1/2011 de 23 de Março	Adequa a legislação rodoviária nacional à realidade actual e aos padrões da região da África Austral.	A sinalização rodoviária a usar nas obras deverá seguir os padrões estabelecidos neste instrumento.



12

APRESENTAÇÃO DOS RELATÓRIOS

Na Secção 2 deste Guião, Metodologia, estão apresentadas as actividades que devem ser desenvolvidas durante a elaboração de um projecto de estradas urbanas municipais, agrupadas em três fases: inicial, preliminar e final. Cada uma destas fases é resumida sob a forma de fluxogramas, os quais podem servir de referência para a elaboração de listas de verificação (*checklists*).

Em conformidade com a metodologia desde Guião, espera-se do projectista a elaboração de três relatórios gerais:

- Relatório de Início;
- Relatório Preliminar; e
- Relatório Final.

O **Relatório de Início** deverá conter informação sobre as actividades desenvolvidas pelo consultor durante a Fase Inicial do projecto, tal como recomendado na Secção 2.3 deste Guião, ilustradas no diagrama da Figura 2-3.

O **Relatório Preliminar** deverá conter informação sobre as actividades desenvolvidas pelo consultor durante a Fase Preliminar do projecto, tal como recomendado na Secção 2.4 deste Guião, ilustradas no diagrama da Figura 2-4. Esta fase corresponde à conclusão do projecto conceptual, onde é definido o projecto preliminar de geometria e de drenagem. No relatório preliminar são apresentados os relatórios preliminares das especialidades, com a excepção do dimensionamento de pavimentos, lista de quantidades e estimativa de custos como está descrito na Secção 12.2 a seguir.

O **Relatório Final** corresponde à submissão dos relatórios de especialidades. Para além de uma descrição geral das actividades desenvolvidas pelo consultor, deve conter todos os relatórios de especialidades descritos na Secção 12.2 a seguir.

Todos os relatórios deverão conter informação geral sobre o projecto, constituída por uma folha de rosto em conformidade com o exemplo da Tabela 57, um mapa de enquadramento geográfico do projecto mostrando o mapa de Moçambique, a província onde se localiza o município, eventualmente o distrito, evidenciando a localização da estrada ou estradas do projecto.

Tabela 57. Folha de rosto de relatórios de especialidade

Identificação do Consultor:		Identificação e Fase do Projecto: <i>Projecto:</i> <i>Fase 1:</i>	
Contrato No:	Data:	Identificação do Relatório:	
Preparado Por:		Preparado Para:	
Contacto do Representante do Consultor:		Contacto do Representante do Cliente:	
Descrição do Relatório:			
Objectivo do Relatório:			
Autor:			
Verificado Por:			
Aprovado Por:			
Certificação de Qualidade:			
		Data: (de submissão)	

12.1. RELATÓRIOS DE ESPECIALIDADE

Como parte integrante do relatório final, devem estar incluídos os relatórios finais de especialidade divididos do seguinte modo:

- Relatório do levantamento topográfico;
- Relatório da investigação de materiais;
- Relatório do estudo do tráfego;
- Relatório do projecto de geometria;
- Relatório do projecto de drenagem;
- Relatório do dimensionamento de pavimentos;
- Desenhos;
- Mapa de quantidades;
- Estimativas de custos (documento confidencial);
- Relatório da avaliação do impacto ambiental.



13

DOCUMENTOS DE CONCURSO

O projecto executivo é composto por especificações técnicas, mapa de quantidades e desenhos.

Uma vez aprovado o relatório final, com todas as suas componentes, o passo seguinte é a elaboração dos documentos de concurso, com a finalidade do lançamento do concurso da empreitada. Os documentos de concurso serão constituídos por:

- Instruções aos concorrentes;
- Caderno de encargos.

13.1. INSTRUÇÕES AOS CONCORRENTES (IAC)

As instruções aos concorrentes serão fornecidas pela entidade contratante para a actualização de dados. Estas instruções poderão ser as constantes do Decreto 5/2016, Regulamento de Contratação de Empreitada de Obras Públicas, Fornecimento de Bens e Prestação de Serviços ao Estado, ou um outro modelo eventualmente imposto por uma determinada instituição financiadora do projecto.

Nas IAC está incluída, entre outras, a minuta do Contrato da Empreitada, que é um documento formulado pelo Dono da Obra.

13.2. CADERNO DE ENCARGOS

O caderno de encargos seguirá a composição normal deste documento:

- Condições especiais do contrato;
- Memória descritiva e justificativa do projecto;
- Especificações técnicas;
- Lista de quantidades;
- Desenhos;
- Condições gerais do contrato.

13.2.1. CONDIÇÕES GERAIS DO CONTRATO (CGC)

À semelhança das instruções aos concorrentes, as CGC poderão ser as constantes do Decreto 5/2016, Regulamento de Contratação de Empreitada de Obras Públicas, Fornecimento de Bens e Prestação de Serviços ao Estado, ou um outro documento padronizado, eventualmente imposto por uma determinada instituição financiadora do projecto.

13.2.2. CONDIÇÕES ESPECIAIS DO CONTRATO (CEC)

As CEC devem ser elaboradas pelo projectista em comum acordo com os requisitos do Dono da Obra, tendo como referência as CGC.

13.2.3. MEMÓRIA DESCRITIVA

A memória descritiva é a memória geral do projecto, elaborada com base no relatório final. Recomenda-se que os relatórios de especialidade sejam apresentados sob a forma de anexos. A memória descritiva do projecto constitui o Volume I do Caderno de Encargos.

13.2.4. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

As Especificações Técnicas do projecto serão divididas em três partes:

PARTE 1 – Especificações Técnicas Gerais – que estarão cobertas pelas normas da SATCC: *The SATCC Standard Specifications for Road and Bridge Works, September 1998, (Reprinted July 2001)*;

PARTE 2 – Especificações Técnicas Especiais;

PARTE 3 – Especificações de referência para alguns materiais.

Especificações Técnicas – Parte 1: Condições Gerais

As Especificações Técnicas Gerais serão apresentadas separadamente dos Documentos do Contrato e podem ser adquiridas junto da ANE (Administração Nacional de Estradas), ou na África de Sul, na biblioteca do “Division of Roads and Transport Technology at the Council of Scientific and Industrial Research (CSIR)”, em Pretória.

Especificações Técnicas – Parte 2: Condições Especiais

Todos os requisitos das Especificações Técnicas Gerais (*The SATCC Standard Specifications for Road and Bridge Works*) relacionados com os processos construtivos, materiais, qualidade, mão-de-obra, bem como os testes especificados, devem estar cobertos pelas Normas da SATCC, excepto quando modificadas pelas Condições Especiais das Especificações Técnicas, conforme mencionado nestas Especificações.

As provisões e especificações da Parte 2 devem complementar, emendar ou servir de apoio à Parte 1, Normas da SATCC (*The SATCC Standard Specifications for Road and Bridge Works*). Sempre que existir um conflito, as considerações da Parte 2 devem prevalecer às considerações apresentadas na Parte 1.

A Parte 2 está dividida em duas secções, do seguinte modo:

Secção A: Considerações Gerais

Secção B: Assuntos relacionados com as Especificações Técnicas (Parte 1)

A numeração das várias secções das Especificações Técnicas, será feita através de prefixos com as letras A e B como apropriado.

A numeração das Cláusulas da Secção B coincide com a numeração contida nas Normas da SATCC - *The SATCC Standard Specifications for Road and Bridge Works* (Parte 1).

Por uma questão de uniformização de linguagem e evitar a deturpação dos conteúdos, a Secção B destas Especificações Técnicas Especiais será apresentada na língua inglesa, tal como as Normas da SATCC.

No Anexo 7 deste Guião é apresentado um exemplo de Especificações Técnicas Especiais, Parte 2.

Especificações Técnicas – Parte 3: Materiais

A parte 3 das Especificações Técnicas Especiais é reservada, essencialmente, para a apresentação de catálogos contendo especificações técnicas de materiais que devem servir de referência para o concorrente e potencial empreiteiro.

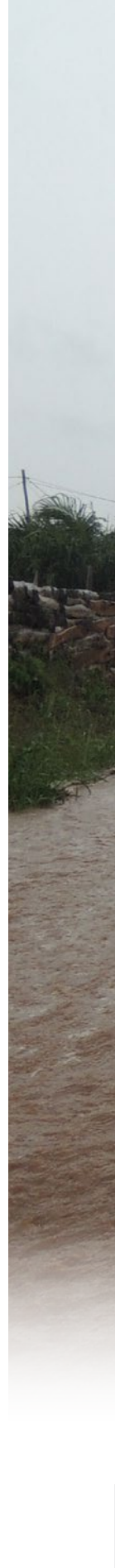
13.2.5. LISTA DE QUANTIDADES

A lista de quantidades será elaborada de acordo com os critérios e regras de medição apresentados nas Especificações Técnicas Gerais, *The SATCC Standard Specifications for Road and Bridge Works*. Qualquer omissão nas ETG deve ser colmatada por um item novo, criado pelo projectista, segundo as regras de medição internacionais.

13.2.6. DESENHOS

No âmbito do Projecto de Desenvolvimento Urbano e Local (PDUL), os desenhos para os concursos de estradas urbanas municipais devem ser apresentados na sua versão final, portanto em formato de desenhos executivos. Dada a especificidade do PDUL, o empreiteiro não será obrigado a apresentar desenhos de pormenor para a execução, vulgo “shop drawings”.

Os desenhos para efeitos de concurso serão apresentados em formato A3. Contudo, os desenhos para a obra poderão ser apresentados em folhas com tamanhos diferentes, que melhor se enquadrem nas escalas especificadas.







BIBLIOGRAFIA

1	AASHTO	Guide for Design Pavement Structures, AASHTO, Washington, 1993
2	ANE	ANE's Design Standards - Draft, ANE, 2001
3	ANE	Geometric Design Manual V1 19 02 2017
4	ANE	Pavement Design Manual – Draft, 2018
5	ANE	Rehabilitation Design Manual for Bituminous Roads, 2nd draft, 08 Jan 2018
6	AFCAP	Design Manual for Low Volume Sealed Roads Using DCP Design Method, Ministry of Transport and Public Works, Malawi, 2013
7	ARRB	Roads Materials Best Practice Guide, Australia Government, Department of Infrastructures, Transport, March 2020
8	ARRB	Sealed Roads Best Practice Guide, Australia Government, Department of Infrastructures, Transport, March 2020
9	ARRB	Unsealed Roads Best Practice Guide, Australia Government, Department of Infrastructures, Transport, March 2020
10	Austrorads	AGR01-15 Introduction to Road Design, Austrorads, Sydney, 2015
11	Austrorads	AGR02-19 Guide to Road Design, Austrorads, Sydney, 2019
12	Austrorads	AGR03-16 Geometric Design, Austrorads, Sydney, 2016
13	Austrorads	AGR04-17 Intersections and Crossings - General, Austrorads, Sydney, 2017
14	Austrorads	AGR04-A Unsignalised and Signalised Intersections, Austrorads, Sydney, 2017
15	Austrorads	AGR04-B Roundabouts, Austrorads, Sydney, 2015
16	Austrorads	AGR05 – Drainage – General and Hydrology Considerations, Austrorads, Sydney, 2013
17	Austrorads	AGR05A – Drainage – Road Surface, Networks, Basins and Subsurface Considerations, Austrorads, Sydney, 2013
18	Austrorads	AGR05B – Drainage – Open Channels, Culverts and Floodways, Austrorads, Sydney, 2013
19	Austrorads	AGR06 – Road Design, Safety and Barriers, Austrorads, Sydney, 2010
20	Austrorads	AGR06A – Paths for Walking and Cycling, Austrorads, Sydney, 2017
21	Austrorads	AGR06B – Road Environment, Austrorads, Sydney, 2015
22	Austrorads	AGR08 – Process and Documentation, Austrorads, Sydney, 2009
23	Austrorads	AGTP01 – Introduction to Pavement Technology, Austrorads, Sydney, 2009
24	Austrorads	AGTP02 – Pavement Structural Design, Austrorads, Sydney, 2009
25	Austrorads	AGTP03 – Pavement Surfacing, Austrorads, Sydney, 2009
26	Austrorads	AGTP04 – Pavement Materials, Austrorads, Sydney, 2007
27	Austrorads	AGTP04A – Granular Base and Subbase Materials, Austrorads, Sydney, 2008
28	Austrorads	AGTP04I – Earthworks Materials, Austrorads, Sydney, 2009
29	Austrorads	AGTP04J – Aggregate and Source Rock, Austrorads Sydney, 2008

30	Austroroads	AGTP05 – Pavement Evaluation and Treatment Design, Austroroads, Sydney, 2019
31	ASCE	ASCE Standard 58-18 Structural Design of Interlocking Concrete Pavement for Municipal Streets and Roadways, ASCE, Reston, Virginia, 2016 www.asce.org/bookstore
32	ASTM	ASTM C140-03 Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Units, ASTM International, 2017
33	ASTM	ASTM C936-82 Standard Specification for Solid Concrete Interlocking Paving Units, ASTM 1982
34	Batista, Carlos	Drenagem Superficial de Vias de Comunicação, ISEL, Departamento de Engenharia Civil, 2010
35	Bichanca, Maria	Bacias de retenção em zonas urbanas como contributo para a resolução de situações extremas: cheias e secas. FEUP, Universidade do Porto, 2006
36	Botelho, Manoel	Águas de Chuva 2a Ed, Editora Edgard Blucher Lda, São Paulo, 1998
37	Borges, Alberto	Topografia Aplicada à Engenharia Civil, Volume 1, Editora Blucher, São Paulo, 2a Ed 1977, Reimpressão de 2008
38	Borges, Alberto	Topografia Aplicada à Engenharia Civil, Volume 2, Editora Blucher, São Paulo, 2a Ed 1977, Reimpressão de 2008
39	COTO	TMH11 – Standard Survey Methods, COTO, Pretoria, 2017
40	Cidade de Sheridan	Storm Drainage Design Criteria, City of Sheridan, Wyoming, 2006
41	Cidade do Cabo	Minimum Standards Roads and Stormwater Design, The City of Cape Town's Transport and Urban Authority, July 2014
42	Cidade do Cabo	Minimum Standards for Civil Engineering Services in Townships, The City of Cape Town's Transport and Urban Authority, December 2007
43	Cidade de Sheridan	Storm Drainage Design Criteria, City of Sheridan, Wyoming, 2006
44	Cidade do Cabo	Minimum Standards Roads and Stormwater Design, The City of Cape Town's Transport and Urban Authority, July 2014
45	Cidade do Cabo	Minimum Standards for Civil Engineering Services in Townships, The City of Cape Town's Transport and Urban Authority, December 2007
46	CMA	Concrete Paving Blocks – Book 1 – Introduction, CMA, Pretoria, 2004 www.cma.org.za
48	CMA	Concrete Paving Blocks – Book 2 – Design Aspects, CMA, Pretoria, 2004 www.cma.org.za
49	CMA	Concrete Paving Blocks – Book 3 – Specification and Installation, CMA, Pretoria, 2004 www.cma.org.za
50	CONTRAN	Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, Volume I – Sinalização Vertical de Regulamentação, CONTRAN, Brasília, 2005
51	CONTRAN	Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, Volume IV – Sinalização Horizontal, CONTRAN, Brasília, 2007
52	CUTA	Draft UTG 1, Guidelines for The Geometric Design of Urban Arterial Roads, The Department of Transport, Pretoria, 1986
53	CUTA	Draft UTG 2, Structural Design of Segmental Pavement Blocks in Southern Africa, The Department of Transport, Pretoria, 1987

54	CUTA	Draft UTG 3, Structural Design of Urban Roads, The Department of Transport, Pretoria, 1988, Reprinted 1993
55	CUTA	Draft UTG 7, Geometric Design of Urban Local Residential Streets, The Department of Transport, Pretoria, 1989, Reprinted 1993
56	CUTA	Draft UTG 10, Guidelines for The Geometric Design of Commercial and Industrial Local Streets, The Department of Transport, Pretoria, 1990
57	De Barros, Joana	Estudo Integrado de Vias Urbanas, U. Porto, Faculdade de Engenharia, Julho 2008
58	Decreto 3/2003 de 1 de Julho	Regulamento dos Sistemas Públicos de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais
59	Decreto 5/2016 de 8 de Março	Regulamento de Contratação de Empreitada de Obras Públicas, Fornecimento de Bens e Prestação de Serviços ao Estado
60	Decreto 54/2015 de 31 de Dezembro	Regulamento Sobre o Processo de Avaliação do Impacto Ambiental
61	Decreto 1/2011 de 23 de Março	Código da Estrada
62	Decreto 51/2009 de 29 de Setembro	Regulamento de Sinais de Trânsito
63	Department of Human Settlements - SA	The Neighbourhood Planning and Design Guide – The Red Book – Guidelines for Human Settlement Planning and Design – Volume 2, CSIR, Pretoria, 2000, Reprint 2005
64	Department of Transport, UK	Traffic Signs Manual, The Stationary Office (TSO), London, 2018 http://www.gov.uk
65	DNER	Glossário de Termos Técnicos Rodoviários, Ministério dos Transportes, DNER, Rio de Janeiro 1997;
67	DNER	Manual de Drenagem de Rodovias, Ministério dos Transportes, DNER, Rio de Janeiro 1990;
68	DNIT	NORMA DNIT 015/2006 – ES Drenagem - Drenos subterrâneos - Especificação de Serviço
69	DNIT	NORMA DNIT 108/2009 - ES Terraplenagem - Aterros - Especificação de Serviço
70	DNIT	Directrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Programas Ambientais Rodoviários, Publicação IPR – 729, 2006
71	DNIT	Álbum de Projectos-tipo de Dispositivos de Drenagem Publicação IPR – 725, 2006
72	DNIT	Manual de Drenagem de Rodovias, Publicação IPR – 724, 2006
73	DNIT	Projecto de Drenagem e Obras de Arte, Publicação ISF - 210
74	DNIT	Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem, Publicação IPR – 715, 2005
75	Franco, Edu	Dimensionamento de Bacias de Detenção das Águas Pluviais com base no Método Racional

76	Filho, Reynaldo	Apostila de ECV310 - Fundamentos de Cartografia, Topografia e Estradas, www.academia.edu , Rio Panaráiba 2011
77	Heinstringe, Fred	Quality Assurance in Surveying and Mapping, Cheves Media, 2009, www.TheAmericanSurveyor.com
78	Issá, Abdul <i>et al</i>	Código da Estrada Anotado e Legislação Complementar, Lexis Publicações, Dezembro 2011
79	ICPI	Tech Spec – 4 Structural Design of Interlocking Concrete Pavement for Roads and Lots, ICPI, 2010, www.icpi.org
80	Jabôr, Marcos	Drenagem de Rodovias – Estudos Hidrológicos e Projectos de Drenagem, Marcos Jabôr, 2017.
81	Lima, Herlander <i>et al</i>	Bacias de retenção para gestão do escoamento: métodos de dimensionamento e instalação. Revista Escola de Minas. IST, Lisboa 2006
82	Macedo, Edivaldo	Noções de Topografia para Projectos Rodoviários, www.academia.edu
83	Martins, Francisco	Dimensionamento hidrológico e hidráulico de passagens inferiores rodoviárias para águas pluviais, Universidade de Coimbra, Março 2000
84	Miguez, Marcelo <i>et al</i>	Drenagem Urbana, Elsevier Editora, São Paulo, 2016
85	Município de Santa Catarina	Manual para Execução de Serviços Topográficos, Companhia Catarinense de Água e Saneamento, Florianópolis, 2006
86	Município de Toledo, PR	Manual de Drenagem Urbana – Volume I, www.toledo.pr.gov.br , Agosto 2017
87	Peroni, Carolina <i>et al</i>	Avaliação da inserção urbana de bacias de detenção de águas pluviais em dois condomínios residenciais nos Municípios de Araraquara e São Carlos, São Paulo – Brasil. ANAP Cidades Verdes v 04, no 10, 2016
88	Pontes Filho, Glauco	Estradas de Rodagem - Projecto Geométrico, Instituto Panamericano de Carreteras do Brasil, www.icp.org.br 1998
89	Ramos, Carlos	Directrizes básicas para projectos de drenagem urbana no Município de São Paulo, Fundação Centro Tecnológico Hidráulico, Prefeitura do Município de São Paulo
90	SANRAL www.sanral.co.za	Drainage Manual, 6th Edition, 2013
91	SANRAL	SAPEM – Chapter 2 – Pavement Composition and Behaviour, 2nd Ed, October 2013
92	SANRAL	SAPEM – Chapter 3 – Materials Testing
93	SANRAL	SAPEM – Chapter 4 – Standards
94	SANRAL	SAPEM – Chapter 6 – Road Prism and Pavement Investigation
95	SANRAL	SAPEM – Chapter 7 – Geotechnical Investigation and Design Considerations
96	SANRAL	SAPEM – Chapter 8 – Materials Sources
97	SANRAL	SAPEM – Chapter 9 – Materials Utilization and Design
98	SANRAL	SAPEM – Chapter 10 – Pavement Design

99	SANRAL	TRH3 – Design and Construction of Surfacing Seals, SANRAL, Pretoria, 2007
101	SANRAL	TRH4 – Structural Design of Flexible Pavements for Interurban and Rural Roads, SANRAL, Pretoria, 1996
102	SANRAL	TRH14 – Guidelines for Road Construction Materials, SANRAL, Pretoria, 1985
103	SANRAL	TRH20 – The Structural Design, Construction and Maintenance of Unpaved Roads, SANRAL, Pretoria, 1990
104	SANRAL	TMH5 – Sampling Methods for Roads Construction Materials, SANRAL, Pretoria,
105	Skorseth, Kern <i>et al</i>	Gravel Roads Maintenance and Design Manual, US Department of Transportation, South Dakota Local Transportation Program, November 2000
106	US Army Corps of Engineer	Geodetic and Control Survey, US Army, Washington, 2002
107	US Army Corps of Engineer	Control and Geodetic Survey, US Army, Washington, 2007
108	USDA	Earth and Aggregate Surfacing Design Guide, Agricultural Engineering, Technical Note No. AEN-4, 2017 www.ascr.usda.gov
109	Vaz, AC	Manual de Hidrologia, UEM, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil
110	Veiga, Luiz <i>et al</i>	Fundamentos de Topografia, www.cartografica.ufpr.br 2007
111	Washington State Department of Natural Resources	Standards and Guidelines for Land Surveying Using Global Positioning System Methods, WSDNR, Washington, 2004
112	Western Australia Main Roads mainroads.gov.au	Drawings Required for a Roadworks Contract, Document No. D12#66464, rev. 6th, 31 August 2015







ANEXOS

ANEXO A

LISTA DE ACRÓNIMOS

AADT	<i>Average Annual Daily Traffic</i>
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ADT	Tráfego Médio Diário (<i>Average Daily Traffic</i>)
AFCAP	African Community Access Program
ANE	Administração Nacional de Estradas
ARRB	Australian Road Research Board
ASTM	American Society for Testing Materials
AUSTROADS	Australasian Road Transport and Traffic Agencies
AGPT	Austroroads - Guide to Pavement Technology
AGRd	Austroroads - Guide to Road Design
BVC	Início da Curva Vertical (<i>Beginning of the Vertical Curve</i>)
BS	British Standards
BIS	Bureau of Indian Standards
CSIR	Council for Scientific and Industrial Research
CBR	Índice de Resistência Californiano (<i>California Bearing Ratio</i>)
CMA	Concrete Manufacturers Association - África de Sul
CMAA	Concrete Masonry Association of Australia
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito, Brasil
CUTA	Committee of Urban Transport Authorities
DCP	Cone de Penetração Dinâmica (<i>Dynamic Cone Penetrometer</i>)
DESA	Eixos Padrão Equivalentes para Dimensionamento (<i>Design Equivalent Standard Axles</i>)
DF	<i>Drainage Factor</i>
DN	Penetração média do DCP numa camada de pavimento em mm/pancada
DNGRH	Direcção Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - Brasil
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - Brasil
DSN ₈₀₀	Número de pancadas necessárias (DCP) para penetrar 800mm no pavimento
EF	Factor de Equivalência (<i>Equivalent Factor</i>)
EDM	Electricidade de Moçambique

ESA	Carga de Eixo Simples Equivalente (<i>Equivalent Single Axle Load</i>)
ESAS	Eixos Padrão Equivalentes (<i>Equivalent Standard Axles</i>)
EVC	Fim de Curva Vertical (<i>End of the Vertical Curve</i>)
FAA	Federal Aviation Administration - USA
FH	Transporte Livre (<i>Free Haul</i>)
FHWA	Federal Highway Administration - USA
FIPAG	Fundo de Investimento e Patrimônio do Abastecimento de Água
GDP	Produto Interno Bruto (PIB) (<i>Gross Domestic Product</i>)
HDM	Modelo de Gestão e Desenvolvimento de Estradas (<i>Highway Development and Management Model</i>)
HGV	Veículo de Transporte Pesado (<i>Heavy Goods Vehicle</i>)
HMA	Mistura Asfáltica a Quente (<i>Hot Mixed Asphalt</i>)
HV	Veículo Pesado (<i>Heavy vehicle</i>)
INNOQ	Instituto Nacional de Normalização e Qualidade
LEM	Laboratório de Engenharia de Moçambique
LVRs	Estradas de Baixo Volume de Tráfego (<i>Low Volume Roads</i>)
MAEFP	Ministério da Administração Estatal e Função Pública
MITADER	Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural
MOPHRH	Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos
PC	Ponto de Curvatura (<i>Point of Curvature</i>)
PCA	Portland Cement Association - USA
PCU	Unidades de Passageiros em Viatura (<i>Passenger Car Units</i>)
PI	Ponto de Intersecção (<i>Point of Intersection</i>)
PT	Ponto de Tangente (<i>Point of Tangent</i>)
PVI	Ponto de Intersecção Vertical (<i>Point of Vertical Intersection</i>)
SAPEM	South Africa Pavement Engineering Manual
SANRAL	South African National Roads Agency Soc Ltd
SATCC	Southern Africa Transport and Communications Commission
SC	Curva Espiral (<i>Spiral Curve</i>)
SE	Super Elevação (<i>Super Elevation</i>)
TMH	Technical Method for Highways - África do Sul
TRH	Technical Recommendations for Highways - África do Sul
TRL	Transport Research Laboratory - UK
UCS	Resistência a compressão simples (<i>Unconfined Compressive Strength</i>)
USACE	US Army Corps of Engineers
USDA	United States Department of Agriculture
USDT	United States Department of Transportation
UTG	Urban Transport Guidelines - África do Sul

DEFINIÇÕES

Auto-estrada	Via pública destinada a trânsito rápido, com separação física de faixas de rodagem, sem cruzamentos de nível ou acesso a propriedades marginais, com acessos condicionados e sinalizados como tal.
Berma	Superfície de via pública, não especialmente destinada ao trânsito de veículos, que ladeia a faixa de rodagem.
Caminho	Via pública especialmente destinada ao trânsito local em zonas rurais.
Cruzamento	Zona de intersecção de vias públicas ao mesmo nível.
Eixo da faixa de rodagem	Linha longitudinal, materializada ou não, que divide uma faixa de rodagem em duas partes, uma para cada sentido de trânsito.
Entroncamento	Zona de junção ou bifurcação de vias públicas.
Estrada	Via de comunicação terrestre especialmente destinada ao trânsito de veículos.
Estrada Nacional	Estradas Primárias e Secundárias.
Estrada Primária	Estradas que ligam as capitais provinciais, outras cidades, os principais portos e os principais postos de fronteira.
Estrada Regional	Estradas Terciárias e Vicinais.
Estrada Secundária	Estradas que ligam estradas primárias, capitais provinciais, portos fluviais e marítimos, estradas primárias e centros de grande importância económica, estradas primárias e outros postos de fronteira.
Estrada Terciária	Estradas que ligam as estradas secundárias a outras estradas secundárias e a estradas primárias, os centros distritais aos postos administrativos e aos centros de grande importância económica.
Estrada Vicinal	Estradas que ligam as estradas terciárias, os postos administrativos e outros centros populacionais.
Estrada Não Classificada	Estradas e picadas fora da classificação.
Estrada asfaltada	Estrada que tem o revestimento em betão betuminoso.
Estrada de terra natural	Estrada com uma superfície do solo local;
Estrada terraplanada	Estrada com uma superfície de saibro.
Faixa de rodagem	Parte da via pública especialmente destinada ao trânsito de veículos.
Lama asfáltica	Mistura em consistência fluida de agregados miúdos, material de enchimento (<i>filler</i>), emulsão asfáltica e água, devidamente espalhada, formando um tratamento betuminoso.
Limpeza de terreno	1) Operação que consiste na remoção de entulho e retirada de vegetação rasteira do leito da via, ou mais comumente, da faixa da estrada a ser implantada. 2) Remoção de raízes da camada superficial (terra). 3) Remoção da camada superficial de terra, após escavação.
Linha central	1) Eixo de simetria da plataforma. 2) Linha que indica a divisão da superfície pavimentada, separando os fluxos de sentidos opostos e que não se acha necessariamente no centro geométrico da secção horizontal do pavimento.

Linha contínua	Linha não interrompida, pintada sobre o pavimento, que significa proibição de ser transposta.
Linha de faixa contínua	Linha de faixa sem interrupção e que significa proibição de ultrapassagem.
Linha de faixa interrompida	Linha de faixa que sofre interrupções, permitindo a ultrapassagem de veículos.
Lixiviação	1) Remoção das partículas solúveis e/ou coloidais de um solo pela percolação de água. 2) Processo que sofrem as rochas e solos ao serem lavados pelas águas das chuvas.
Macadame	Camada constituída por pedra britada graúda mais ou menos uniforme, interpenetrada por compactação, que frequentemente recebe material de enchimento e aplicação de aglutinante.
Macadame hidráulico	Camada de agregado graúdo, cujos vazios são cheios de agregados miúdos com intervenção de água sob pressão.
Ondulação	Sequência de deformações na pista, sensivelmente regulares, e em forma de pequenas ondas, provocadas geralmente por defeitos na execução do subleito, das camadas de base e sub-base, ou então por causa da instabilidade dos aterros e da acção de cargas.
Paragem	Imobilização de um veículo pelo tempo estritamente necessário para a entrada ou saída de passageiros, ou para breves operações de carga ou descarga, desde que o condutor esteja pronto a retomar a marcha e o faça sempre que estiver a impedir a passagem de outros veículos.
Parque de estacionamento	Local exclusivamente destinado ao estacionamento de veículos.
Passagem de nível	Local de intersecção ao mesmo nível de uma via pública ou equiparada com linhas ou ramais ferroviários.
Passeio	Parte que ladeia a faixa de rodagem, destinada exclusivamente ao trânsito de peões.
Pedra (material)	Fragmento pequeno de rocha.
Pedregulho	1) Fragmento natural de rocha, geralmente de forma arredondada, com diâmetro compreendido entre 4,8 mm e 76 mm. (Sin.: Cascalho). 2) Agregado graúdo que pode ser utilizado em betão sem sofrer nenhum tratamento, a não ser lavagem e selecção.
Permeabilidade	1) Propriedade que um material tem de se deixar atravessar por fluido ou som. 2) Propriedade de rocha ou solo de se deixar atravessar pela água de infiltração. 3) Propriedade que apresentam os solos saturados, que permite fluxo de água através dos seus vizinhos.
Plataforma	Parte das arestas internas das valetas laterais da estrada.
Pontão	Pequena ponte, de comprimento geralmente inferior a uma dezena de metros e formada por um único vão.
Ponte	Obra destinada a dar continuidade a uma via de comunicação ou a uma canalização e transpondo, em geral, um curso de água.

Relatório de Impacto Ambiental (RIMA)	Documento que apresenta os resultados dos estudos técnicos e científicos de avaliação de impacto ambiental. Constitui um documento de processo de avaliação de impacto ambiental e deve esclarecer todos os elementos da proposta em estudo, de modo a que possam ser divulgados e apreciados pelos grupos sociais interessados e por todas as instituições envolvidas na tomada de decisão.
Relevo	Elevações ou desigualdades da superfície de um terreno, representadas graficamente mediante curvas de nível, curvas hipsométricas, sombreado, cotas, hachuras, por exemplo.
Rotunda	Praça formada por cruzamento ou entroncamento, onde o trânsito se processa em sentido giratório e sinalizada como tal.
Rua	Via de comunicação terrestre destinada ao trânsito dentro de um aglomerado urbano.
Saia de aterro	Superfície do terreno limitada pelas cristas e pés do aterro. (Sin.: Talude de Aterro).
Saibreira	Local de extracção e fabrico de material granular de origem aluvionar.
Saibro	Material oriundo da decomposição <i>in situ</i> do granito ou do gnaiss com a retirada dos silicatos aluminosos hidratados (argila) que são levados pelas águas, usado na preparação de argamassa para construção e nas camadas inferiores de pavimento.
Saprólito	Solo proveniente de alteração <i>in situ</i> da rocha matriz, apresentando vestígios da estrutura dessa rocha (textura e macroestrutura). Os seus minerais, com excepção do quartzo, encontram-se parcial ou totalmente alterados, com eventuais matações ou lentes de rocha intemperizada. Corresponde a um estágio de evolução do solo residual.
Sedimento	1) Material sólido que se encontra transitoriamente distribuído na água, ou que já se depositou sob acção da força da gravidade. 2) Material originado pela destruição de rocha pré-existente, susceptível de ser transportado e depositado.
Silte	1) Material sedimentar constituído por pequenas partículas de minerais diversos, com tamanho entre 0,05 mm e 0,005 mm. 2) Sedimento transportado ou depositado por água.
Sinalização	Conjunto dos sinais destinados a regular o trânsito.
Sinal de trânsito	Dispositivo instalado ao nível da pista, sobre ela ou adjacente, destinado a regulamentar, informar ou advertir o trânsito mediante palavras ou símbolos determinados.
Sinalização de advertência	Sinalização com considerável antecipação, em geral referente a impedimento de faixa para restauração, devido a acidente ou para apoio ao utilizador.
Sinalização de emergência	Sinalização utilizada em caso de emergência, isto é, situação crítica.
Sinalização de obras	Sinalização que informa sobre obras ou serviços de reparação em andamento.
Sinalização de trânsito	Conjunto de processos de comunicação visual e/ou sonora, através do qual as autoridades de trânsito informam os utilizadores sobre o modo de tornar mais seguras as operações nas redes viárias, além de permitir o aumento das vazões das vias públicas, pelo ordenamento dos fluxos de veículos e/ou pedestres.

Sinalização horizontal	Processo de sinalização, constituído por marcas executadas no plano horizontal, destinado a regulamentar, advertir ou indicar o trânsito de veículos e pedestres, no uso das vias, de forma mais segura e eficiente.
Sinalização vertical	Processo de sinalização, constituído por dispositivos montados sobre suportes, no plano vertical, fixos ou móveis, através dos quais são dados avisos oficiais, por meio de legendas ou símbolos, com o propósito de regulamentar, advertir ou indicar, o uso das vias pelos veículos e pedestres, da forma mais segura e eficiente.
Solo	Material existente na crosta terrestre proveniente da decomposição e/ou desagregação <i>in situ</i> das rochas pela acção do intemperismo, constituído por 3 fases (sólida, líquida e gasosa), de origem orgânica ou inorgânica.
Solo aluvionar	Solo constituído por detritos ou sedimentos que foram desprendidos de outras áreas mais altas e depositados em zonas mais baixas.
Solo arenoso	Solo com teor ponderável de areia.
Solo argiloso	Solo com teor ponderável de argila (com propriedades plásticas).
Solo coesivo	Solo que apresenta uma resistência considerável quando seco ao ar e uma resistência pouco significativa quando sujeito a teores de água crescentes.
Solo compressível	Solo que tem a característica de se deformar facilmente por compressão.
Solo erodível	Solo que tem a propriedade de se desagregar quando submetido à acção dos agentes atmosféricos.
Solo granular melhorado ou estabilizado com ligante hidráulico	Resultado do tratamento de solo granulado, seleccionado ou natural, cuja composição granulométrica esteja de acordo com dada faixa granulométrica, que tenha a densidade e a resistência à compressão requeridas e que é utilizada em sub-bases e bases.
Solo laterítico	Solo típico das regiões tropicais quentes e húmidas, cuja fracção argilosa tem uma relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ menor ou igual a 2, e apresenta baixa expansibilidade.
Solo natural	Solo como se apresenta na natureza, isto é, não tocado.
Solo residual	Solo formado <i>in situ</i> pela decomposição da rocha matriz, proveniente da acção de intemperismos físicos ou químicos. Pode ocorrer em vários estágios de evolução.
Superelevação	Inclinação transversal da pista nas curvas horizontais para compensar o efeito da força centrífuga sobre os veículos.
Talude	1) Superfície inclinada de qualquer parte da superfície terrestre. 2) Terreno inclinado, superfície inclinada (aterro ou escavação). 3) Inclinação da superfície de um terreno, do solo numa escavação ou aterro, de um muro. 4) Superfície definida pela área de acabamento de um corte ou aterro, formando um ângulo com o plano vertical, que é medido pela tangente deste ângulo. (V. Saia de Aterro).
Tálus	Depósito do sopé de escarpas, resultante da acção da gravidade sobre fragmentos rochosos soltos, normalmente misturados com terra.

Teor de humidade	1) Quantidade de água numa massa de material expressa em percentagem de peso de água na mesma. 2) Índice físico, expresso em percentagem, representado pela relação entre o peso da água e o peso dos sólidos contidos num determinado volume de solo. 3) Teor correspondente à humidade presente em agregados, que pode ser movida por aquecimento adequado a 105o C, expresso em % (peso em relação ao peso seco dos agregados).
Terraplanagem	Conjunto de operações de escavação, carga, transporte, descarga, compactação de solos, aplicadas na construção de aterros e cortes, dando à superfície do terreno a forma projectada para a construção de rodovias.
Tráfego	1) Transporte em veículos de mercadorias e/ou passageiros nas vias. 2) Utilização de qualquer via pública para fins de circulação ou de estacionamento por parte de pedestres, de animais montados ou conduzidos, e de veículos de qualquer espécie, isolados ou em grupos.
Tráfego convergente	Confluência e integração de um único fluxo, de dois ou mais fluxos de tráfegos diferentes.
Tráfego divergente	Divisão das correntes de circulação em dois ou mais fluxos de tráfego.
Tráfego médio diário	Tráfego que se verifica em média por dia, quando se considera determinado período de tempo e determinada via.
Tráfego médio diário anual	Tráfego médio diário quando o período de consideração é de um ano.
Tráfego médio horário	Tráfego médio por hora quando se considera um determinado período de tempo, em determinada via.
Trânsito	Movimento de pessoas, veículos e semoventes que utilizam uma via de transporte terrestre.
Tratamento de solo	Operação destinada à melhoria de características de um dado solo mediante mistura íntima com outros materiais.
Tratamento superficial	Revestimento constituído pela aplicação de material betuminoso sobre a base, seguida de cobertura de agregado, podendo esta operação ser repetida 2 a 3 vezes, formando 1, 2 ou 3 camadas.
Tratamento superficial duplo	Tratamento superficial feito em duas camadas.
Tratamento superficial simples	Tratamento superficial feito numa só camada.
Tubo shelby	Tubo de parede delgada (amostrador) que permite a retirada de amostras de solo de grande profundidade, após cravação em solo não perturbado, no fundo de um furo de sondagem.
Turfa	Solo com grande percentagem de partículas fibrosas de material carbonoso, ao lado de matéria orgânica no estado coloidal, com coloração castanha-escura a preta; material mole, não plástico, combustível e de cheiro característico, além de consistência fofa.

Vala	1) Escavação a céu aberto destinada a recolher e conduzir águas. 2) Canal pequeno, geralmente estreito, construído ao longo da estrada para receber e evacuar as águas fluviais que escoam para a estrada.
Valeta	Vala de pequena secção transversal para recolha e escoamento de águas superficiais.
Valeta de pé	Valeta construída ao pé de um talude.
Valeta de protecção	Valeta normalmente aberta no terreno natural acima das cristas dos taludes de corte, que serve para recolher e escoar águas superficiais.
Valeta de protecção de aterro	Valeta construída ao pé de um talude.
Vassoura mecânica	Máquina, rebocada ou autopropulsada, munida de escovas montadas em rolos, em placas rotativas ou em simples travessões, cuja finalidade é limpar pavimentos e vias.
Vazadouro	Local onde se despejam detritos ou líquidos.
Via de aceleração	Via de trânsito resultante do alargamento da faixa de rodagem e destinada a permitir que os veículos que entram numa via pública adquiram a velocidade conveniente para se incorporarem na corrente de trânsito principal.
Via de abrandamento	Via de trânsito resultante do alargamento da faixa de rodagem, destinada a permitir que os veículos que vão sair de uma via pública diminuam a velocidade já fora da corrente de trânsito anterior.



ANEXO B

NOTAS COMPLEMENTARES SOBRE LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

BI. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE SISTEMAS GEODÉSICOS

BI.1. SISTEMA WGS 84

Segundo a definição do Wikipedia, o sistema **WGS 84 (World Geodetic System)** (aka **WGS 1984, EPSG:4326**) é uma norma usada em cartografia de origem geocêntrica utilizado pelo GNSS do DoD e pelo Sistema de Posicionamento Global - (GPS), definida em 1984 e cuja última revisão se deu em 2004. É composta por um sistema de coordenadas para a Terra, uma superfície de referência esferoidal padrão (a base ou elipsóide de referência) para dados de altitude, e uma superfície gravitacional equipotencial (o geóide) que define o nível médio do mar.

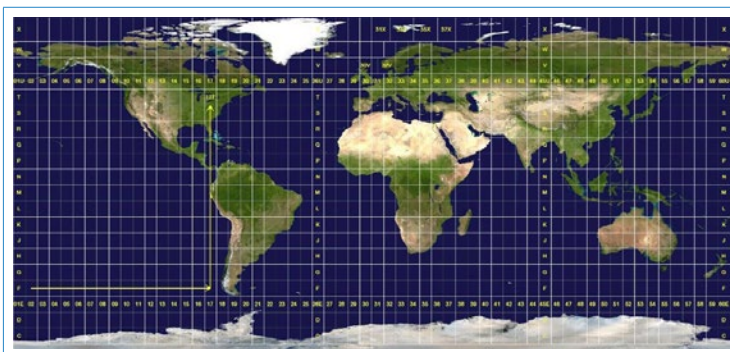
BI.2. O CONCEITO DE GPS

O sistema de posicionamento global, mais conhecido pela sigla **GPS** (em inglês *global positioning system*), é um sistema de navegação por satélite que fornece a um aparelho receptor móvel a sua posição, assim como o horário, sob quaisquer condições atmosféricas, a qualquer momento e em qualquer lugar na Terra; desde que o receptor se encontre no campo de visão de três satélites GPS (quatro ou mais para precisão maior). Encontram-se em funcionamento dois desses sistemas: o GPS americano e o GLONASS (versão russa do GPS)

BI.3. O CONCEITO DE UTM

Universal Transversa de Mercator (UTM) utiliza um sistema de coordenadas cartesianas bidimensional para dar localizações na superfície da Terra. É uma representação de posição horizontal, isto é, é utilizada para identificar os locais na Terra independentemente da posição vertical, mas difere do método tradicional de latitude e longitude, em vários aspectos. O sistema UTM não é uma simples projecção de mapa. Em vez disso, divide a Terra em sessenta zonas, cada uma sendo uma banda de seis graus de longitude, e utiliza uma projecção de mercator transversal secante em cada zona.

Figura B-1. As 60 zonas UTM do mundo



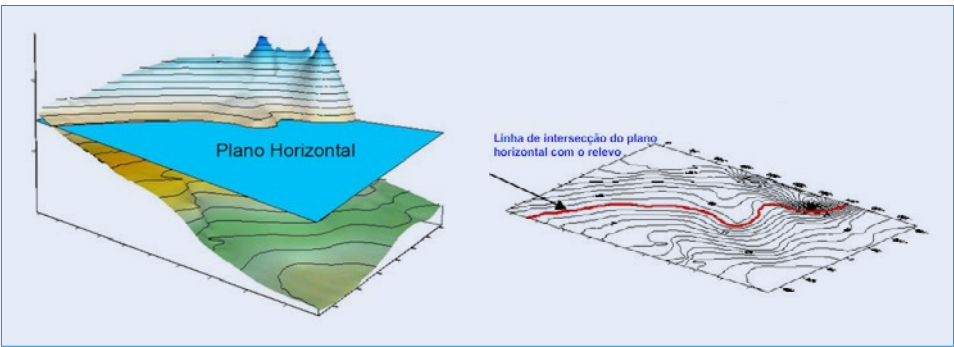
B2. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

B2.1. PLANTAS TOPOGRÁFICAS

Os mapas ou plantas topográficas são representados a partir curvas de nível e/ou pontos cotados e constituem uma ferramenta essencial para o desenvolvimento de projectos de estradas.

As curvas de nível, são a forma mais tradicional para a representação do relevo. Podem ser definidas como linhas que unem pontos, na superfície do terreno, com a mesma cota ou altitude. Representam em projeção ortogonal a interseção da superfície do terreno com planos horizontais imaginários paralelos com o terreno, tal como representa a Figura B-2.

Figura B-2. Representação do relevo por curvas de nível



Fonte: Veiga at all

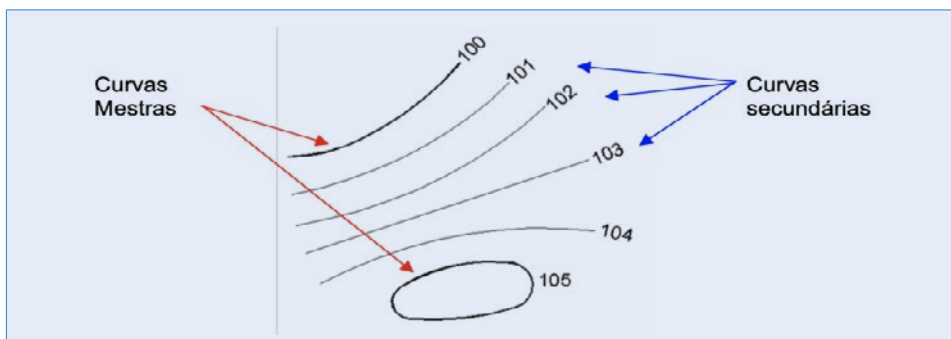
A diferença de cota ou altitude entre duas curvas de nível é denominada de equidistância vertical ou o intervalo entre curvas de nível. A equidistância escolhida para cada trabalho depende basicamente de dois factores: a escala da carta e a declividade ou sinuosidade do terreno. Exemplos de equidistâncias são apresentados na Tabela B-1

Tabela B-1. Exemplos de equidistâncias

Escala	Equidistância
1:500	0,25 a 0,50m
1:1 000	1,00 m
1:2 000	2,00 m
1:5 000	5,00 m
1:10 000	10,00 m
1:50 000	20,00 m
1:100 000	50,00 m

As curvas de nível podem ser classificadas em curvas mestras ou principais e curvas secundárias. As mestras são representadas com traços diferentes das demais (mais espessos, por exemplo), sendo todas numeradas, tal com ilustra a Figura B-3. As curvas secundárias complementam as informações.

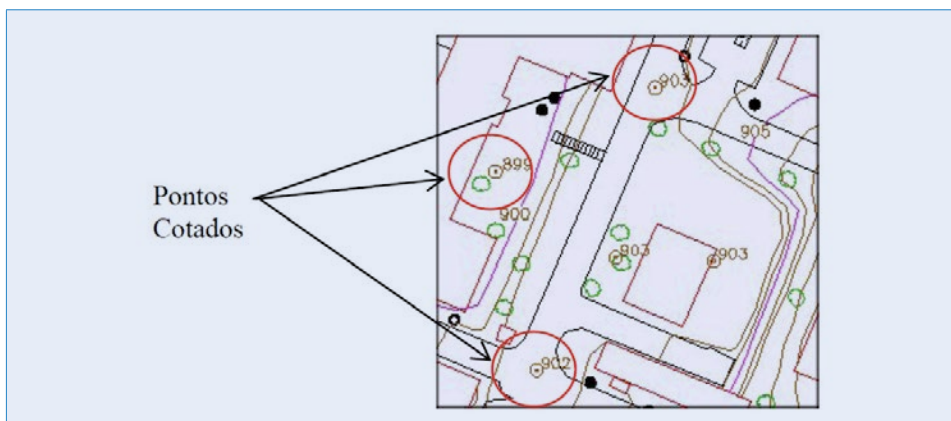
Figura B-3. Curvas mestras e secundárias



B2.2. PONTOS COTADOS

Ponto Cotado: é a forma mais simples de representação do relevo; as projecções dos pontos no terreno têm representado ao seu lado as suas cotas ou altitudes como ilustra a Figura B-4. Em levantamentos topográficos para projectos de estradas são normalmente empregados para evidenciar as cotas dos cruzamentos de vias, picos de morros, caixas de inspecção, níveis invertidos de passagens hidráulicas, cotas de soleira, etc..

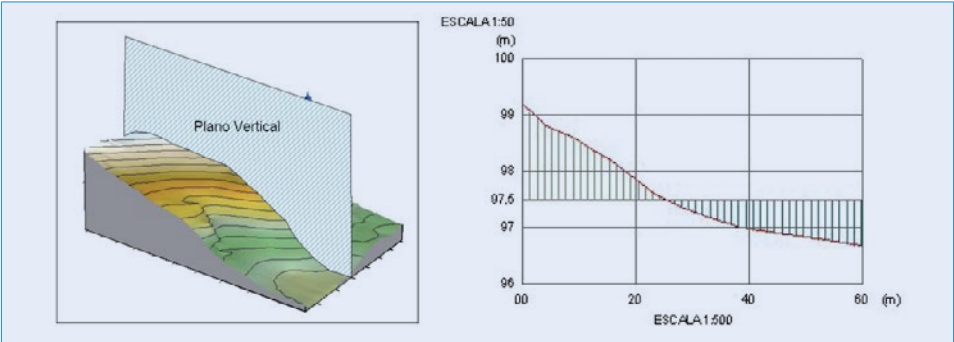
Figura B-4. Exemplo de pontos cotados



B2.3. PERFIS DO TERRENO

O perfil de um terreno é a representação da intersecção de um plano vertical com o relevo como ilustra a Figura B-5. É um tipo de representação gráfica do terreno bastante útil para projectos de estradas, na definição da rasante da estrada a partir do perfil longitudinal. São igualmente obtidos perfis transversais do terreno, igualmente uteis pois complementam a visualização das condicionantes à definição do perfil longitudinal da estrada, tais como cotas das propriedades adjacentes ao corredor da estrada, cotas de soleira, etc.

Figura B-5. Representação do perfil de um terreno



Fonte: Veiga et all

Para efeitos de representação gráfica, é normal apresentar-se os perfis com as escalas verticais diferenciadas das escalas horizontais. Por exemplo, em perfis longitudinais, a escala vertical normalmente empregue é com uma distorção de 10 vezes da escala horizontal. No exemplo da Figura B-5 acima, a escala horizontal é 1:500 enquanto a vertical é 1:50. A escolha do grau de distorção da escala vertical é influenciado pelo declive do terreno, pela escala do desenho e pelo tamanho da folha deste. No caso de perfis transversais, a distorção da escala vertical pode ser apenas o dobro ou até a metade da escala horizontal, sendo normal encontrarem-se escalas do tipo V 1:100, H 1:200; V=1:50, H=1:200. Para efeitos de estudo detalhado de engenharia é usual não optar por distorcer as escalas.

B3. CLASSIFICAÇÃO DOS RELEVOS

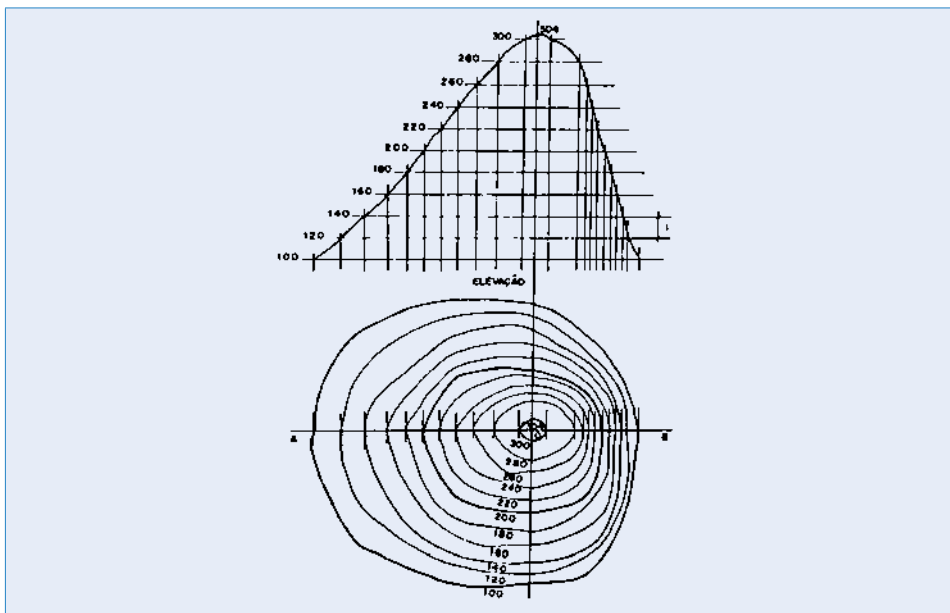
Em projecto de estradas, é normal adoptar-se um sistema de classificação do relevo do terreno em função do declive. Um exemplo deste tipo de classificação é dado na Tabela B-2 na qual a classificação é dada em função do numero de curvas de nível com a equidistância de 5m que atravessam um plano vertical numa determinada secção da estrada.

Tipo do terreno	Interpretação
Plano	0 ou 10 curvas de nível de 5m por cada km. A inclinação do terreno natural perpendicular as curvas de nível do terreno é geralmente menor do que 3%.
Sinuoso	11 a 25 curvas de nível de 5m por cada km. A inclinação do terreno natural perpendicular as curvas de nível do terreno é geralmente entre 3 e 25%
Montanhoso	26 a 50 curvas de nível de 5m. A inclinação do terreno natural perpendicular as curvas de nível do terreno é geralmente maior do que 25%
Escarpa	As escarpas são formações geológicas que requerem critérios padronizados especiais de geometria, pelos riscos de engenharia que acarretam. Contudo, os gradientes típicos são superiores aos dos terrenos montanhosos.

B4. INTERPRETAÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL

Borges, A., na sua publicação Topografia Geral Aplicada a Engenharia Civil, Vol II, fornece exemplos para a interpretação rápida de curvas de nível, que se apresenta nas figuras seguintes.

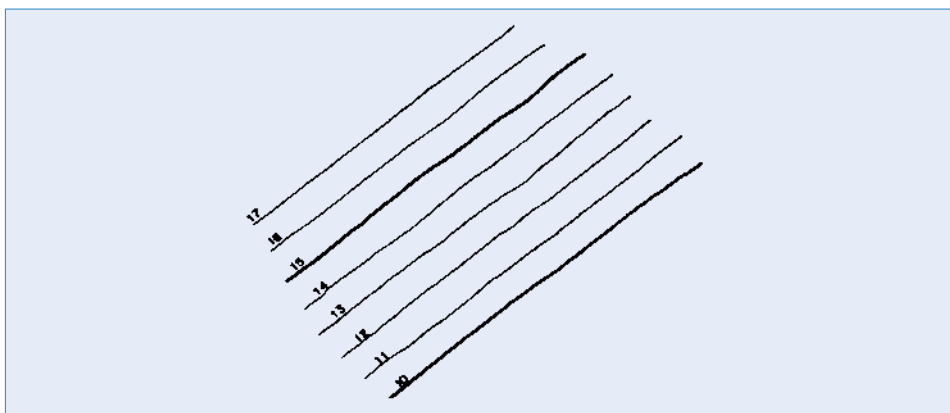
Figura B-6. Representação do perfil e planta de um terreno



Na Figura B-6 o valor i representa o intervalo entre as curvas de nível ou a equidistância, sendo neste caso 20m. O Perfil transversal é a projecção do corte A-B. Observando apenas a planta pode-se ver que o a encosta O B à direita é mais íngreme que a encosta O A à esquerda. Esta é uma indicação de que é possível visualizar o altimetricamente um terreno a partir da planta topográfica.

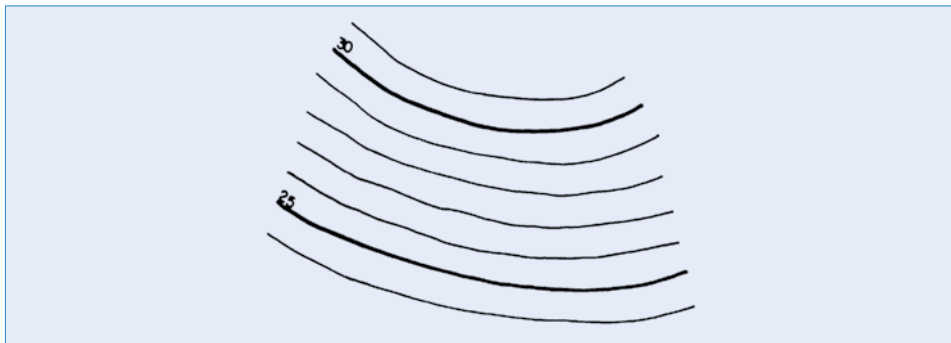
O exemplo seguinte, da Figura B-7 representa um terreno em plano uniformemente inclinado, com uma equidistância de 1m.

Figura B-7. Exemplo de terreno plano uniformemente inclinado



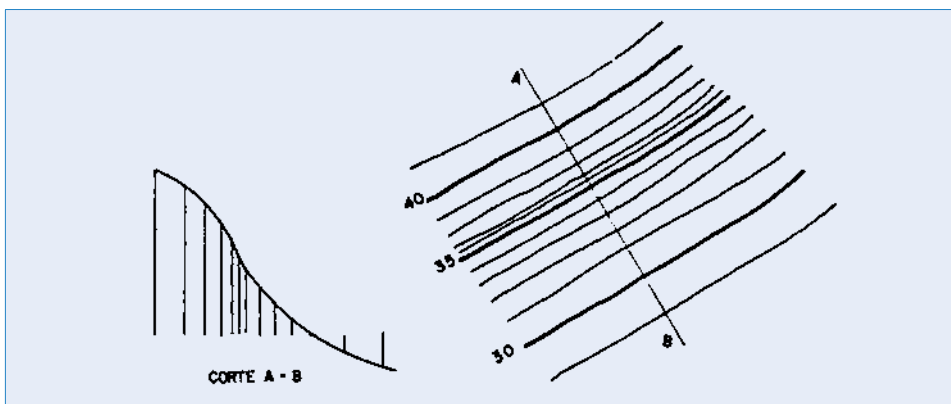
O exemplo seguinte é um terreno em curva uniformemente inclinado, com equidistância de 1m.

Figura B-8. Terreno em curva, uniformemente inclinado



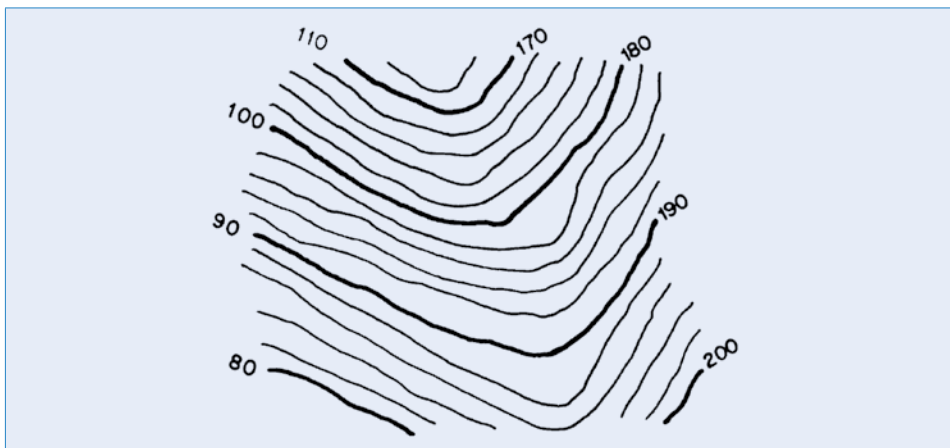
O Exemplo da Figura B-9 é um exemplo de um terreno com variações no declive. De A para B o declive aumenta paulatinamente e depois diminui, tal como ilustra o corte auxiliar A-B.

Figura B-9. Exemplo de terreno com variação de declive, equidistância = 1m



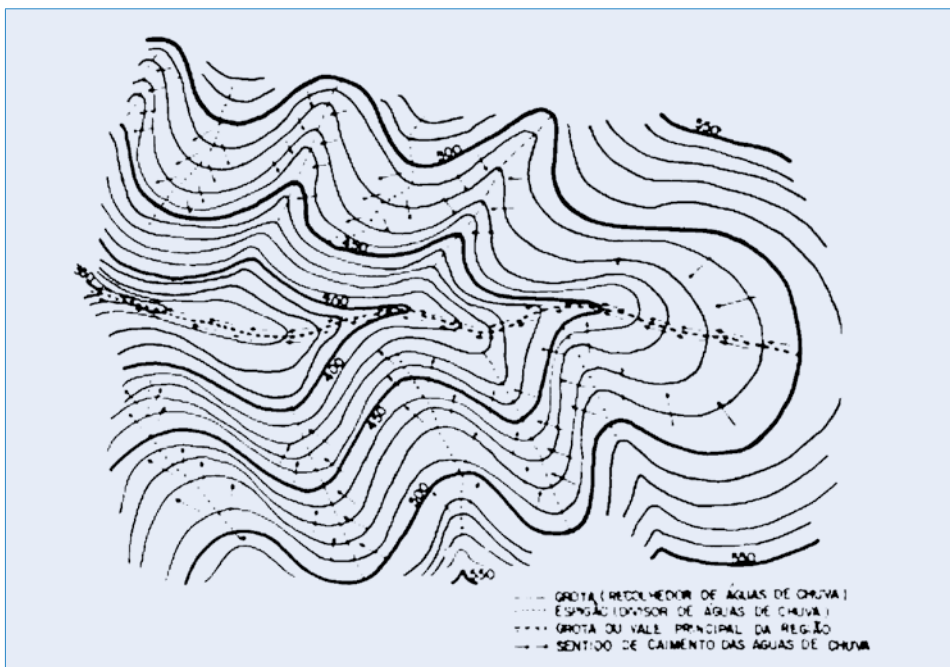
A Figura B-10 seguinte é uma montagem de dois terrenos diferentes, no caso de termos em conta as cotas assinaladas à esquerda (110, 110, 90, 80) teremos um espigão ou linha de cumeada, que é uma curva de formato convexo, divisor de águas de chuva. Por outro lado, se tomarmos as cotas à direita (170, 180, 190, 200), teremos uma grotta ou linha de água, que é uma curva côncava. Devido a acção da gravidade as águas caminham na linha de maior declive, que é perpendicular às curvas de nível.

Figura B-10. Montagem de dois terrenos diferentes, equidistância – 2m



A Figura B-11 seguinte é uma planta de uma região mais vasta área onde aparecem muitas curvas de nível, mesmo considerando a equidistância de 10m. A figura mostra, à direita, o nascimento de um vale, representado por duas linhas tracejadas. É para este vale que convergem as varias linhas de água indicadas a tracejado simples. As linhas de cumeada ou difusoras de águas de chuva localizam-se nas curvaturas côncavas, sendo ladeadas por duas linhas de água. As setas indicam o sentido das águas da chuva.

Figura B-11. Exemplo de um planta topográfica na formação de um vale



B5. DETALHES A CONSIDERAR NOS LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

Como requisito geral, todos os pormenores que tenham influência nas definições do projecto devem ser levantados. Os pontos capturados devem ser codificados, de acordo com uma lista de códigos pré-estabelecida. Nesta base, os detalhes que devem ser evidenciados pela topografia são:

- a) Os limites das estradas de terra, incluindo a forma convexa ou côncava da superfície e qualquer sobrelevação;
- b) Os limites do revestimento e/ou lancil (superior e inferior) em relação a todas as estradas revestidas, incluindo a forma convexa ou côncava da superfície e qualquer sobrelevação;
- c) As posições e níveis invertidos de todas as drenagens laterais (revestidas ou não);
- d) O tamanho, a posição e os níveis invertidos de todas as entradas e saídas de tubagem de drenagem e de águas pluviais, apesar da sua localização estar além da área de pesquisa definida. A entrada deve estar ligada à saída correcta quando mostrada nos desenhos finais do levantamento;
- e) Todos os detalhes da estrutura de drenagem, incluindo “muros ala”. Note-se que a posição, altura do “muro testa”, níveis invertidos e dimensões devem ser registados. Observação suficiente deve ser feita para permitir a extracção de uma secção ao longo da vala de drenagem e a extracção de uma secção transversal através da passagem hidráulica. A geração de curvas de nível precisas da área onde a estrutura de drenagem está localizada deve ser possível a partir das observações feitas;
- f) Todas as linhas de energia e telefone que mostram postes, torres ou estruturas, etc. Deve notar-se que todas as alturas livres acima do lancil da estrada devem ser registadas.
- g) Vedações;
- h) Coluna/pilar da ponte, juntas de expansão, largura e comprimento do tabuleiro e folgas horizontais e verticais em relação à passagem superior de pontes. Essas folgas devem ser medidas em relação às duas margens da estrada. A posição exacta em que as folgas foram medidas deve constar no desenho CAD;
- i) Todos os serviços municipais visíveis, como esgotos, águas, electricidade, postes, semáforos, etc., incluindo a sinalização de serviços subterrâneos;
- j) Tampas, níveis invertidos e cotas do terreno de todas as caixas de inspecção, onde o tipo de serviço, bem como o diâmetro do tubo e a direcção do escoamento, devem ser registados;
- k) Câmara de válvulas de adutoras existentes;
- l) ‘Topo’ e ‘pé’ dos taludes em corte e aterro e todas as alterações na inclinação do terreno que possam afectar a geração do modelo digital do terreno (DTM) e os contornos (estes servirão como linhas de ruptura no DTM final);
- m) Acessos existentes às propriedades adjacentes;
- n) Cruzamentos e intersecções (excluindo acessos secundários) devem ser levantados (toda a Reserva de Estradas) até uma distância de 200m ao longo da estrada/cruzamento onde a distância é medida a partir do eixo da estrada primária. Os destinos dos sinais de trânsito

de todas as estradas devem constar nos desenhos finais. Os cruzamentos menores e as estradas que interceptam devem ser levantadas (toda a reserva de ruas) até uma distância de 50m ao longo das ruas que cruzam;

- o) Qualquer intrusão à reserva de estrada;
- p) Erosão do solo dentro da área do levantamento;
- q) No geral, todo o equipamento da estrada;
- r) Todos os sinais de trânsito devem ser levantados e fotografados, e as suas posições e número da fotografia devem constar nos desenhos. As fotografias devem ser fornecidas em formato digital e cópias impressas. A posição e detalhes de todas as “bases de pórticos”;
- s) Todas as marcações da estrada, como linhas amarelas, linhas divisórias de pista, etc., devem ser levantadas e claramente indicadas nos desenhos, incluindo a indicação do tipo de linha (contínua, quebrada, contínua e quebrada, etc.);
- t) Todas as linhas de quebra que possam ter impacto na criação do modelo digital do terreno (DTM);
- u) Todos os marcos permanentes devem constar nos desenhos;
- v) Rios, córregos, nascentes, canais, represas, lagoas, pântanos e áreas sujeitas a inundações, incluindo os seus nomes, e anotação, onde relevante, da direcção do escoamento;
- w) Os níveis de cheia mais altos conhecidos de todos os principais rios/riachos, determinados a partir de evidências ou informações locais recolhidas. A fonte dessas informações e a data devem ser indicadas nos desenhos;
- x) Níveis mais altos do mar, rios com ondas, etc. e níveis de inundações de linhas de água e represas;
- y) Uma descrição do leito do rio, ex. arenoso, pedregulhos, rocha sólida, assoreado, etc.;
- z) Florestas, plantações, vegetação, arbustos, pomares, sebes e árvores dignas de nota que podem servir de referência, ou quando a preservação pode ser desejável para fins cénicos, etc.;
- aa) Terras cultivadas (onde deve ser feita e registada uma diferenciação entre seca e irrigada), afloramentos rochosos e rochas contínuas, falésias, dunas de areia, etc.;
- bb) Linhas de drenagem natural e estruturas de drenagem;
- cc) Onde aplicável, posição dos ‘poços de inspecção’ da fundação, onde o nível real do solo é levantado;
- dd) Na generalidade todos os elementos topográficos;
- ee) Número e/ou nome da estrada, juntamente com o destino desta, onde esse destino é determinado pelo ponto e direcção em que a estrada relevante sai da área de levantamento. Isso deve ser aplicado a cada desenho submetido;
- ff) Todos os edifícios em que é feita uma diferenciação entre os tipos de construção, se é de natureza permanente ou temporária, bem com o uso geral dos edifícios ou grupos de edifícios, excepto nos edifícios habitáveis (por exemplo, escola, loja, escritório, etc.), devem ser registados e indicados;

- gg) Monumentos nacionais e edifícios/estruturas de interesse histórico conhecido. Estes devem ser brevemente descritos;
- hh) Portões e vedações onde deve ser feita uma diferenciação entre ordinário e à prova de gado; cercas de segurança à prova de animais, etc.;
- ii) Muros de alvenaria de tijolo, pedra e outro tipo;
- jj) Poços, furos de água e moinhos de vento;
- kk) Painéis de marcação de quilometragem e números indicados nas placas;
- ll) Pedreiras, túneis, minas e outros trabalhos relacionados;
- mm) Campas e cemitérios e, especialmente, campas individuais;
- nn) De um modo geral, todos os recursos que não foram mencionados acima, mas que podem ter um impacto no projecto para o qual esse levantamento topográfico é necessário.

B6. CÓDIGOS PARA LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS, SEGUNDO O TMH11

Tabela B-2. Códigos segundo o TMH11

Abbreviation	Description	
B-	Bottom of	Use the relevant abbreviation below
C-	Centre of	Use the relevant abbreviation below
CONC-	Concrete	Use the relevant abbreviation below
CR-	Corner of	Use the relevant abbreviation below
E-	End of	Use the relevant abbreviation below
ED-	Edge of	Use the relevant abbreviation below
L-	Left of	Use the relevant abbreviation below
MID-	Middle of	Use the relevant abbreviation below
R-	Right of	Use the relevant abbreviation below
T-	Top of	Use the relevant abbreviation below
X-	If measurements are not to be included in DTM	Use the relevant abbreviation below

Description	Code
Abutment	AB
Arrow	AW
Bank (natural features, river, donga, etc....)	B
Beginning of curve	BCURVE
Beginning of transition curve	BTC
Bench mark	BM
Boom Security	BOOM
Borehole	BH
Box culvert	BC

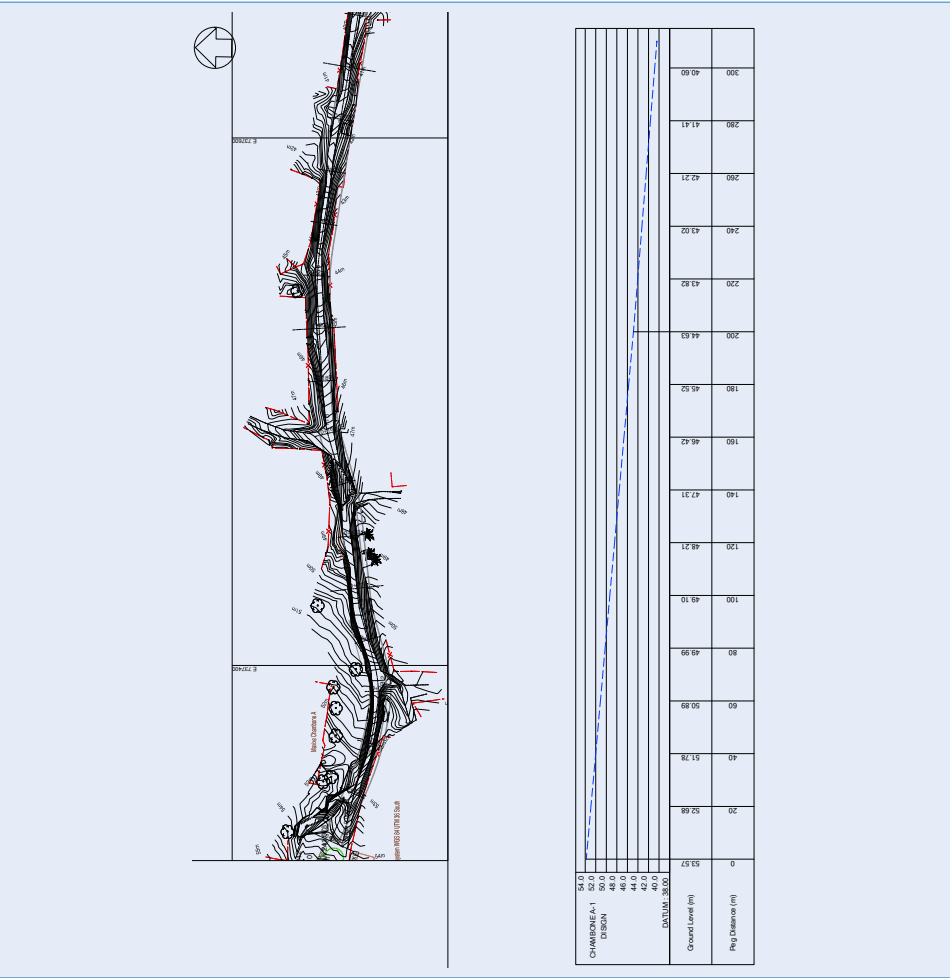
Description	Code
Break-point	BP
Bridge	BRG
Bridge deck	BD
Bridge Pier	PIER
Building	BLD
Cable duct	CD
Cable marker	CM
Cable manhole	CMH
Catch pit	CP
Centre line	CL
Centreline road - broken and solid lines	CLBS
Centreline Road - broken lines	CLB
Centreline road - solid lines	CLS
Change of slope	CS
Channel	CH
Concrete	CONC
Concrete / cement	CC
Concrete palisade wall	PAL
Corner Building 1, 2 etc. (All common building points with same number)	CB1
Crossing power line	XPL
Crossing telephone line	XTL
Crown Line – if not the same as CL	CROWN
Culvert	CULV
Curve	CURVE
Dam	DAM
Dashed white line	DWL
Drain	D
Drive way	DW
Drop inlet	DI
Duct	DUCT
End curve	ECURVE
Fence (Wire fence)	F
Fence electric	FE
Fence post	FP
Fence Security	FS
Fence stock proof	FSP
Field Inlet (Storm water)	FI
Fill of existing road FILL	
Fire Hydrant	FH
Floor Level	FL
Foot bank (natural features, river, donga, etc.)	FB

Description	Code
Furrow	FUR
Gabian	GBN
Gate	GT
Gate post	GP
Geotechnical bore hole	GBH
Geotechnical test pit	GTPT
Grave yard	GY
Gravel road	GRD
Gravel shoulder of existing road	GS
Ground	G
Guardrail	GR
Gutter	GU
Headwall	HW
House	HS
Invert level	IL
Invert level with pipe size	IL100
Kerb	K
Kerb inlet	KI
Kilometre marker old KM 23	KMO23
Kilometre marker (32.2N – add number)	KM (32.2N)
Lamp post (Light pole)	LP
Land	L
Left hand side	LHS
Manhole (Unspecified)	MH
Median	M
Neotel manhole	NEOMH
Overhang of building	OH
Paving	PV
Pillar	PILL
Pipe	P
Pipe culvert	PC
Pipe line Marker	PLM
Post office manhole	POM
Power box	PB
Power line	PL
Power pole	PP
Pre cast wall	PREW
Pylon	PYLN
Railway line	RL
Red line solid	SRL
Red line broken	BRL

Description	Code
Reservoir	RES
Right hand side	RHS
River	RIV
Road	R
Rock	RCK
Rocky area	RCKA
Rondaval (Survey 3 Shots)	ROND
Security fence	SF
Septic tank	ST
Sewer manhole	SEWMH
Shoulder	SH
Side drain	SDR
Side walk	SWLK
Sign board (number of poles for board)	SB(1)
Sign gantry	SG
Sign post	SP
Slope (spot shot between BP and TOE)	SLP
Soffit level	SL
Soil	S
Solid white line	SWL
Spot shot	SS
Stake value	SS
Stay pole	STYP
Stay wire	STYW
Steel palisade fence	SPAF
Stone pitched	STP
Stop street road marking	STOP
Storm water manhole	SWMH
Stream	STR
Tap Water	TAP
Tar	T
Telephone booth	TPB
Telephone line	TL
Telephone pole	TEP
Telkom cable marker	TCM
Telkom manhole	TELMH
Toe of embankment/cut/fill	TOE
Toilet	TOI
Track	TR
Traffic sign	TS
Transformer	TF

Description	Code
Transition curve	TC
Tree	TRE
Underground pipe line	UPL
Wall (Brick)	W
Water	WA
Water course	WC
Water pipe	WP
Water pipe and size	WP
150 Water valve	WV
Wing wall	WW
'Y' standard	YSD
Yellow line	YL

B7. EXEMPLO DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO DE UMA ESTRADA







ANEXO C

NOTAS COMPLEMENTARES SOBRE MATERIAIS

C1. IDENTIFICAÇÃO DE SOLOS NO CAMPO

Para facilidade de identificação dos solos, sob o ponto de vista do seu comportamento, existe uma série de testes simples, visuais e manuais, que prescindem de qualquer instrumento de laboratório para distinguir entre um tipo de solo e outro. A seguir são enumerados e sucintamente explicados esses testes:

C1.1. TESTE VISUAL

O teste visual, que consiste na observação visual do tamanho, forma, cor e constituição mineralógica dos grãos do solo, permite distinguir entre solos grossos e solos finos;

C1.2. TESTE DO TACTO

O teste do tacto, que consiste em apertar e friccionar, entre os dedos, a amostra de solo: os solos ásperos são de comportamento arenoso e os solos macios são de comportamento argiloso ou siltoso;

C1.3. TESTE DO CORTE

O teste do corte, que consiste em cortar a amostra de solo com uma lâmina fina e observar a superfície do corte: sendo polida (ou lisa), tratar-se-á de solo de comportamento argiloso; sendo fosca (ou rugosa), tratar-se-á de solo de comportamento arenoso;

C1.4. TESTE DE AGITAÇÃO

O teste de agitação pode ser usado como uma maneira simples de estimar a plasticidade de um material e se a componente de grão fino é um silte ou uma argila.

1) Apanhe um pedaço de solo e amasse-o, trabalhando o máximo possível as partículas de grão grande.

2) Adicione água aos poucos e amasse o solo até que comece a ficar pegajoso.

3) Segure a bola de terra na palma da mão e bata nas costas da mão com os dedos da outra, tal como ilustra a Figura 5-3.

Se a superfície da bola ficar brilhante e húmida, o solo é principalmente constituído por areia fina ou silte. As argilas têm pouca ou nenhuma reacção a este teste e ficam simplesmente confusas.

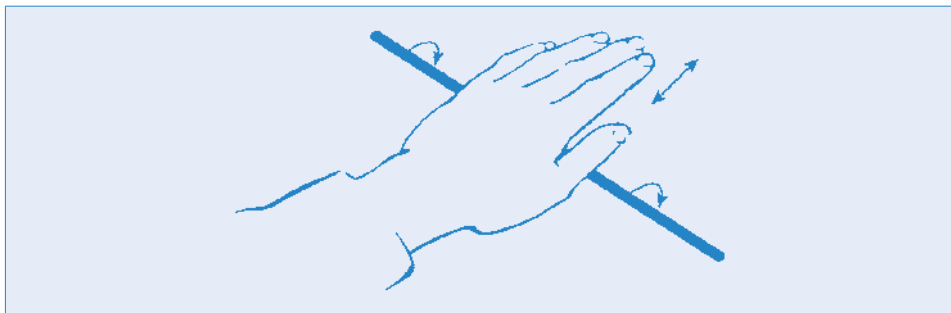
Figura C-1. Teste de agitação



O teste de resistência pode ajudar a identificar o tipo de material e se o componente de grão fino é um silte ou uma argila.

- 1) Pegue em cerca de metade da porção de terra do teste de agitação e amasse-a entre o polegar e o indicador para que seque.
- 2) Tente rolar a amostra de solo num cordão de 3 mm, como ilustra a Figura 5-4.

Figura C-2. Teste de resistência



Pegue em metade da porção de terra do teste de agitação e amasse-a numa bola. Deixe de lado ao ar a secar. Quando o solo estiver seco, esmague-o e seleccione um fragmento pontudo e irregular. Tente esmagar esse fragmento entre o polegar e o indicador. Um silte transforma-se em pó com pouco esforço. Uma argila será como uma rocha e quase impossível de esmagar com os dedos.

Se não for possível formar um cordão, todo o solo é, sem dúvida, composto por silte ou areia fina.

Um solo altamente plástico leva muito tempo a secar. Fica duro e ceroso e é necessário uma pressão considerável para formar um cordão que apenas quebra em 3 mm.

C1.5. LAVAR AS MÃOS

Depois de manusear silte e areia nos dedos sentirá poeira, e se esfregar os dedos ficarão quase limpos. A água que flui suavemente de uma torneira enxaguará o solo.

Quando as argilas são manuseadas, forma-se uma mancha crocante nos dedos que não se consegue remover quando seca. As mãos devem ser esfregadas juntas debaixo de água para limpá-las.

CI.6. TESTE DE DISPERSÃO

Além dos testes de campo descritos acima, o teste de dispersão pode ser usado para determinar as percentagens dos tamanhos dos grãos do solo, bem como a dificuldade em compactar o solo. Tudo o que é necessário é um copo transparente, água e uma amostra representativa do solo a ser testado (Figura 2.5).

- 1) Encha o copo com cerca de um terço do material.
- 2) Encha o recipiente com água a cerca de 15 mm da parte superior.
- 3) Mexa bem a mistura e observe como o material assenta.
- 4) O material ficará instalado em três camadas distintas:

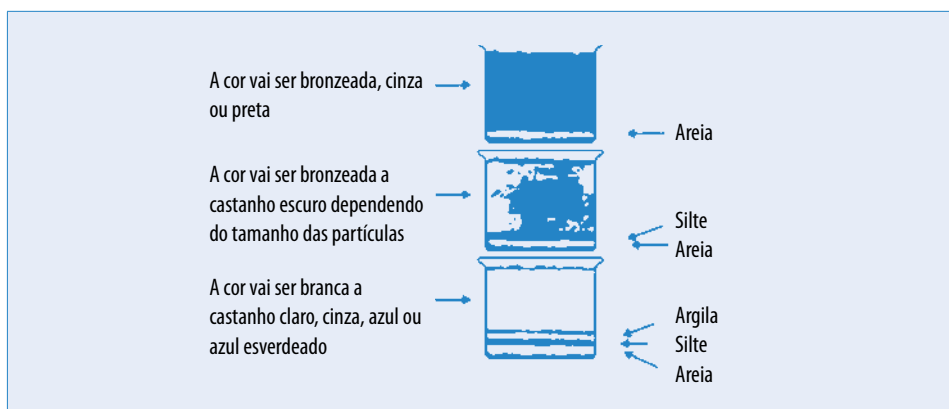
A areia ficará no fundo, próxima do lodo e, finalmente, a argila.

Além de mostrar os vários grupos, os resultados indicarão se o solo está bem classificado.

Embora as partículas de silte e argila não sejam visíveis a olho nu, as alterações de gradação podem ser observadas pelas diferenças de cor. Além disso, quanto mais tempo leva a resolver, menores são as partículas.

Há várias coisas que se podem aprender com um teste de dispersão. Este mostrará os materiais básicos e a gradação de cada um e o tempo de assentamento indicará a finura das partículas. Na maioria dos casos, um tamanho de partícula único (baixa gradação) e um tamanho de partícula pequeno significarão compactação mais difícil do que uma mistura em que há uma boa gradação de todos os tamanhos de partícula.

Figura C-3. Ensaio de dispersão



C1.7. TESTE DA HUMIDADE ÓPTIMA

A humidade óptima pode ser avaliada em campo mediante um ensaio experimental simples, tal como se segue:

1 Pegue numa porção de material de pavimentação no local da obra e aperte-o na mão.

2 Se o material escorrer da mão, o teor de humidade é muito alto.

3 Se estiver muito seco quando a mão for aberta, a bola de material não ficará colada.

4 No entanto, se o material permanecer na forma de uma bola, o teor de humidade estará próximo do óptimo.

Figura C-4. Teste do teor de humidade



C2. SUMÁRIO DA CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS, CASCALHOS (SAIBRO) E BRITAS
SEGUNDO O TRH14

Groups	G1, G2, G3: Graded Crushed Stone			G4, G5, G6: Natural Gravels			G7, G8, G9, G10: Gravel Soil			
Description	G1: Crushed unweathered rock		G2, G3: Crushed rock, boulders or coarse gravel	Natural gravel, may be mixed with crushed rock such as boulders. May be chemically or mechanically modified.			Categorize in some of properties below.			
Material Class	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
GRADING										
Sieve Size (mm)	Nominal max size 3/5 mm ¹		Nominal max size 20 mm ²		100		Max size, in place, after compaction, shall not be greater than two-thirds of the layer thickness.	No grading requirements		
50	100				100					
37.5	100				85 - 100					
28	84 - 84		100		-					
20	71 - 84		85 - 95		60 - 90					
14	59 - 75		71 - 84							
5	35 - 53		42 - 60		30 - 65					
2	23 - 40		27 - 45		20 - 50					
0.425	11 - 24		13 - 27		10 - 30					
0.075	4 - 12		5 - 12		5 - 15					
Grading Modulus (min)	n/a		n/a		1.5	1.2	n/a			
Flakiness Index	Max 35% on weighted average of <28 and <20 mm fractions		n/a		n/a		n/a			
Crushing Strength	10% FACT (min) 110 kN or ACI (max) 29%		n/a		n/a		n/a			
ATTERBERG LIMITS										
Liquid Limit (max)	25	25		25	30	n/a	n/a	No Atterberg limit requirements		
Plasticity Index, PI (max)	4	6		6	10	12 or 3 GM ¹ ± 10	12 or 3 GM ¹ ± 10			
Linear shrinkage, % (max)	4	3		3	5	n/a	n/a			
Linear shrinkage x -0.425 mm sieve (max) ¹	n/a		1/0		1/0	n/a	n/a			
BEARING STRENGTH AND SWELL										
CBR, % (min) at MDD ¹	n/a		80 at 98%		80 at 98%	45 at 95%	25 at 93%	15 at 93%	10 at in situ	7 at in situ
Swell, % (max) at MDD	n/a		0.2 at 100%		0.2 at 100%	0.5 at 100%	1.0%	1.5%		
FIELD COMPACTION										
Base (upper and lower)	86 - 88% AD CS		100 - 102% MDD		98% MDD					
Subbase (upper and lower)	86 - 88% AD CS		100 - 102% MDD		95% MDD					
Selected layers							99% MDD			
Subgrade							90% MDD			
Material Class	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
Notes:										
1. G1 adjustments to the grading can only be made using crusher dust or other fractions from the parent rock. Only in exceptional cases can a maximum 10% nonplastic fines be added. G2 and G3 materials may be a blend of crushed stone and other fine aggregate to adjust the grading.					3. Only applicable to modular coredores					
2. GR is the grading modulus. See Chapter 3, 2.3.21					4. MDD is the maximum dry density determined by the modified MASTO method. In dry areas (Water R > 10) and AWC < 300 yds CBR can be reduced to 25% at 95% MDD if subbase cover is at least 150 mm.					

C3. SUMÁRIO DA CLASSIFICAÇÃO DE MATÉRIAS ESTABILIZADOS COM CIMENTO,
SEGUNDO O TRH14

Class	C1	C2	C3	C4	
Material Class Before Stabilization	G2	G2/G3/G4	G5/G6	G5/G6	
Aggregate Quality Before Stabilization					
Grading (Sieve size, mm)	Nominal Maximum Size of Aggregate (percent passing)		Maximum size in place after compaction should not exceed two thirds of the compacted layer thickness, or 63 mm, whichever is the smaller.		
	38 mm	28 mm			
	38	100			
	28	90 – 100			100
	20	75 – 95			85 – 95
	14	65 – 85			71 – 84
	5	48 – 62			45 – 64
	2	41 – 53			27 – 45
	0.425	30 – 47			13 – 27
0.075	5 – 12	5 – 12			
Crushing strength ACV (max) or 10% FACT (min)	29% 110 kN		Not applicable		
Flakiness Index	Max 35%		Not applicable		
Sand Equivalent	Max 30% for any sand added to correct the grading		Not applicable		
Design Strength of Stabilized Materials					
Class	C1	C2	C3	C4	
Unconfined compressive strength: (UCS in MPa) at 7 days, 100% MDD	Min 6 Max 12	Min 3 Max 6	Min 1.5 Max 3.0	Min 0.75 Max 1.5	
Atterberg Limits after Stabilization	Not applicable		Max 6		

ESPECIFICAÇÕES ADICIONAIS SOBRE MATERIAIS ESTABILIZADOS COM CIMENTO

Classification	C1	C2	C3	C4
Material before treatment	At least G2 quality	At least G4 quality	At least G5 quality	At least G6 quality
PI after treatment	Non-plastic	Non-plastic	6 max ¹	6 max ¹
UCS (MPa) ²	6 min	4 min	1.5 min	0.75 min
ITS (kPa) ³	—	—	250 min	200 min
Wet/dry durability (% loss) ⁴	5 max	10 max	20 max	30 max

Notes:

1. For materials derived from the basic crystalline rock group, the Plasticity Index after stabilization shall be non-plastic.

2. Unconfined Compressive Strength @ 100% MDD.

3. Indirect tensile Strength @ 100% MDD.

4. Wet/Dry Durability according to SANS 3001-GR55.

C4. SISTEMA UNIFICADO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS

UNIFIED SOIL CLASSIFICATION AND SYMBOL CHART	LABORATORY CLASSIFICATION CRITERIA
<p>COARSE-GRAINED SOILS (more than 50% of material is larger than No. 200 sieve size.)</p> <p>GRAVELS More than 50% of coarse fraction larger than No. 4 sieve size</p> <p>Clean Gravels (Less than 5% fines)</p> <p>GW Well-graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines</p> <p>GP Poorly-graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines</p> <p>Gravels with fines (More than 12% fines)</p> <p>GM Silty gravels, gravel-sand-silt mixtures</p> <p>GC Clayey gravels, gravel-sand-clay mixtures</p> <p>SANDS 50% or more of coarse fraction smaller than No. 4 sieve size</p> <p>Clean Sands (Less than 5% fines)</p> <p>SW Well-graded sands, gravelly sands, little or no fines</p> <p>SP Poorly graded sands, gravelly sands, little or no fines</p> <p>Sands with fines (More than 12% fines)</p> <p>SM Silty sands, sand-silt mixtures</p> <p>SC Clayey sands, sand-clay mixtures</p>	<p>LABORATORY CLASSIFICATION CRITERIA</p> <p>GW $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ greater than 4; $C_c = \frac{D_{30}}{D_{10} \times D_{60}}$ between 1 and 3</p> <p>GP Not meeting all gradation requirements for GW</p> <p>GM Atterberg limits below "A" line or P.I. less than 4</p> <p>GC Above "A" line with P.I. between 4 and 7 are borderline cases requiring use of dual symbols</p> <p>SW $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ greater than 4; $C_c = \frac{D_{30}}{D_{10} \times D_{60}}$ between 1 and 3</p> <p>SP Not meeting all gradation requirements for GW</p> <p>SM Atterberg limits below "A" line or P.I. less than 4</p> <p>SC Atterberg limits above "A" line with P.I. greater than 7</p> <p>Limits plotting in shaded zone with P.I. between 4 and 7 are borderline cases requiring use of dual symbols.</p> <p>Determine percentages of sand and gravel from grain-size curve. Depending on percentage of fines (fraction smaller than No. 200 sieve size), coarse-grained soils are classified as follows:</p> <p>Less than 5 percent GW, GP, SW, SP</p> <p>More than 12 percent GM, GC, SM, SC</p> <p>5 to 12 percent Borderline cases requiring dual symbols</p>
<p>FINE-GRAINED SOILS (50% or more of material is smaller than No. 200 sieve size.)</p> <p>SILTS AND CLAYS Liquid limit less than 50%</p> <p>ML Inorganic silts and very fine sands, rock flour, silty of clayey fine sands or clayey silts with slight plasticity</p> <p>CL Inorganic clays of low to medium plasticity; gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays</p> <p>OL Organic silts and organic silty clays of low plasticity</p> <p>SILTS AND CLAYS Liquid limit 50% or greater</p> <p>MH Inorganic silts, micaceous or diatomaceous fine sandy or silty soils, elastic silts</p> <p>CH Inorganic clays of high plasticity, fat clays</p> <p>OH Organic clays of medium to high plasticity, organic silts</p> <p>HIGHLY ORGANIC SOILS</p> <p>PT Peat and other highly organic soils</p>	<p>PLASTICITY CHART</p>



ANEXO D

NOTAS COMPLEMENTARES SOBRE DRENAGEM

DI. SUMÁRIO DE CONSIDERAÇÕES SOBRE UM PROJECTO DE DRENAGEM

O desenvolvimento da solução de drenagem mais apropriada para um projecto e a prevenção ou minimização de impactos adversos requerem planeamento e dimensionamento efectivos, e podem envolver uma equipa multidisciplinar em projectos grandes ou complexos.

Um conjunto genérico de considerações de design que podem ser aplicadas aos projectos está resumido na Tabela D-1. Os projectistas e técnicos municipais devem usar a tabela como uma lista de verificação para considerações de projecto nas seguintes categorias:

- Geométrica;
- Geográfica;
- de Meio Ambiente;
- Tipo de cruzamento;
- Riscos do sistema de drenagem, incluindo a consequência de falha;
- Estruturas de drenagem;
- Manutenção;
- Segurança;
- Construção faseada de estradas.

Tabela D-1. Sumário de considerações sobre um projecto de drenagem

Aspecto	Consideração	Comentário
Considerações geométricas		
Alinhamento do curso de água	Alinhamento horizontal do curso de água	<ul style="list-style-type: none"> ● Geralmente, existe apenas um alinhamento para todos os escoamentos, mas é possível ter alinhamentos diferentes para um escoamento baixo e alto no mesmo curso. ● É preferível manter ou preservar o alinhamento do curso de água existente, pois as mudanças afectarão os parâmetros de escoamento existentes (velocidade, profundidade do escoamento e energia). ● É possível alterar o alinhamento das linhas de água existentes para melhorar o desempenho hidráulico da passagem hidráulica da estrada.
	Gradiente do curso de água	<ul style="list-style-type: none"> ● Tem uma influência significativa na velocidade do escoamento, o que tem um efeito significativo no transporte de sedimentos e no potencial de turbulência. ● Alterações no gradiente da linha de água também afectarão os parâmetros de escoamento.
	Forma do canal	<ul style="list-style-type: none"> ● Tende a ditar o tamanho e a configuração das estruturas de drenagem. ● Alterar a forma do canal para acomodar uma estrutura de drenagem afecta os parâmetros de vazão e pode aumentar o risco de erosão. ● É preferível manter ou preservar a forma do canal existente e os aquedutos devem ser projectados para acomodar a forma do curso de água. ● Alguns canais podem não conter todo o caudal de dimensionamento e ocorrerá transbordo das banquetas. Serão necessárias várias instalações de aquedutos para a bacia hidrográfica e, nesse caso, será necessário aconselhamento / projecto especializado.
Geometria da estrada	Alinhamento horizontal	<ul style="list-style-type: none"> ● Minimizar o ângulo de inclinação entre o alinhamento da estrada e a estrutura de drenagem (ou eliminá-lo completamente) é o mais desejável, pois reduz os custos e a dificuldade de construção. ● Como geralmente se recomenda a preservação do alinhamento do curso de água, eventualmente, podem ser inevitáveis grandes ângulos de inclinação.
	Alinhamento vertical	<ul style="list-style-type: none"> ● Um alinhamento vertical preliminar da estrada poderá ser usado para realizar o projecto inicial de várias estruturas de drenagem. Poderá ser necessário ajustar o alinhamento vertical da estrada para alcançar um projecto de drenagem mais eficiente e eficaz, desde que possam ser alcançados valores adequados para os parâmetros de projecto de estradas. ● Os requisitos de gradiente mínimo e máximo para canais de drenagem longitudinal devem ser observados para que o caudal efectivo seja alcançado, mas sejam evitadas velocidades de escoamento erosivas mais altas.

Aspecto	Consideração	Comentário
	Escoamento de águas pluviais da estrada	<ul style="list-style-type: none"> Este aspecto é crítico, pois o escoamento e a profundidade da água na superfície da estrada estão relacionados com a aquaplanagem. Quaisquer problemas identificados devem ser resolvidos e mitigados através do projecto alterado de estradas geométricas (combinação de elementos horizontais, verticais e de secção transversal). Uma solução de drenagem para a aquaplanagem deve ser considerada apenas como uma opção de “último recurso”, para a qual é altamente recomendável o aconselhamento especializado.
	Águas pluviais que atravessam a estrada	<ul style="list-style-type: none"> Onde houver possibilidade de travessia de águas pluviais sobre a estrada (intencional ou não), deve providenciar-se uma distância de visualização adequada.
Considerações geográficas		
Todas as regiões	Imunidade a inundações	<ul style="list-style-type: none"> As estruturas de drenagem devem ser dimensionadas para garantir que as velocidades e afluência do escoamento sejam aceitáveis. Consulte os planos locais de drenagem e gestão. Garantir que propriedades e culturas não sejam afectadas por uma alteração de níveis de água ou duração da inundação. Minimize a concentração do fluxo nas planícies de inundação devido ao risco de correntes. Mantenha a drenagem livre e não crie poças de fraca vazão. Alterações nos padrões de escoamento. Consideração das variações sazonais da rugosidade hidráulica ligadas a mudanças na cobertura vegetal.
Zonas urbanas	Nível intenso de desenvolvimento e afluência, geralmente mais preocupantes nas áreas urbanas	<ul style="list-style-type: none"> Provisão para vazões de pico mais altos decorrentes de desenvolvimento a montante descontrolado (as autoridades locais deviam exigir a mitigação dos aumentos de vazão). Avaliação dos requisitos de qualquer plano de gestão da bacia ou plano de gestão de águas pluviais preparado para o curso de água. Avaliação da necessidade de medidas de controlo da poluição. Interação das provisões de drenagem de estradas com os serviços existentes. Minimização da perturbação do solo durante a construção, pois os ambientes urbanos geralmente têm espaço limitado para grandes medidas de controlo, como bacias de sedimentação. Consideração e controlo dos efeitos do afluência. De forma geral, os requisitos impõem que aumentos insignificantes de escoamento sejam gerados a montante/jusante da estrutura de drenagem proposta. Em relação a possíveis níveis alterados de água, é importante que cada caso seja avaliado na totalidade, de acordo com uma abordagem de gestão de riscos.

Aspecto	Consideração	Comentário
Zonas costeiras	Inundação de maré, ambiente corrosivo e solos arenosos (isto é, solos com pouca coesão). Os ambientes costeiros também costumam ser altamente sensíveis à poluição.	<ul style="list-style-type: none"> Os requisitos legais em relação à protecção de ambientes marinhos (por exemplo, protecção de habitats de peixes e plantas marinhas) devem ser satisfeitos. Os sistemas de fluxo natural (por exemplo, mudança de marés) devem ser avaliados adequadamente e não devem ser comprometidos. Devem ser usados materiais resistentes à corrosão. Os solos contendo potencialmente características sulfato-ácidas (normalmente abaixo de cinco metros de AHD) devem ser identificados e geridos adequadamente. A influência da maré de tempestade sobre os níveis máximos de água e a elevação do nível do mar relacionada com o efeito estufa deve ser considerada. Os desenhos devem permitir a presença de materiais altamente erodíveis ou móveis, como areia. Deve considerar-se o direccionamento da drenagem para canais ou valas naturais e não para estruturas rígidas. Fluxos bidireccionais (devido aos efeitos das marés) devem ser identificados e adequadamente considerados.
Planícies	Natureza e impacto do escoamento de água	<ul style="list-style-type: none"> As velocidades de escoamento em áreas planas são geralmente baixas, portanto são necessárias estruturas maiores para transmitir o caudal. O escoamento pode ser generalizado e/ou raso; portanto, pequenas obstruções ao escoamento podem desviar o caudal significativamente. Essas obstruções menores incluem diques e outras obras de planície. Até a própria estrada pode causar grandes desvios. Muitas vezes, é difícil determinar as áreas das bacias hidrográficas com precisão, devido ao alívio mínimo no terreno e à presença de obstruções menores. Caminhos de escoamento mal definidos também significa que às vezes é difícil colocar aquedutos nos locais mais adequados. Em terrenos planos, os impactos da estrada nos níveis de inundação podem estender-se por distâncias significativas a montante da estrada. Onde o afluxo é uma preocupação, esse impacto pode ser crítico. Geralmente, há um risco aumentado de erosão à saída dos aquedutos, porque o escoamento fica concentrado nas estruturas de drenagem, particularmente onde existem linhas de água mal definidas e/ou a maior parte do escoamento ocorre na planície de inundação.

Aspecto	Consideração	Comentário
Regiões montanhosas	Terreno íngreme	<ul style="list-style-type: none"> ● Controlar a velocidade em drenagens laterais na estrada e aquedutos. ● Captar e descarregar água do lado superior do talude da estrada até à zona inferior do talude. ● Evitar a erosão nas saídas das estruturas de drenagem em áreas íngremes. ● Considerar a implantação de estruturas de descarga em pequena escala, tais como açudes ou sumidouros.
Considerações ambientais		
Impacto ambiental	Lavagem, erosão e sedimentos	<ul style="list-style-type: none"> ● O risco de lavagem/erosão e movimento de sedimentos causado pela concentração do escoamento, que normalmente ocorre nas estruturas de drenagem, é uma preocupação particular. ● Factores causais, incluindo mudanças nos padrões dos caudais de inundação e mudanças nos picos dos níveis de água, também devem ser verificados. ● Em alguns casos, um novo aterro na estrada pode levar a um longo período de água estagnada, o que por sua vez pode ter impactos ambientais adversos.
	Habitat da fauna e passagem	<ul style="list-style-type: none"> ● Onde houver necessidade, devem providenciar-se passagens para a fauna e deve fazer-se a manutenção (ou melhoria) da qualidade da água. ● De modo geral, os córregos são corredores ribeirinhos e todos os trabalhos de drenagem nas estradas devem minimizar qualquer impacto adverso nesses importantes corredores. Assim, pode assegurar-se um corredor para o movimento da fauna, bem como proporcionar-se um habitat para a fauna terrestre e aquática.
	Contexto geral	<ul style="list-style-type: none"> ● É necessário realizar uma revisão cuidadosa de qualquer documentação relevante de avaliação ambiental, incluindo quaisquer estratégias de gestão recomendadas, pois algumas dessas estratégias podem tornar-se requisitos ou critérios de projecto. ● As estratégias de gestão recomendadas, normalmente, têm como base os requisitos da legislação, política, códigos, directrizes e melhores práticas actuais do sector.
Outras considerações		
Segurança	Um aspecto integrante do projecto detalhado de todos os sistemas de drenagem rodoviária	<ul style="list-style-type: none"> ● A segurança do público, dos utilizadores da estrada e do pessoal de manutenção deve ser tomada em consideração.

Aspecto	Consideração	Comentário
Construção planeada	Para toda a vida	<ul style="list-style-type: none"> • O planeamento e o design devem levar em devida conta as potenciais mudanças e as que estão previstas ocorrer, ou que poderão ocorrer, à medida que o tráfego aumenta e o uso da terra ao redor se desenvolve ou altera. • Este aspecto é mais importante para os projectos planeados, no sentido de serem construídos por cenários durante um determinado período de tempo. A concessão de subsídios aos projectos actuais no que concerne a essas mudanças, garante que melhorias futuras possam ser acomodadas de maneira económica, eficiente e segura. • Outros benefícios futuros incluem: <ul style="list-style-type: none"> – redução de perturbações para os utilizadores da estrada e proprietários adjacentes; – retorno normal antecipado às propriedades; – impactos ambientais reduzidos.

Fonte: AGRD05

D2. HIDROLOGIA URBANA

O conceito de hidrologia neste Guião refere-se ao cálculo de caudais pluviais em áreas urbanas. Existem vários métodos de cálculo hidrológico em uso que podem ser aplicados à drenagem de estradas, embora isso dependa das informações e dados disponíveis. De acordo com o “Drainage Manual” da SANRAL, os métodos comprovados e mais utilizados na África Austral são:

- Métodos estatísticos;
- Método racional;
- Método hidrográfico unitário;
- Método *Standard Design Flood (SDF)*;
- Método SCS-SA;
- Métodos empíricos.

Neste Guião, a atenção incidirá apenas sobre o Método Racional. Na bibliografia de referência podem ser encontradas considerações detalhadas sobre os outros métodos.

D2.1. MÉTODO RACIONAL

O Método Racional é baseado numa representação simplificada da lei de conservação de massas. A intensidade das chuvas é um dado de entrada importante nos cálculos. Como são assumidas distribuições espaciais e temporais uniformes das chuvas, o método normalmente é recomendado apenas para bacias hidrográficas menores que 15 km², dependendo também do método utilizado para determinar a intensidade das chuvas.

O Método Racional fornece uma metodologia simples para avaliar a vazão máxima do projecto, a fim de permitir a determinação dos tamanhos dos sistemas de drenagem numa área de captação urbana inferior a 100 hectares (1 km²). No entanto, em ambientes urbanos, o Método Racional possui limitações significativas e é tarefa do projectista familiarizar-se com essas

limitações e saber quando é necessária uma metodologia alternativa.

A determinação de caudais de ponta de uma bacia hidrográfica pode ser expresso através da seguinte equação:

$$Q_p = C I A$$

Em que:

Q_p - caudal de ponta (m^3/s)

C - coeficiente de escoamento

I - intensidade de precipitação ($m^3/(ha.s)$)

A - área da bacia de drenagem (ha)

Na bibliografia é frequente encontrarem-se variantes à fórmula do Caudal de Ponta, dependendo das unidades dos dados de entrada. A Austroads, por exemplo, apresenta a seguinte fórmula:

$$Q_y = K \times C_y \times I_{tc,y} \times A$$

Em que:

Q_y = Caudal (m^3/s) para um período de retorno de Y anos

k = factor de conversão, $k = 0.278$ quando A é em km^2 e 0.00278 quando A é em hectares (ha). Para bacias pequenas expressas em m^2 , $k = 0.278 \times 10^{-6}$

C_y = Coeficiente de escoamento para um dado período e retorno Y

$I_{tc,y}$ = Média da intensidade da precipitação (mm/h) para uma duração t_c e um período de retorno Y

D2.1.1. Coeficiente de escoamento

O coeficiente de escoamento, C , no método racional é um valor integrado que representa os factores mais significativos que influenciam o escoamento superficial. Reflecte a parte das chuvas que contribuem para o escoamento de pico de inundação na saída da bacia hidrográfica. Não existe um método teórico objectivo para determinar C e, consequentemente, os elementos subjectivos da experiência e do julgamento da engenharia desempenham um papel muito importante na aplicação bem-sucedida deste método.

Os valores recomendados de C pela SANRAL para áreas urbanas são apresentados na Tabela D-2. Como resultado das percentagens relativamente grandes de área impermeável nas áreas urbanas, normalmente não é necessário ajustar o valor C de acordo com o período de retorno, conforme se verifica nas zonas rurais.

Tabela D-2. Coeficientes de escoamento

Coeficiente de Escoamento, C	
Utilização ou cobertura do Solo	Factor
Áreas relvadas	
Arenosas, declive (<2%)	0.05 - 0.10
Arenosas, declive (<7%)	0.15 - 0.20
Solos pesados, declive (<7%)	0.25 - 0.35
Zonas Residenciais	
Residenciais com moradias	0.30 - 0.50
Residenciais com prédios	0.50 - 0.70
Zonas Industriais	
Comércio concentrado	0.50 - 0.80
Comércio disperso	0.60 - 0.90
Zonas Comerciais	
centro da cidade	0.70 - 0.95
Suburbanas	0.50 - 0.70
Ruas e avenidas	0.70 - 0.95
Máxima enchente	1.0

Fonte: SANRAL

D2.1.2. Tempo de concentração

No método racional, o tempo de concentração t_c para uma bacia hidrográfica é definido como:

- o tempo necessário para a água fluir do ponto mais remoto da bacia hidrográfica até à saída ou ponto de interesse; ou
- o tempo decorrido desde o início da precipitação até toda a bacia hidrográfica contribuir simultaneamente para o fluxo na saída ou no ponto de interesse.

O tempo de concentração significa que o caudal de pico acontecerá quando toda a captação estiver a contribuir para o escoamento das chuvas na captação.

Têm sido propostas diversas fórmulas para a determinação deste parâmetro em função das características da bacia, da sua ocupação e da intensidade da chuva. A maioria das expressões é empírica e, portanto, só são válidas em condições muito semelhantes às da sua determinação.

O DNIT-IPR-715 recomenda que se dê preferência às fórmulas que conduzem a valores razoáveis, quer para bacias pequenas, quer para as médias e grandes. Assim, serão considerados os seguintes métodos e fórmulas:

- a) **Fórmula de KIRPICH**, publicada no “California Culverts Practice”, que foi desenvolvida originalmente para bacias menores que 0,8 km²:

$$T_c = 0,95 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Em que:

T_c = tempo de concentração, em horas

L = comprimento do curso de água, em km

H = desnível máximo, em m.

Esta fórmula forneceu uma velocidade média de 6,0 km/h para as 15 bacias menores analisadas e de 7,3 km/h para as bacias médias e grandes, indicando a sua aplicação para ambos os casos, embora as velocidades sejam muito altas quando comparadas com as outras fórmulas. Fonte: Manual de Drenagem Básica.

b) **Fórmula de DNOS**

$$T_c = \frac{10}{K} \cdot \frac{A^{0,3} \cdot L^{0,2}}{I^{0,4}}$$

Em que:

T_c = tempo de concentração, em minutos

A = área da bacia, em ha

L = comprimento do curso de água, em m

I = declividade, em %

K = depende das características da bacia, conforme descrito em seguida:

- Terreno areno-argiloso, coberto de vegetação intensa, elevada absorção K= 2,0
- Terreno comum, coberto de vegetação, absorção apreciável K= 3,0
- Terreno argiloso, coberto de vegetação, absorção média K= 4,0
- Terreno argiloso de vegetação média, pouca absorção K= 4,5
- Terreno com rocha, escassa vegetação, baixa absorção K= 5,0
- Terreno rochoso, vegetação rala, reduzida absorção K= 5,5

Os estudos efectuados indicaram que para condições médias, com K= 4,0, resultou, em média, uma velocidade de 4,9 km/h para bacias pequenas e 5,7 km/h para bacias maiores, portanto aceitável para qualquer tamanho de bacia.

c) **Fórmula de KIRPICH modificada**

Estudos em bacias médias e grandes, com dados de enchentes observadas, demonstraram que a aplicação do hidrograma unitário triangular do U.S. Soil Conservation Service fornece resultados

pertinentes às observações, se forem adoptados tempos de concentração 50% maiores do que os calculados pela expressão proposta por KIRPICH. Sugere-se, assim, a adopção da seguinte fórmula:

$$T_c = 1,42 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Em que:

TC = tempo de concentração, em horas

L = comprimento do curso de água, em km

H = desnível máximo, em m

Esta fórmula fornece velocidades próximas da média de todas as expressões analisadas. A velocidade média para as bacias pequenas resultou em 4,0 km/h e para as bacias maiores em 4,8 km/h, indicando a sua aplicação numa grande faixa de áreas.

d) Fórmula de GUIMARÃES RIBEIRO

$$T_c = \frac{16L}{(1,05 - 0,2p_r)(100 \cdot I)^{0,04}}$$

Sendo:

TC = tempo de concentração, em minutos

L = comprimento do curso de água, em km

I = declividade, em m/m

p_r = parâmetro dado pela porção da bacia coberta por vegetação

Para um valor de $p_r = 0,60$ resultou uma velocidade de 3,8 km/h para as bacias menores e de 3,6 km/h para as bacias maiores, sendo assim aplicável a qualquer tamanho de bacia.

e) Fórmula de PASSINI

$$T_c = \frac{0,107 \sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{I}}$$

Onde:

Tc = tempo de concentração, em horas

A = área da bacia, em km²

L = comprimento do curso de água, em km

I = declividade, em m/m

Resultou uma velocidade média de 3,9 km/h para as bacias pequenas e de 2,3 km/h para as bacias maiores, sendo assim aplicável a bacias de qualquer tamanho.

f) Fórmula de VENTURA

$$T_c = 0,127 \sqrt{\frac{A}{I}}$$

Em que:

TC = tempo de concentração, em horas

A = área da bacia, em km²

I = declividade, em m/m

Resultou uma velocidade média de 3,9km/h para bacias pequenas e de 2,4 Km/h para bacias maiores, sendo aplicável a qualquer tamanho de bacia.

g) Método empírico da CIDADE DE DURBAN

Investigadores sul-africanos realizaram pesquisas sobre o cálculo do tempo de concentração, T_c, para a cidade de Durban, tendo definido os seguintes parâmetros para a sua determinação:

- o tempo de entrada, que varia com o tipo de revestimento do terreno;
- o tempo do escoamento superficial, que depende da velocidade estimada do escoamento, que varia com a pendente do terreno; e
- a duração do escoamento na conduta.

Relativamente ao tempo de entrada e à velocidade de escoamento, o estudo recomenda os coeficientes apresentados nas Tabelas D-3 e D-4, respectivamente.

No caso de existirem muitas sub-bacias hidrológicas a contribuir para o caudal num determinado ponto de interesse, deve ser considerado o tempo de concentração mais longo de todas as rotas como o valor para toda a área em estudo.

Tabela D-3. Coeficientes de escoamento

Pendente do terreno	Tempo de entrada
Vegetação densa (floresta, matagal)	25 a 30 min
Áreas cultivadas e parques	20 min
Zonas residenciais	15 min
Áreas urbanizadas, comerciais e industriais	10 min

Fonte: SANRAL

Tabela D-4. Velocidade de escoamento em função da pendente

Pendente do terreno	Velocidade do escoamento (m/s)
1%	0,75
2%	1,5
5%	2,0
10%	2,5
20%	3,0

Para valores de pendentes diferentes dos da Tabela D-4, as velocidades podem ser calculadas por interpolação linear.

O tempo de concentração é a soma do tempo de entrada (Tabela D-3) e o tempo do percurso (min) é calculado a partir do comprimento do escoamento e da velocidade (Tabela D-4).

D2.1.3. Período de retorno

O período de retorno é o intervalo de tempo, geralmente em anos, que decorre em média, para que um determinado evento aleatório seja igualado ou excedido. Diz-se que o período de retorno de um caudal é T quando o valor desse caudal é igualado ou excedido, em média, uma vez em cada intervalo de tempo T.

O artigo 106 do Regulamento dos Sistemas Públicos de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais recomenda o seguinte:

- 1. O período de retorno a considerar no dimensionamento hidráulico de uma rede de drenagem pluvial deve resultar da análise comparativa dos investimentos necessários à protecção contra inundações, para a precipitação de cálculo, e dos prejuízos que podem resultar quando esta é excedida.*
- 2. Na falta de elementos justificativos para a adopção de um dado período de retorno, estipula-se como princípio geral a adopção de um período de retorno de 5 anos, podendo este valor ser aumentado para 10, 20 ou 25 anos, em situações devidamente justificadas.*

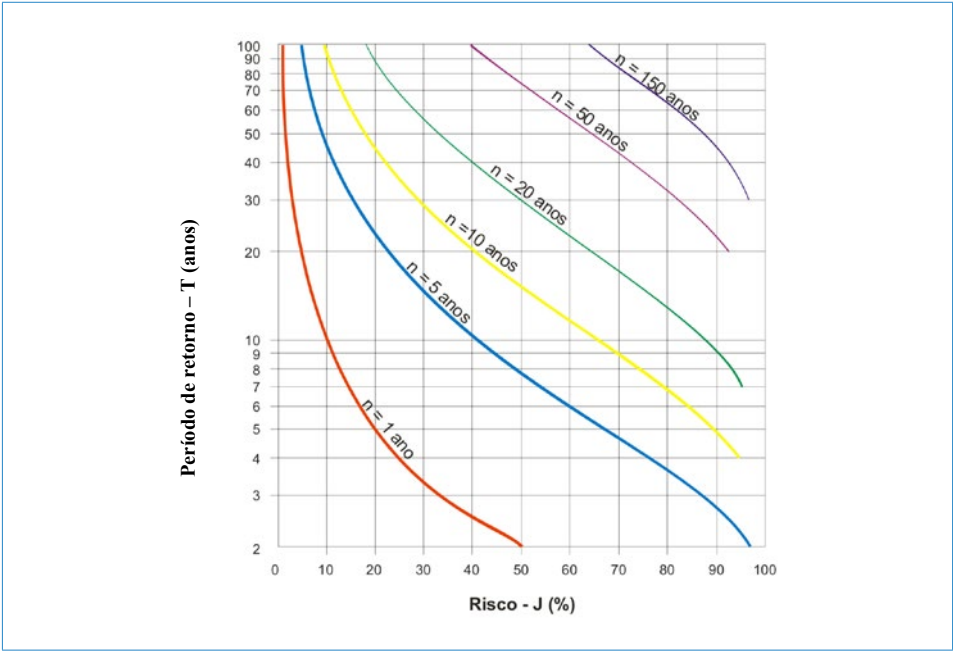
A escolha e justificação de um determinado período de retorno para uma determinada estrutura hidráulica, prende-se a uma análise de economia e de segurança da obra. Quanto maior for o período de retorno, maiores serão os valores das vazões de pico encontradas e, consequentemente, mais segura e cara será a obra.

O DNIT-IPR-715 estabelece que para a definição teórica do risco de ruptura de uma obra, utiliza-se a equação abaixo, em que a probabilidade J de ocorrer uma descarga de projecto com tempo de retorno T (em anos) dentro da vida útil da obra, fixada em n (anos), é dado pela expressão:

$$J = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

A Figura D-1 ilustra as relações entre probabilidade de risco, tempo de retorno e vida útil.

Figura D-1. Relação entre risco , período de retorno e vida útil de uma obra



Fonte: DNIT

Como os danos decorrentes da insuficiência de vazão dependem da importância da obra para o sistema, os valores a serem adoptados para o período de retorno são diferentes, variando conforme o tipo de obra. Assim, um aqueduto com capacidade de vazão insuficiente pode causar a erosão dos taludes junto à boca a jusante, ruptura do aterro por transbordo das águas, ou inundação de áreas a montante. No caso de um canal ou galeria de drenagem urbana, estes danos serão mais sentidos, pois causam a interrupção do trânsito, mesmo que temporariamente, e danos em imóveis residenciais ou nas mercadorias dos estabelecimentos comerciais.

A Tabela D-5 apresenta períodos de retorno para vários dispositivos de drenagem de águas pluviais de uma estrada.

Tabela D-5. Relação entre risco , período de retorno e vida útil de uma obra

Elemento	Classe da estrada	Período de retorno sugerido (T)
Drenagem Transversal (culverts e pontes)	Artérias	50 - 100 anos
	Vias colectoras e distribuidoras urbanas	10 - 50 anos
	Estradas urbanas locais	10 anos
Drenagem Transversal (passagens molhadas)	Artérias	20 anos
	Vias colectoras e distribuidoras urbanas	5 - 10 anos
	Estradas urbanas locais	5 - 10 anos
Superfície da estrada (canaletas, valetas com sumidouros e tabuleiros de pontes)	Todas as estradas exceptuando estradas locais	10 anos
	Estradas locais	5 anos
Escoamentos impedidos (estradas onde não há escape para as águas, ex. perfil côncavo de uma secção em corte)	Todas as estradas	50 anos
Drenagem longitudinal em canais abertos	Todas as estradas	10 anos (ou o valor de T da drenagem transversal, caso esta seja menor)
Drenagem subterrânea	Todas as estradas	1 ano

Fonte: Adaptado de AGRD05

D2.1.4. Intensidade de precipitação

A intensidade de precipitação é definida como a quantidade de precipitação ocorrida numa unidade de tempo e é normalmente expressa em mm/h.

Na elaboração de estudos relativos à drenagem de águas pluviais deve recorrer-se às curvas Intensidade-Duração-Frequência (I-D-F), que fornecem os valores das intensidades médias máximas de precipitação para várias durações e diferentes períodos de retorno. As durações a considerar são as equivalentes ao tempo de concentração, que é a soma do tempo inicial com o tempo de percurso. Em Moçambique, o Regulamento dos Sistemas Públicos de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais fornece as curvas IDF para a cidade de Maputo, a partir das quais podem ser estimadas intensidades de precipitação para as outras regiões do país mediante a aplicação de parâmetros de ajuste.

De acordo com o Regulamento, os passos a adoptar para o cálculo da intensidade de precipitação de projecto são os seguintes:

- Localização da área de estudo no mapa e identificação da região pluviométrica;
- Cálculo da intensidade da precipitação para a duração e período de retorno escolhidos com base nas curvas I-D-F de Maputo;
- Afectação do valor obtido pelo factor multiplicativo correspondente à região pluviométrica em causa.

Expressão analítica das curvas I-D-F para Maputo:

$$I(\text{mm/h}) = a \times t(\text{min})^b$$

Em que:

T - período de retorno (anos)

I - intensidade da precipitação (mm/h)

a, b - parâmetros adimensionais, definidos em função do período de retorno

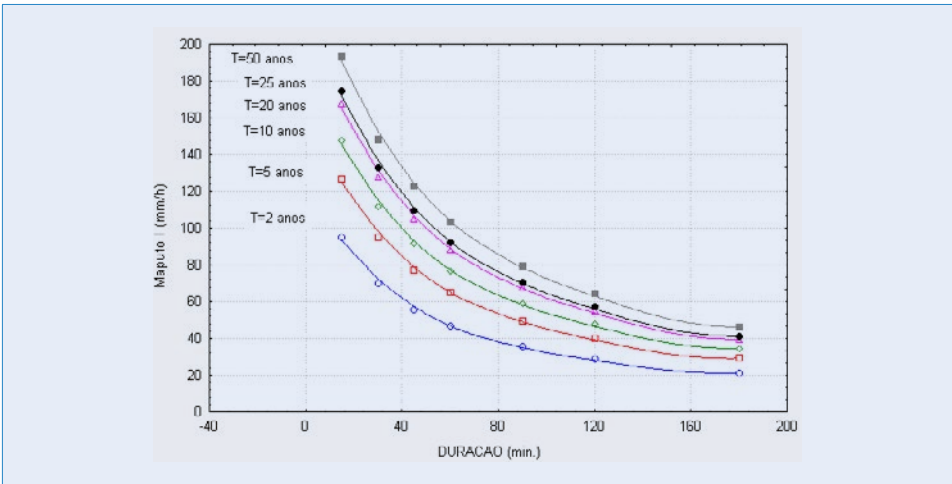
t - duração(min)

Tabela D-6. Parâmetros a, b para as curvas I-D-F de Maputo e Matola

T1 (anos)	2	5	10	20	25	50
a	534.0468	694.504	797.3841	896.5751	930.8815	1026.694
b	-0.6075	-0.59383	-0.5869	-0.58197	-0.58119	-0.57749

A expressão gráfica das curvas IDF para a cidade de Maputo estão ilustradas na Figura D-2.

Figura D-2. Expressão gráfica das curvas I-D-F para a cidade de Maputo e Matola



A intensidade de precipitação para outras regiões do país é dada pela expressão:

$$I_{\text{região}} = K \times I_{\text{Maputo}}$$

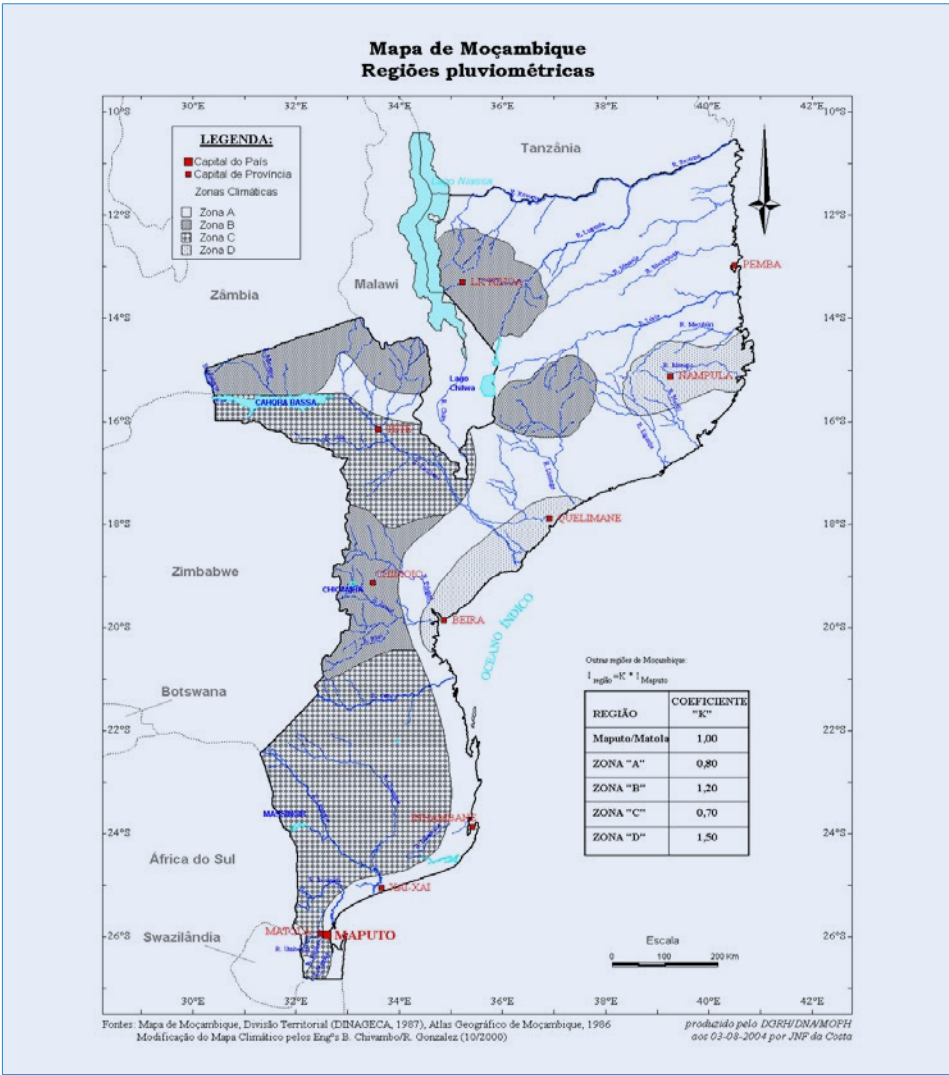
Os coeficientes de correcção, K, para as zonas climáticas do país constam na Tabela D-7.

Tabela D-7. Coeficientes de correcção K

Região	Coeficiente K
Maputo/Matola	1,0
ZONA "A"	0,80
ZONA "B"	1,20
ZONA "C"	0,70
ZONA "D"	1,50

As regiões pluviométricas do país estão ilustradas na Figura D-3.

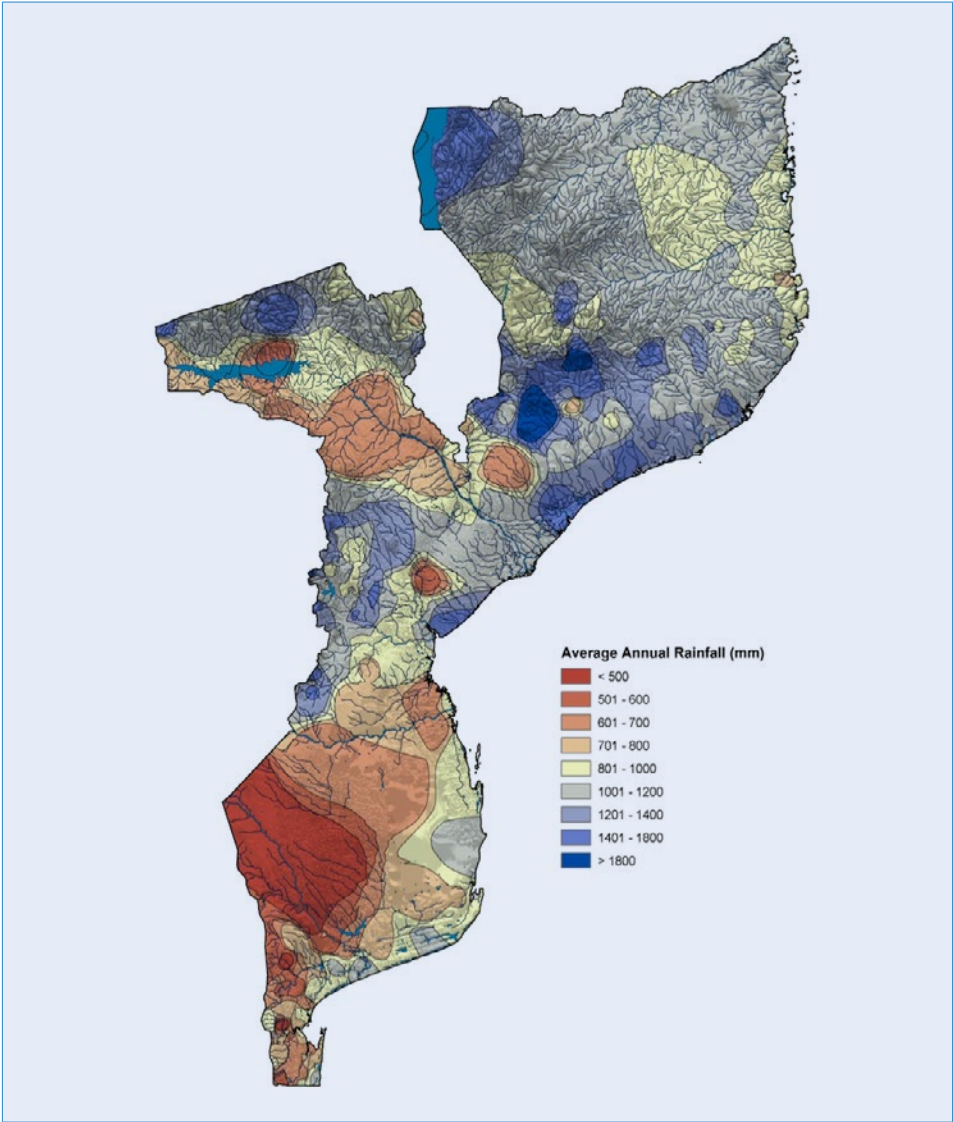
Figura D-3. Regiões pluviométricas de Moçambique



Fonte: DNGRH

Para uma melhor compreensão da pluviosidade em Moçambique, a Figura D-4 representa o mapa da precipitação média anual.

Figura D-4. Precipitação média anual em Moçambique



Fonte: DNGRH

D3. DRENAGEM TRANSVERSAL

Para se fazer a escolha de um tipo de passagem hidráulica para um projecto é conveniente ter conhecimento das vantagens e desvantagens de cada tipo de estrutura disponível. Assim, apresentamos de seguida as vantagens e desvantagens do uso de pontes, aquedutos e passagens molhadas.

D3.1. VANTAGENS E DESVANTAGENS DE PONTES

Tabela D-8. Vantagens e desvantagens do uso de pontes

Pontes	
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> ● Proporcionar uma maior imunidade a inundações. ● A área da linha de água aumenta com o elevar da superfície da água até que esta comece a submergir a superestrutura. ● Menos suscetível ao entupimento por detritos. ● As correntes aumentam a abertura do curso de água. ● Impacto mínimo no ambiente aquático e nas áreas húmidas. ● O alargamento geralmente não afecta a capacidade hidráulica. ● Menos impacto na fauna / peixes. ● Grande capacidade de vazão. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Maiores custos de projecto e construção. ● Requer mais manutenção estrutural do que aquedutos. ● Descarregadores em suscetíveis a erosão e danos por abrasão. ● Encontros e pilares suscetíveis a falhas devido a erosão. ● Forças de impacto, arrasto e flutuantes, são perigos para as pontes. ● Susceptível a migração da linha de água / canal. ● Maior flutuabilidade, arrasto e riscos de impacto. ● Maior risco para atividades de manutenção, como gestão de tráfego e altura.

D3.2. VANTAGENS E DESVANTAGENS DE AQUEDUTOS

Tabela D-9. Vantagens e desvantagens do uso de aquedutos

Aquedutos	
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> ● Alterações na geometria vertical e na largura da estrada geralmente podem ser acomodadas com a extensão das extremidades dos aquedutos. ● Requer menos manutenção estrutural do que as pontes. ● Geralmente mais simples e rápido para projectar e construir do que pontes. ● A erosão é localizada, mais previsível e mais fácil de controlar. ● Geralmente é a opção mais econômica. 	<ul style="list-style-type: none"> ● O assoreamento pode exigir limpeza periódica. ● O local de trabalho de manutenção pode ser alto risco estar em riacho/leito do rio. ● Não há aumento do curso de água, pois o estágio se eleva acima do intradorso. ● Geralmente, exigem níveis mais altos de manutenção devido a: <ul style="list-style-type: none"> – entupimento por detritos – erosão nas saídas – danos por abrasão e corrosão. ● A extensão pode reduzir a capacidade hidráulica. ● Entradas de aquedutos flexíveis suscetíveis a falhas por flutuabilidade. ● Aquedutos rígidos suscetíveis à separação nas juntas. ● Susceptível à falha por lavagem de finos (levando à falha do aterro). ● Aumento dos impactos ambientais na fauna / peixes.

D3.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS DE PASSAGENS MOLHADAS

Tabela D-10. Vantagens e desvantagens do uso de passagens molhadas

Passagens molhadas	
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none">● Geralmente simples de projectar.● Pode oferecer vantagens ambientais sobre aquedutos e pontes, pois tendem a espalhar o escoamento mais amplamente.● Normalmente têm aterros baixos.● O risco de erosão da linha de água e das terras circundantes é reduzido.	<ul style="list-style-type: none">● Permitir escoamento de água sobre a estrada – questões de imunidade e segurança.● Maior interrupção no tráfego devido ao galgamento.● Pode ter custos de construção mais altos que os aquedutos.● As inclinações dos taludes podem ser afetadas por erosão / abrasão (particularmente para aterros mais altos).● Geralmente, têm requisitos dispendiosos de proteção de taludes.● Susceptível a migração da linha de água/canal.● Pode ter impactos ambientais (fauna / passagem de peixes).● Potencial de falha do aterro (dependendo da proteção fornecida).

D3.4. DIMENSIONAMENTO DE DISPOSITIVOS DE DRENAGEM TRANSVERSAL

Tal como mencionado na Secção D.1 acima, os dispositivos de drenagem transversal podem ser pontes, aquedutos e passagens molhadas. Na Secção D.1.1 estão apresentadas as vantagens e desvantagens relativamente à selecção do tipo de dispositivo de drenagem transversal e na Secção D.2 são apresentadas, de forma sumariada, as considerações sobre o projecto de estruturas de drenagem. Pretende-se, com esta secção, providenciar informação pertinente sobre as considerações práticas a ter em conta no dimensionamento de aquedutos.

Os aquedutos devem ser projectados não só para satisfazer os requisitos hidráulicos associados ao transporte de água nas estradas, como para ter resistência estrutural para transportar cargas de construção, para o tráfego rodoviário e para as cargas associadas à estrutura do pavimento (Austroads).

Ao projectar aquedutos, devem ser considerados vários problemas, alguns dos quais já abordados nesta secção, incluindo:

- economia (por exemplo, custo do projecto e orçamento disponível);
- imunidade na estrada - extensão ao longo da qual os caudais passam através dos aquedutos sob a estrada, não permitindo o transbordo das águas pluviais e forçando o seu encerramento;
- características da linha de água, como o formato do canal, o declive e a forma natural da linha de água (também se deve considerar a possível morfologia da linha de água durante a vida do aqueduto);

- a estrutura do aqueduto, incluindo tipo, material, tamanho e número de tubos ou células;
- afluxo (ou seja, a mudança no nível da água causada pela estrada e aqueduto/restricção);
- profundidade do fluxo de descarga e presença de possíveis efeitos de retorno;
- velocidade de saída do aqueduto e energia de escoamento;
- erosão, a montante e a jusante;
- efeitos das águas subterrâneas (incluindo infiltração longitudinal, efeito de tubulação e erosão interna - considerar a necessidade de colocação de anéis estanques);
- condições da água subterrânea (incluindo resistência do tubo, assentamentos nos aquedutos e ancoragem dos aquedutos quando localizados em encostas íngremes);
- as necessidades especiais de aquedutos, que devem ser usados para a passagem de peixes e da fauna terrestre, como carreiros para gado ou passagens subterrâneas (aquedutos com dimensões excepcionais são geralmente mais necessários para a passagem de fauna ou peixes, do que por razões hidráulicas);
- segurança e acesso (isto é, satisfazer as necessidades dos pedestres, ciclistas ou equipas de manutenção);
- durabilidade - vida útil da estrutura;
- questões ambientais (minimizando o potencial de danos ambientais inaceitáveis).

D3.4.1. Informação requerida

É importante reunir todas as informações necessárias antes do início do projecto do aqueduto. Algumas informações devem ser recolhidas / verificadas por inspecção no local.

A área de captação deve ser cuidadosamente definida a partir de mapas e de fotografias aéreas e fotogrametria, se disponíveis. É comum examinar o leito da linha de água e os terrenos adjacentes a montante e a jusante do local do aqueduto, bem como outras características, tais como outros aquedutos, casas e empreendimentos comerciais (e possivelmente os níveis de soleira das portas, caso estas pareçam estar mais em risco de inundação devido ao novo aqueduto).

O uso dos terrenos adjacentes ao local do aqueduto e quaisquer serviços (públicos ou privados) que possam influenciar a sua localização, bem como o nível, também devem ser observados. As informações importantes em relação aos níveis mais altos de inundações passadas conhecidas podem ser obtidas através de entrevistas aos residentes locais e supervisores de manutenção de estradas. O projectista também deve inspecionar minuciosamente o local, pois a pesquisa pode não mostrar todos os detalhes relevantes para um bom projecto e facilidade de construção.

Também é necessário um projecto preliminar da estrada para determinar o tamanho máximo do aqueduto (altura) para possíveis simulações de dimensionamento, a fim de verificar quaisquer requisitos de folga livre ou recobrimento, e para determinar os critérios permitidos da profundidade hidráulica a montante. Outros dados necessários incluem critérios de desempenho hidráulico para secção ou ligação da estrada, quaisquer requisitos/restricções ambientais e, o mais importante, dados sobre as chuvas.

D3.4.2. Localização do aqueduto

Em geral, um aqueduto para um determinado curso de água deve ser projectado de forma a que a sua estrutura caiba no canal natural, deve estar alinhado e ter o mesmo gradiente, na medida do possível. No entanto, o local e o tamanho do aqueduto devem ser escolhidos de forma a:

- alcançar um bom desempenho hidráulico;
- garantir a estabilidade do leito do rio e das banquetas;
- reduzir riscos para veículos errantes;
- minimizar os riscos de construção;
- minimizar os custos de construção e manutenção.

a) Alinhamento horizontal

Um aqueduto deve ser colocado num alinhamento recto, que pode ser perpendicular ou oblíquo ao eixo da estrada. Sempre que possível deve ser adoptada a obliquidade natural do curso de água, pois um aqueduto com um alinhamento diferente pode causar erosão progressiva das banquetas, podendo eventualmente invadir propriedade privada. A protecção das banquetas em risco de erosão pode ser onerosa.

O realinhamento de secções curtas de um canal existente para se ajustar ao alinhamento dos aquedutos deve ser evitado, pois o realinhamento de um canal natural requer um estudo cuidadoso para evitar erosão, além de que esses realinhamentos de cursos de água podem exigir a aprovação da autoridade que tutela os recursos hídricos da região.

Nos casos em que são necessárias mudanças severas no alinhamento do canal, recomenda-se que o aqueduto não seja posicionado perpendicularmente à estrada, uma vez que curvaturas curtas do canal irão provavelmente levar à erosão na baqueta côncava e o acumular de sedimentos na banqueta oposta (Figura 7-24, Fonte: AGRD05B). O alinhamento da estrada deve evitar, tanto quanto possível, travessias nesses locais.

Nos locais onde seguir o canal natural resultaria numa travessia de estrada muito oblíqua, pode ser mais barato construir um desvio do curso de água (ver Opções A e B na Figura D-5, AGRD05B).

Figura D-5. Opções de alinhamento do curso de água

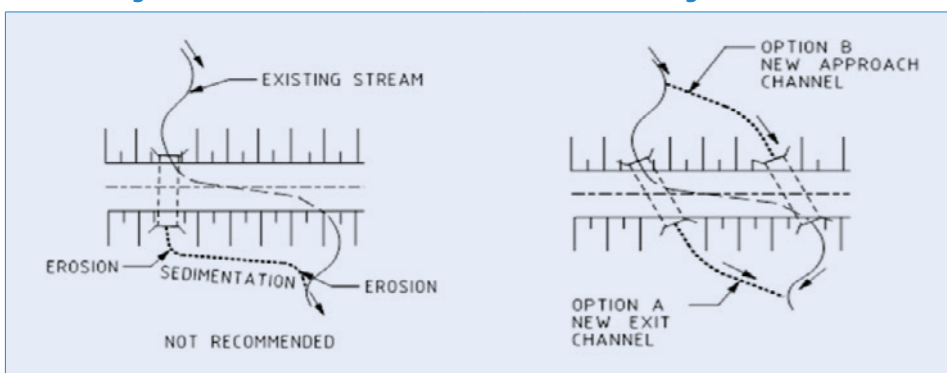


Figura D-6. Opções de alinhamento do curso de água (A e B)

b) Alinhamento vertical

Recomenda-se que o perfil vertical de aquedutos seja próximo do leito natural. Outras pendentes podem ser escolhidas por razões económicas ou hidráulicas. Inclinações diferentes da linha de água natural podem ser usadas para evitar a degradação do leito natural, minimizar a sedimentação, melhorar o desempenho hidráulico do aqueduto, encurtar o aqueduto ou reduzir os requisitos estruturais. Os aquedutos são tipicamente mais suaves que o canal natural e, portanto, é esperado um aumento na velocidade de escoamento. São necessários estudos cuidadosos para controlar a erosão do leito natural e a deposição de sedimentos. As alterações de declive devem, portanto, receber atenção especial para garantir que não resultem efeitos negativos desta mudança.

O aqueduto deve ser projectado para:

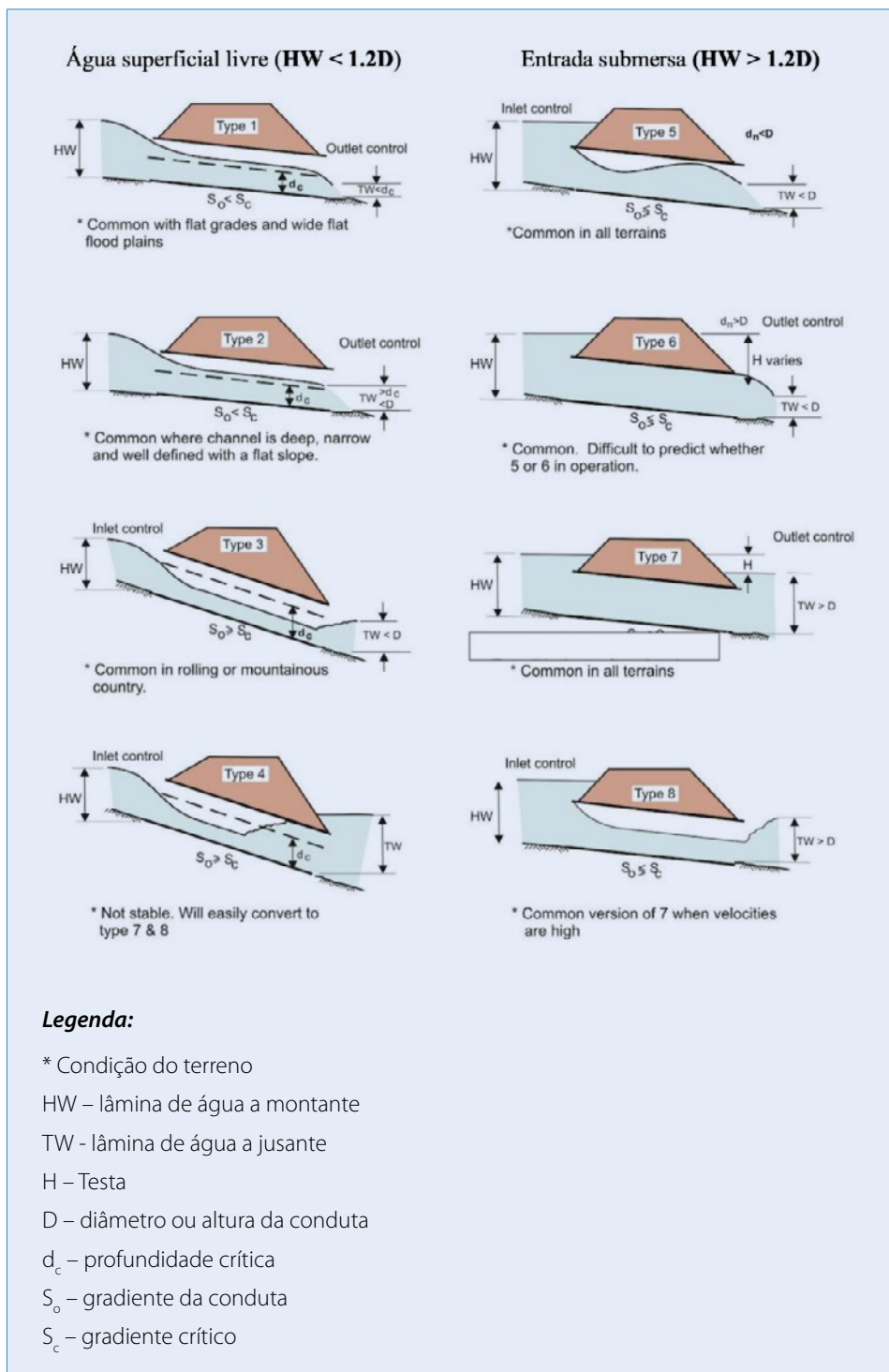
- adequar-se às condições de saída, mesmo que as condições de entrada precisem de ser modificadas (por exemplo, uma entrada em queda para reduzir as velocidades potenciais de erosão através do aqueduto). Altas velocidades de saída podem causar erosão a uma distância significativa a jusante do aqueduto. Onde se prevêem velocidades elevadas de saída, serão necessárias medidas apropriadas de dissipação e/ou medidas de protecção;
- estar isento de depósitos de sedimentos, que tendem a ocorrer no interior das curvas do curso de água, ou onde houver uma mudança abrupta da inclinação do curso de água para um gradiente mais plano no aqueduto.

D3.4.3. Condições de funcionamento

Existem dois tipos de funcionamento de um aqueduto e que são importantes no seu desempenho hidráulico: escoamento sujeito a controlo de entrada e escoamento sujeito a controlo de saída.

A Figura D-7 mostra oito condições típicas sob as quais os aquedutos podem operar (isto é, a variedade de tipos de escoamento comumente encontrados nos aquedutos). Para o controlo de entrada, existem dois regimes distintos, dependendo se a entrada é submersa ou não submersa. O controlo de saída ocorre em aquedutos longos, aquedutos colocados em gradientes planos e aquedutos com altas profundidades do fluxo de descarga.

Figura D-7. Condições típicas de funcionamento de aquedutos



Fonte: AGRD05B

a) Controlo de entrada

Controlo de entrada significa que a capacidade de descarga do aqueduto é controlada na sua entrada pela profundidade da água retida a montante (HW), pela secção transversal da conduta e pela geometria da boca de entrada, incluindo o tipo de entrada, a existência e o ângulo dos muros testa e muros ala e a projecção do aqueduto na lâmina de água de montante (HW).

A profundidade da água retida, no caso HW, é a distância vertical da soleira do aqueduto à linha energética na sua entrada.

Para o fluxo unidimensional, a relação entre a descarga e a energia a montante pode ser calculada através de um processo iterativo ou pelo uso de nomogramas.

Os nomogramas dão a altura da água retida (HW), que é o parâmetro determinante da capacidade da obra. Em outras palavras, o aqueduto com controlo de entrada deve ter secção transversal mínima e condições de boca que permitam escoar a vazão desejada com o máximo de retenção (HW) permitida pelo projecto.

Na definição da altura de água a montante (HW) devem ser tomados em conta vários aspectos destacando-se:

- A lâmina de água a montante não deve causar danos inaceitáveis ou efeitos adversos às propriedades adjacentes. A extensão de qualquer inundação a montante das propriedades deve ser determinada a partir de investigações de campo ou de cálculos de projecto.
- Uma lâmina de água a montante muito alta pode estar associada a uma velocidade de saída excessiva. Nesse caso, a altura de água permitida pode ter que ser reduzida para limitar a velocidade de saída a um valor aceitável, ou seja, aquele que não cause erosão.

b) Controlo de saída

Com o controlo de saída, o escoamento no aqueduto é restrito à descarga que pode passar através da conduta para um determinado nível de água na boca de saída (lâmina de água a jusante). A inclinação, a área da secção transversal, a rugosidade e o comprimento da conduta do aqueduto devem ser considerados, pois originam perdas de carga que excedem as perdas da entrada. É sabido que o tamanho da entrada, a forma e a geometria da aresta afectam também a capacidade do aqueduto.

Em geral, considera-se que o controlo estará na saída se a inclinação do aqueduto for menor que a crítica. Uma profundidade da água a jusante igual a 80% ou mais da altura da conduta / célula do aqueduto geralmente indica controlo de saída, excepto em terrenos ondulados ou regiões montanhosas em que o aqueduto está localizado nas encostas da superfície natural. No entanto, recomenda-se que seja feita uma verificação.

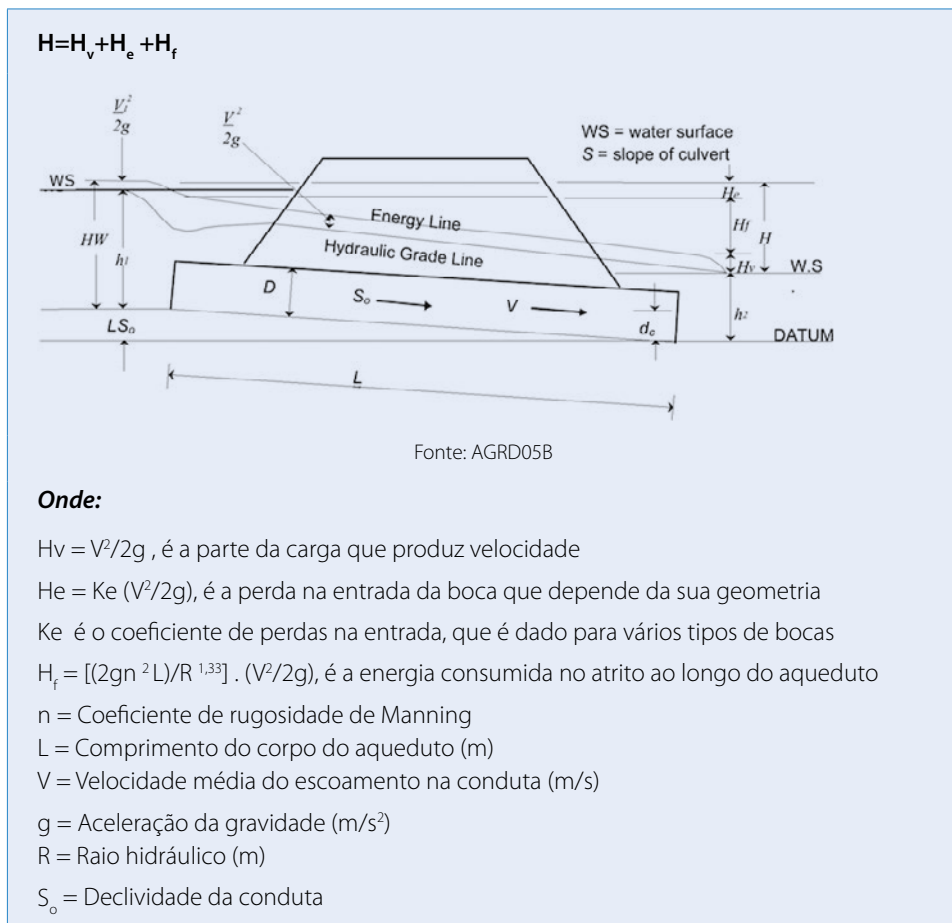
D3.4.4. Cálculo hidráulico

O cálculo hidráulico de aquedutos pode ser feito manualmente, usando fórmulas derivadas da Figura D-8, usando nomogramas ou programas de computador.

A carga H , necessária para o escoamento através de um aqueduto, enchendo-o completamente em todo seu comprimento (controlo de saída), é composta por três parcelas importantes, expressas em metros de altura de água que são: a parcela H_v , correspondente à velocidade; a

parcela H_e , necessária para vencer as resistências de entrada e a H_f , decorrente das perdas ao longo do corpo do aqueduto. Esta carga H é expressa pela equação:

Figura D-8. Parâmetros hidráulicos do escoamento com controle de saída, conduta cheia



De onde foi derivada a equação:

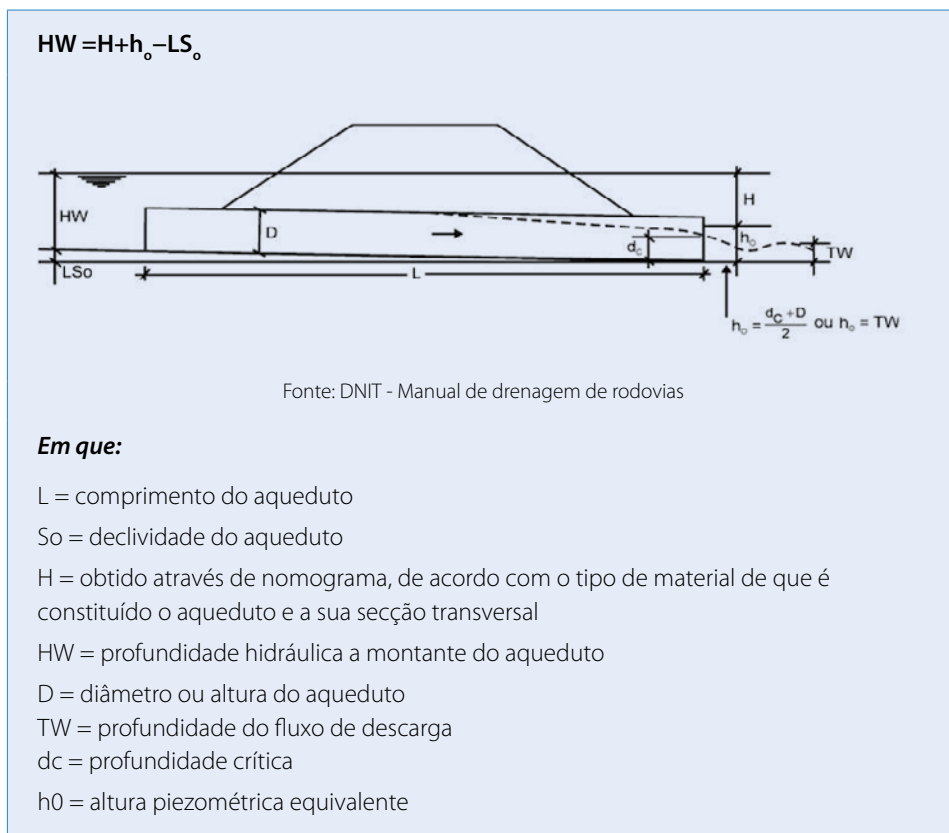
$$H = \left[1 + K_e + \frac{2g \times n^2 \times L}{R^{1,33}} \right] \frac{V^2}{2g}$$

Esta equação de H pode ser resolvida por meio de nomogramas para determinadas secções transversais e coeficientes de rugosidade n .

Equação geral para controlo de saída

A altura da lâmina de água HW é obtida com a introdução de um factor h_0 , altura entre a soleira do aqueduto, na boca de jusante, e o ponto da linha piezométrica equivalente, a partir do qual H deverá ser medido, como pode ser observado na Figura D-9. A relação de HW com H é dada, pela equação:

Figura D-9. Parâmetros hidráulicos para determinação de HW



Os valores do coeficiente K_e , perdas de entrada dos aquedutos, são apresentados na Tabela D-11.

Tabela D-11. Coeficientes de perda de entrada de aquedutos, K_e

Type of structure and design of entrance	Coefficient k_e
Concrete/fibre reinforced/poly pipe	
Projecting from fill, socket end	0.2
Projecting from fill, square cut end	0.5
Headwall, with or without wingwalls:	
• Socket end	0.2
• Rounded edge (radius = $D/12$)	0.2
• Square edge	0.5
End section conforming to fill slope (precast end unit)	0.5
Mitred/cut to conform to fill slope (field cut)	0.7
Reinforced concrete box	
Headwall parallel to embankment (no wingwalls):	
• Rounded on 3 edges (radius of $1/12$ cell dimension)	0.2
• Square on 3 edges	0.5
Wingwalls at 30° to 75° to cell:	0.5
• Crown edge rounded (radius of $1/12$ cell dimension)	0.2
• Crown edge square	0.4
Wingwalls at 10° to 30° to cell: square edged at crown	0.5
Wingwalls parallel (extension of sides) square edged at crown	0.7
Corrugated metal pipe	
Headwall rounded edge	0.2
Headwall or headwall and wingwalls: square edged	0.5
End section conforming to fill slope (manufacturer end unit)	0.5
Mitred/cut to conform to fill slope	0.7
Projecting from fill (no headwall)	0.9

Fonte: AGRD05B

A altura crítica, d_c , a jusante para aquedutos circulares pode ser determinada a partir de nomogramas. Para o caso de aquedutos celulares, a altura crítica é dada pela expressão:

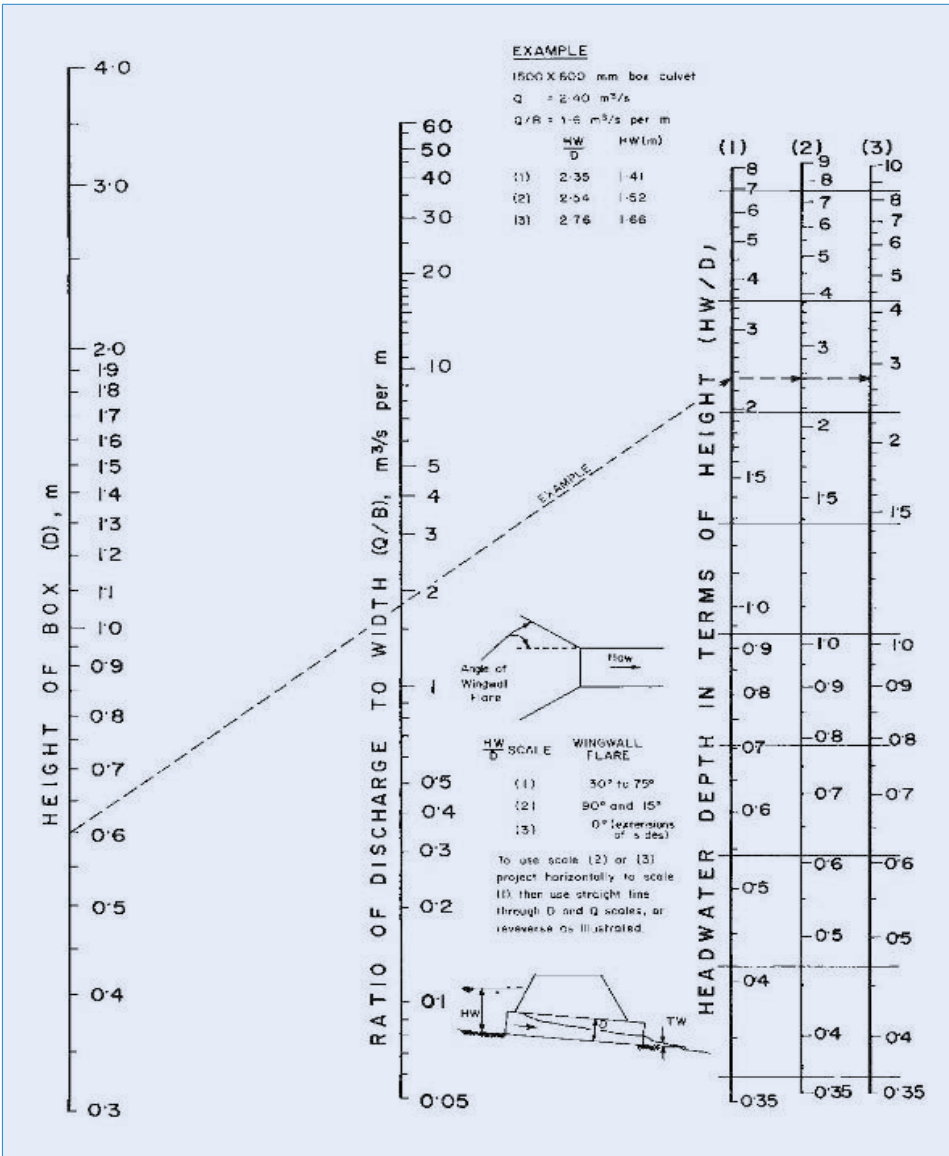
$$d_c = 0.467 \left(\frac{Q}{B} \right)^{2/3}$$

Em que Q é o caudal por cada célula.

Apresentam-se de seguida alguns nomogramas para a determinação do parâmetro HW.

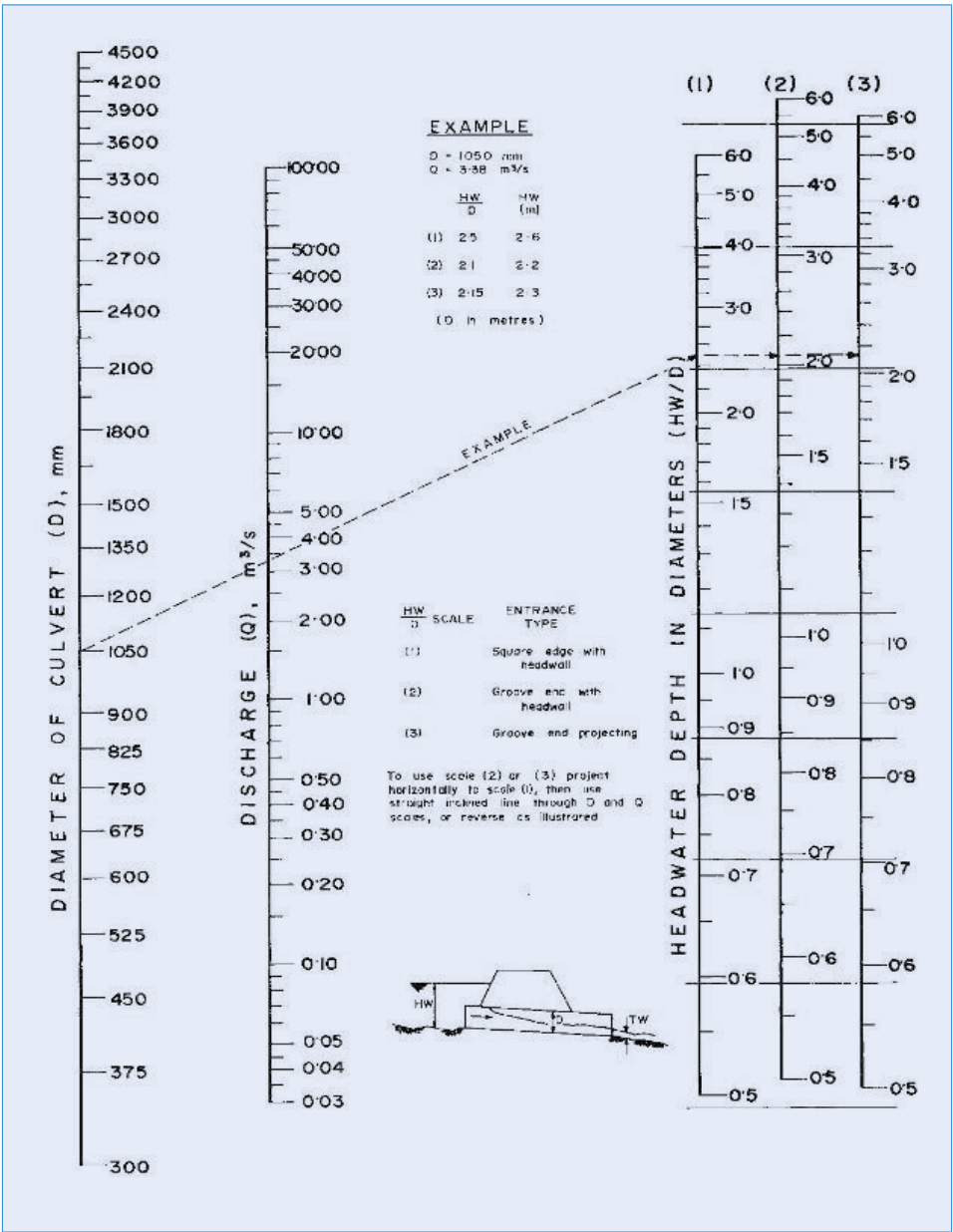
a) Nomogramas para determinação de HW com controlo de entrada

Figura D-10. Determinação de HW num aqueduto celular com controlo de entrada



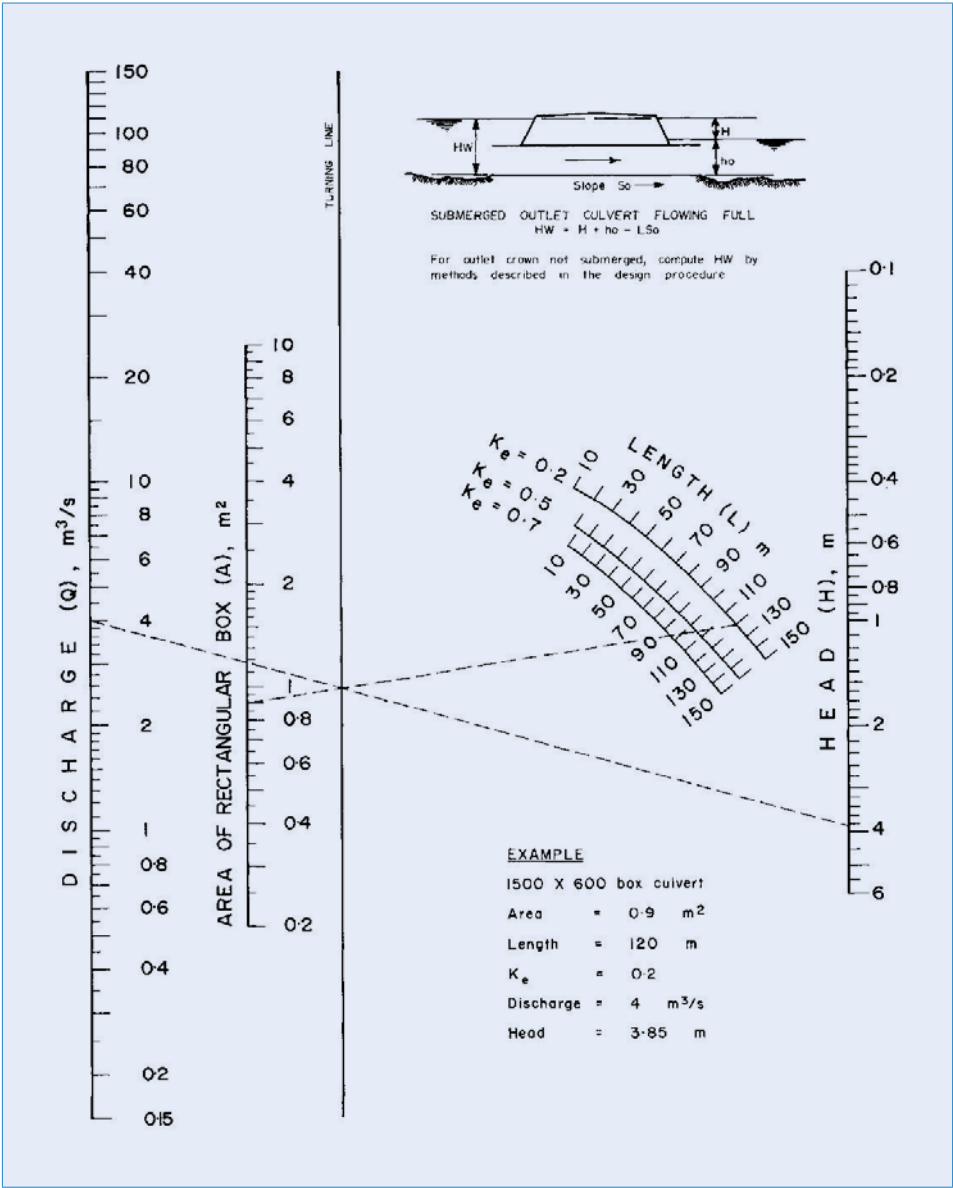
Fonte: AGRD05B

Figura D-11. Determinação de HW num aqueduto circular de betão com controlo de entrada



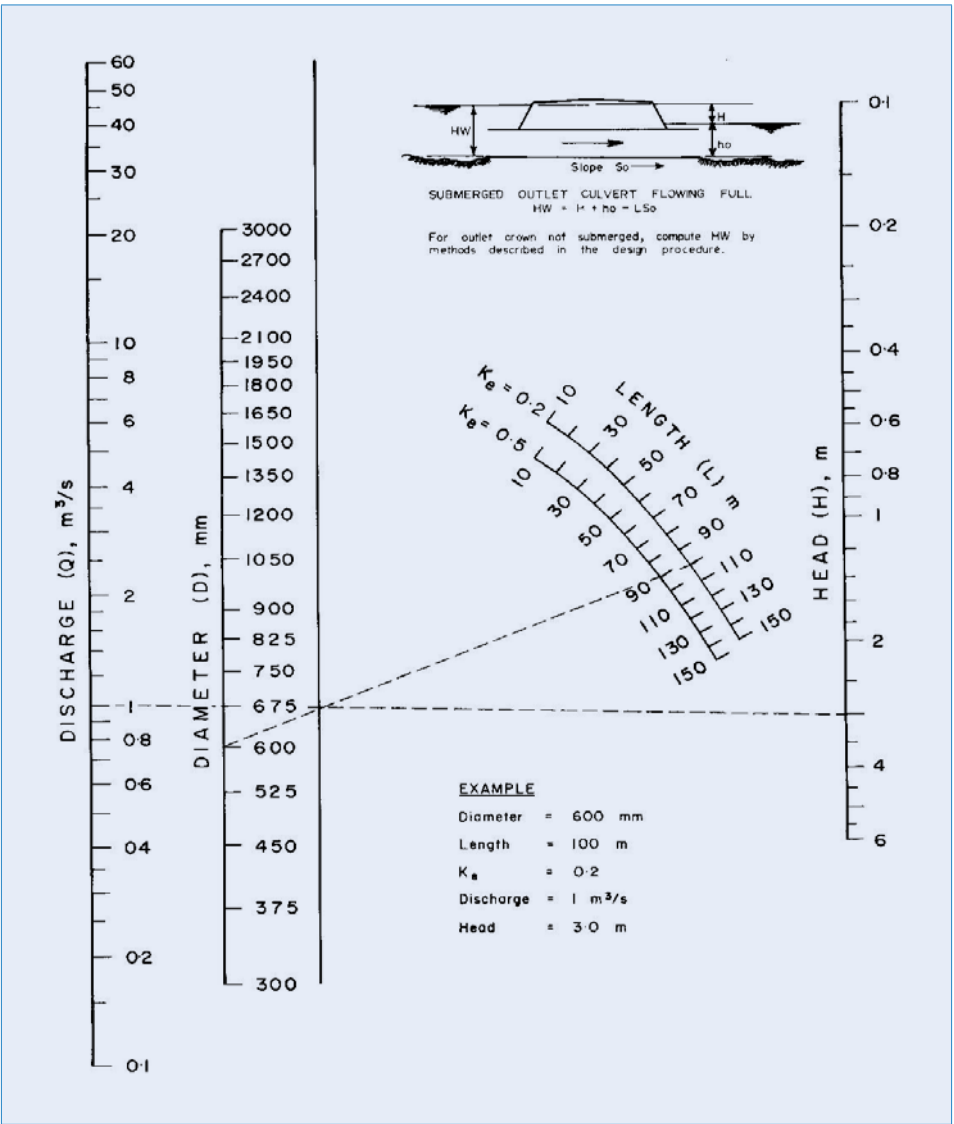
b) Nomogramas para determinação de HW com controlo de saída

Figura D-12. Determinação de HW num aqueduto celular com controlo de saída, $n = 0.02$



Fonte: AGRD05B

Figura D-13. Determinação de HW num aqueduto circular de betão escoando cheio com controlo de saída, $n=0.012$



Fonte: AGRD05B

D3.4.5. Prevenção contra a erosão

Nas passagens hidráulicas, a erosão é um problema bastante comum no nosso país, razão pela qual é oportuno tecer algumas considerações sobre o assunto neste Guião.

A erosão ocorre geralmente quando:

- as velocidades da água são altas; e
- a direcção do escoamento muda rapidamente.

Quando são utilizadas entradas convencionais com muros-ala, a erosão a montante dos aquedutos raramente é um problema. Uma protecção a jusante, por exemplo, de pedra argamassada de 200 mm de tamanho, com um comprimento duas vezes maior que a dimensão vertical a montante da entrada do aqueduto (ou a montante da laje de soleira), geralmente é suficiente para impedir a erosão local. Contudo, é sempre conveniente dimensionar os elementos de protecção ou prevenção contra a erosão, conforme discutido adiante.

Dissipadores de energia

Segundo o Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT, os dissipadores de energia, como o nome indica, são dispositivos destinados a dissipar energia do fluxo de água, reduzindo consequentemente a sua velocidade, quer no escoamento através do dispositivo de drenagem, quer no desaguamento para o terreno natural.

O dimensionamento hidráulico dos dissipadores de energia será realizado em função da velocidade de escoamento da água a montante e da altura do fluxo afluente.

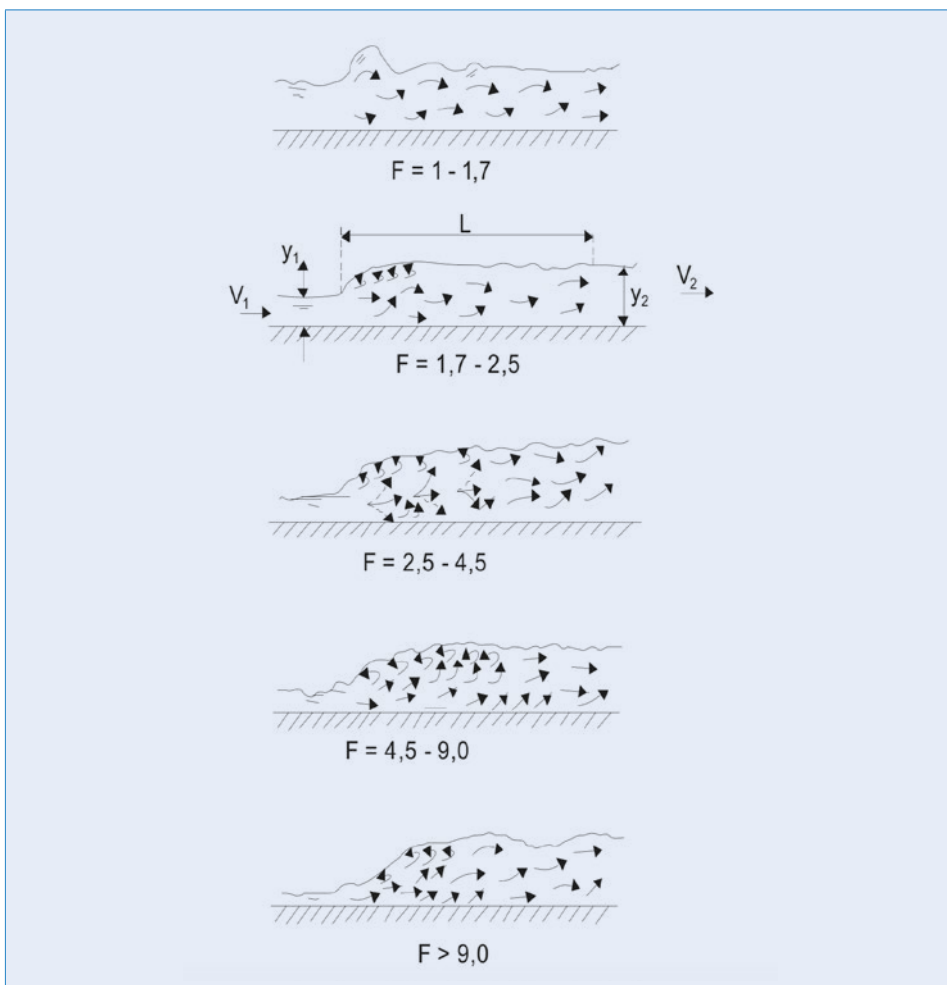
Um dos parâmetros importantes na avaliação do potencial de erosão de um escoamento superficial é o número de Froude, que representa a relação entre as forças de inércia e as de gravidade, esta traduzida pela projecção do peso da água na direcção do escoamento (Miguez *et al*).

Segundo o DNIT, o ressalto hidráulico que ocorre numa bacia de amortecimento é em função da variação do número de Froude, e a determinação deste ressalto hidráulico permitirá o dimensionamento do dispositivo.

Não há necessidade de preocupações para o número de Froude até 1,7, pois haverá apenas uma pequena turbulência na superfície da água.

Para o número de Froude entre 1,7 e 2,5 e entre 4,5 e 9,0 o efeito amortecedor para o ressalto que se forma pode ser feito através de uma bacia de amortecimento horizontal lisa de betão, calculada através de experiências do “Bureau of Reclamation – USA”.

Figura D-14. Relação número de Froude e turbulência



Fonte: DNIT

Calcula-se o número de Froude pela expressão:

$$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g \times Y_1}}$$

onde :

F1 = número de Froude

V1 = velocidade do fluxo afluente à bacia, em m/s

Y1 = altura do fluxo afluente à bacia, em m

g = aceleração da gravidade, em m/s²

A equação que determina a altura do fluxo na saída da bacia de amortecimento, após o ressalto, é:

$$\frac{Y_2}{Y_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8F_1^2} \right) - 1$$

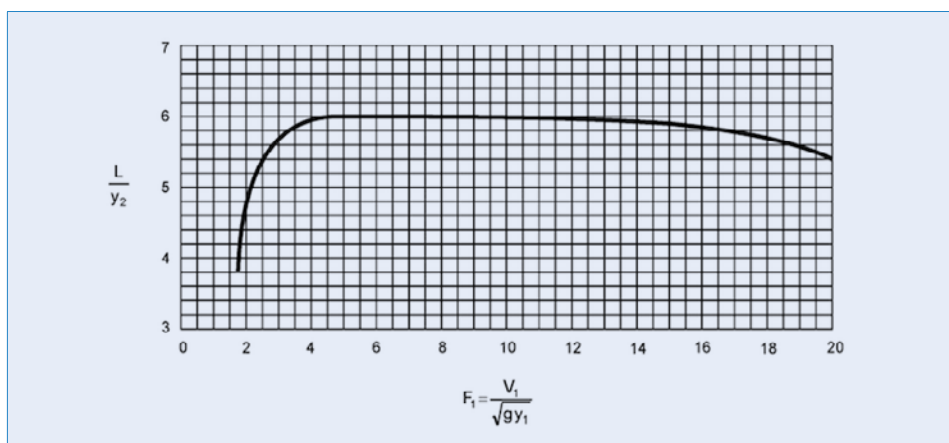
onde:

Y_2 = Altura do fluxo na saída, em m

Y_1 e F_1 = como descrito acima

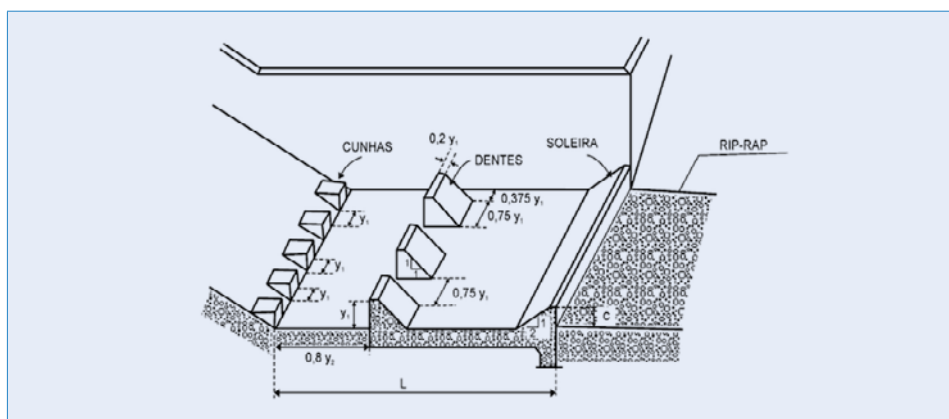
Ainda de acordo com o DNIT, a longitude do ressalto e, por conseguinte, o comprimento da bacia de amortecimento, pode ser determinada pelo gráfico da Fig. D-14.

Figura D-15. Gráfico para determinação do comprimento do ressalto



Para o número de Froude até 17, devem ser usadas bacias de amortecimento com guarnições, cunhas e dentes, que são dissipadores que produzem o efeito estabilizador no ressalto (Fig. D-15).

Figura D-16. Pormenor de dissipador de energia



Fonte: DNIT

D4. PASSAGENS MOLHADAS

Uma passagem molhada (PM), também conhecida por passagem fluvial de baixo nível (LLRC), é uma estrutura viária que pode ser submersa em condições de inundação. A PM é dimensionada de maneira a não sofrer danos ou sofrer danos limitados quando galgada. Este tipo de estrutura é apropriado quando a inundação de uma estrada por períodos curtos é aceitável.

As passagens molhadas podem ser rasas ou elevadas. Na terminologia moçambicana, ao contrário da encontrada na bibliografia de língua inglesa, as passagens molhadas elevadas são designadas por *drifts*, enquanto que as passagens molhadas rasas são simplesmente conhecidas por passagens molhadas. Este tipo de estrutura hidráulica é de grande aplicação em estradas de baixo volume de tráfego, quer rurais, quer urbanas, razão pela qual é dedicada esta subsecção neste Guião. Contudo, não é função deste documento apresentar os critérios de dimensionamento hidráulico específico deste tipo de infra-estrutura, que se baseia nas teorias gerais de dimensionamento hidráulico já considerados nesta Secção 7. A abordagem que se faz sobre as passagens molhadas faz referência aos cuidados a observar relativamente aos impactos ambientais resultantes do seu uso, a necessidade de manutenção, a justificação para o seu uso (em acréscimo às vantagens e desvantagens do seu uso, conforme a Tabela 24 da Subsecção 7.6.1 acima), e os cuidados a observar com a definição da sua geometria.

D4.1. IMPACTOS AMBIENTAIS

Os impactos ambientais de grande relevância de uma PM são as causadas pela velocidade de fluxo acelerada, possível impacto nas margens do curso de água, aparência visual e erosões a jusante.

D4.2. MANUTENÇÃO REGULAR

Outro aspecto a ter em conta no uso de uma PM é a necessidade de manutenção regular, especialmente após períodos de inundação, para remover detritos, areia e reparar pequenos danos.

D4.3. JUSTIFICAÇÃO ECONÓMICA

Geralmente, o nível de justificação económica para o uso de uma PM é favorável quando comparado às estruturas hidráulicas em altura. A principal razão para isso é o custo de construção relativamente baixo das PM, enquanto o impacto negativo sobre os utilizadores da estrada é restrito, no máximo, a alguns dias por ano.

Os custos a serem considerados na avaliação económica de alternativas são, entre outros:

- custo de construção;
- vida útil e custo de substituição ou extensão dos componentes;
- custo e inconveniência para os utilizadores da estrada resultantes de atrasos nos cruzamentos inundados e inacessíveis (em casos graves, pode não haver rota alternativa disponível);
- custo para os utilizadores da estrada associado ao uso de rotas alternativas no caso de a travessia não estar acessível (quando disponível); e
- custo de manutenção, especialmente manutenção e/ou reparações após inundações.

D4.4. CONSIDERAÇÕES SOBRE GEOMETRIA

Recomenda-se que os projectistas tenham em consideração os seguintes factores que influenciam o dimensionamento geométrico de passagens molhadas:

- É importante que seja fornecida uma distância de visão adequada para dar tempo ao motorista de reconhecer a água na estrada e parar.
- Como princípio geral, as passagens molhadas devem ser projectadas para que a profundidade da água na estrada seja o mais uniforme possível sobre a secção inundada. O gradiente longitudinal da parte central da PM deve, portanto, ser nivelado para que ele actue como uma represa e evite a possibilidade de um motorista encontrar inesperadamente águas mais profundas e possivelmente parar ou ser arrastado pelas correntes.
- O risco de os carros poderem ser levados nas estradas é uma consideração importante. O risco aumenta quando a altura total da água (estática mais a velocidade) sobre a superfície da estrada é de 300 mm ou mais.
- O encerramento da estrada ao tráfego deve ser considerado quando a coluna de água em qualquer ponto da superfície da estrada atingir 300 mm.
- Os caudais sobre a PM também devem ser avaliados no sentido de se determinar se é ou não segura a sua travessia a pé e para se tomarem medidas preventivas contra acidentes.
- As passagens molhadas não devem ser colocadas em curvas horizontais porque:
- existem problemas na definição da borda do pavimento para os motoristas;
- qualquer sobrelevação pode alterar a distribuição normal do escoamento, ou seja, empurrar mais água para as secções não sobrelevadas da estrada;
- a profundidade da água será maior num lado da estrada do que no outro devido à sobrelevação, existindo a possibilidade da via ser transitável apenas do lado mais alto, criando assim um problema de segurança.
- As aproximações das PM devem ter um gradiente longitudinal que não ofereça dificuldades de transição aos veículos. Recomenda-se que estas rampas não tenham mais do que 10% de inclinação.
- Recomenda-se que a inclinação transversal seja no máximo de 5%.
- Recomenda-se a instalação de vigas de bordadura nas aproximações. Se a passagem molhada estiver num cruzamento, deverão ser instaladas vigas de bordadura nos quatro extremos.
- Devem ser avaliadas as condições de escoamento e prever-se medidas de controlo de erosão a jusante das PM.

Figura D-17. Pormenor de uma passagem molhada em corte







ANEXO E

NOTAS COMPLEMENTARES SOBRE ESTUDO GEOMÉTRICO

E.1. INTRODUÇÃO À CLASSIFICAÇÃO DE ESTRADAS MUNICIPAIS

Não existe ainda em Moçambique uma hierarquia oficial para as estradas municipais. O facto de a maior parte dos municípios serem atravessados por estradas classificadas faz com que haja uma relação entre as estradas municipais e a rede de estradas nacionais administradas pela ANE. Há, contudo, a necessidade de se estabelecer uma hierarquia própria para as estradas municipais, atendendo às funções específicas que estas desempenham.

E.2. HIERARQUIA DAS ESTRADAS SEGUNDO A ANE, IP

A rede de estradas de Moçambique está dividida em Estradas Nacionais (EN) e Estradas Regionais (ER). As Estradas Nacionais estão subdivididas em Estradas Primárias e Estradas Secundárias. Por sua vez, as Estradas Regionais estão subdivididas em Estradas Terciárias e Estradas Vicinais. As definições para cada tipologia são apresentadas de seguida:

Estrada Primária – Estradas que ligam as capitais provinciais, outras cidades, os principais portos e os principais postos da fronteira;

Estrada Secundária – Vias que ligam estradas primárias, capitais provinciais, portos fluviais e marítimos, estradas primárias e centros de grande importância económica, e estradas primárias e outros postos de fronteira;

Estrada Terciária – Estradas que ligam as estradas secundárias e as primárias, os centros distritais aos postos administrativos e aos centros de grande importância económica;

Estrada Vicinal – Estradas que ligam as terciárias, postos administrativos e outros centros populacionais.

Julgamos importante incluir neste Guião outras definições utilizadas pela ANE, tais como:

Estrada Não Classificada – Estradas e picadas fora da classificação;

Estrada Asfaltada – Estrada com uma superfície de betume;

Estrada de Terra Natural – Estrada com uma superfície do solo do local;

Estrada Terraplanada – Estrada com uma superfície de saibro.

E.3. HIERARQUIA DAS ESTRADAS MUNICIPAIS

De um modo geral, a bibliografia indica que as estradas municipais estão agrupadas hierarquicamente em função da mobilidade e acesso que oferecem à rede de estradas nas quais estão enquadradas, sendo de distinguir os seguintes sistemas:

Sistema Arterial,
que compreende as estradas cuja função principal é a de proporcionar mobilidade;

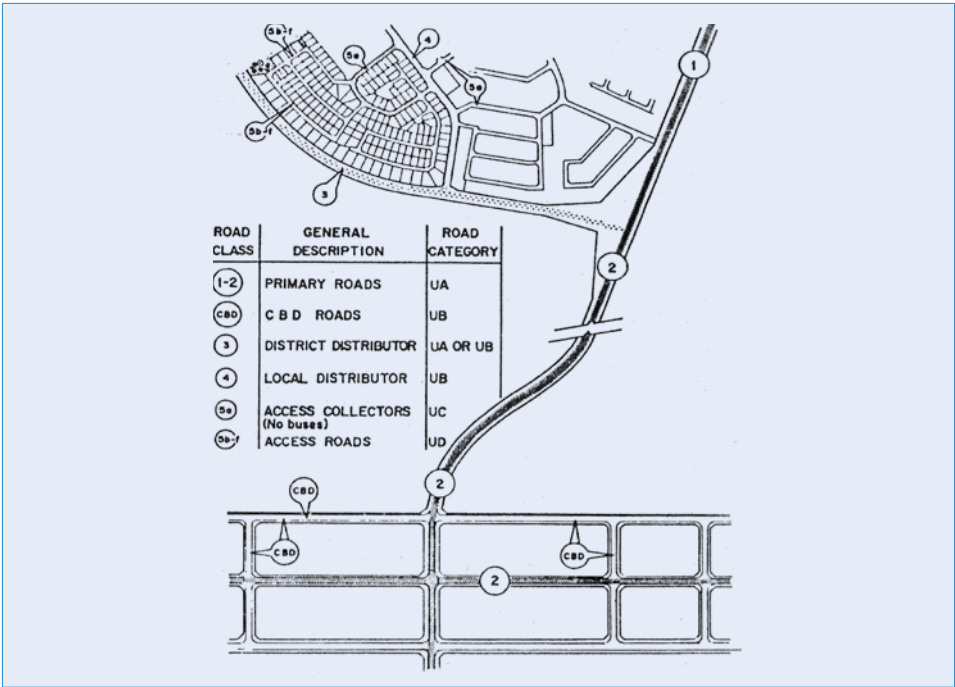
Sistema Colector,
que engloba as estradas que proporcionam um misto de funções de mobilidade e de acesso;

Sistema Local, que
abrange as estradas cuja função principal é a de oferecer oportunidades de acesso.

É normal que os sistemas acima referidos tenham subdivisões para uma melhor classificação funcional, de acordo com as dimensões dos municípios de cada país.

Apresenta-se de seguida uma abordagem feita pelo “Urban Transport Guidelines” (UTG) da África do Sul, que apesar de ter sido feita para um contexto de urbanização diferente das nossas cidades, pode ser uma referência importante para este Guião, dado o intenso trabalho de investigação desenvolvido por esta instituição e as informações técnicas que podem ser adoptadas pelo nosso país.

Figura E-1. Hierarquização de Estradas Municipais na África do Sul



Fonte: UTG 3

As funções e características das classes de estradas referidas na Figura E-1 estão descritas na Tabela E-1 que se segue:

Tabela E-1. Funções e características das classes de estradas

Função	Locais	Colectoras	Artérias	Autoestradas
1. Tráfego				
Movimento	Secundário para a função de acesso a propriedade	Igual à função de acesso a propriedade	Primária	Primária
Condição de escoamento	Fluxo interrompido	Fluxo interrompido	Fluxo interrompido excepto nas intercepções e travessias de peões	Fluxo livre
Velocidades permitidas (Km/h)	20 - 40	30 - 70	40 - 90	70 - 120
Tipo de veículos	Essencialmente carros e passageiros	Todo o tipo incluindo autocarros	Todo o tipo incluindo autocarros	Veículos motorizados incluindo autocarros expressos
2. Acesso a propriedades	Função primária	Igual à função de movimento de tráfego	Excluída, de preferência	Sem acesso
3. Ligações	Colectoras, locais	Artérias, colectoras, locais	Autoestradas, artérias, colectoras	Autoestradas, artérias
4. Parqueamento	Aceite	Aceite	Excluída, de preferência	Excluída

Fonte: UTG 7

Para o contexto de Moçambique e de acordo com o Decreto-Lei n.º 1/2011 do Código da Estrada, não existe uma auto-estrada no país, já que por definição uma **auto-estrada** é “uma via pública destinada a trânsito rápido, com separação física de faixas de rodagem, sem cruzamentos de nível, nem acesso a propriedades marginais, com acessos condicionados e sinalizados como tal”. Segundo a hierarquia das estradas nacionais sob jurisdição da ANE, poderíamos considerar que as estradas Primárias e Secundárias enquadram-se na função Arterial.

De acordo com o “Geometric Design Manual” de 2018, na versão *Draft*, desenvolvido pela TRL para a ANE, a classificação das estradas é também feita com base no Volume de Tráfego Médio Diário Anual (AADT):

- Classe de Tráfego TC1 (AADT > 10,000)
- Classe de Tráfego TC2 (AADT 3000 – 10,000)
- Classe de Tráfego TC3 (AADT 1000 – 3000)
- Classe de Tráfego TC4 (AADT 300-1000)

Os volumes de tráfego inferiores a 300 veículos diários são classificados como sendo de baixo volume. É sabido que as ruas de acesso local são de baixo volume e que nas zonas residenciais o volume é definido pelo número de casas a servir, pelo que a classe de tráfego 5, subdividida em quatro pela UTG, Figura E-1 acima, enquadra-se no contexto dos nossos municípios.

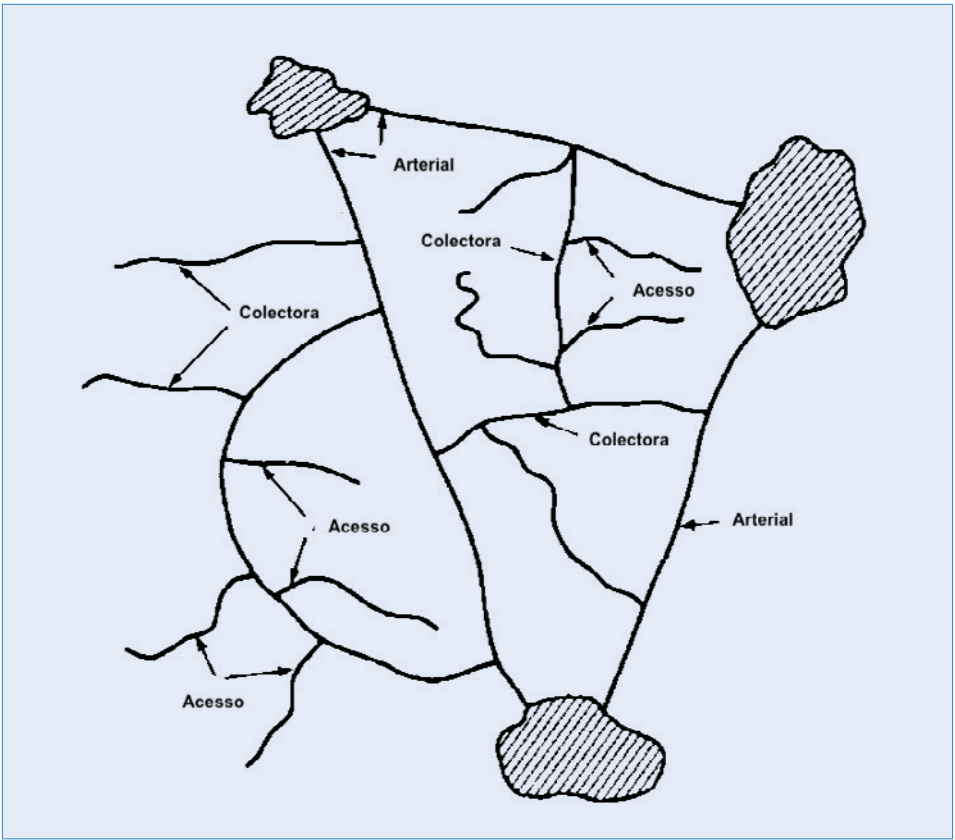
O “Transport Research Laboratory” (TRL), na sua publicação *Overseas Road Notes 6: A guide to geometric design*, fornece directrizes e critérios padronizados para o projecto geométrico de estradas interurbanas com faixas de rodagem simples em países em via de desenvolvimento. Estas directrizes apresentam a função e classe das estradas urbanas conforme o Tráfego Diário Anual (ADT), como ilustra a Tabela E-2.

Tabela E-2. Função e classe das estradas conforme o tráfego diário anual segundo o ORN 6

Função da Estrada	Classe de Tráfego	Tráfego médio diário (ADT)
Arterial	A	5.000 - 15.000
	B	1.000 - 5.000
colectora	C	400 - 1.000
	D	100 - 400
Acesso	E	20 - 100
	F	< 20

A Figura E-2 elucida com relativa simplicidade a hierarquização das estradas interurbanas segundo o ORL 6.

Figura E-2. Hierarquia de estradas e funções



Fonte: ORL 6

E.4. PROPOSTA PARA A CLASSIFICAÇÃO DE ESTRADAS MUNICIPAIS

Tomando como base o sistema de classificação da UTG para estradas urbanas, ilustrado na Figura E-1, o sistema de classificação da ANE e o sistema do TRL, conforme a Tabela E-2, propõem-se neste Guião um sistema para classificação das estradas urbanas municipais de Moçambique. Esta proposta teria em vista não só a padronização dos critérios para o desenho geométrico para as diferentes categorias de estradas, mas também a definição dos critérios de dimensionamento de pavimentos. A proposta para a classificação das estradas urbanas Municipais está apresentada na Tabela E-3.

Tabela E-3. Proposta para a classificação de estradas urbanas municipais de Moçambique

Categoria da Estrada				
	CA	UB	UC	UD
Descrição geral	Artérias	Colectoras	Acesso local	
Classe da estrada	A, B, C	C e D	D e E	E e F
Descrição da função	Vias que ligam municípios, os principais portos, principais postos de forniteira, artérias principais, circulares, e semicirculares	Colectoras, rotas de autocarros, áreas de descarga de produtos, ruas de zonas industriais	Colectoras de acesso residencial, parques de estacionamento. Sem rotas de autocarros	Acesssos locais a residências, becos sem saída, ruas particulares
Tráfego diário em análise	> 10.000 - 1.000	1.000 - 300	300 - 100	100 - <20



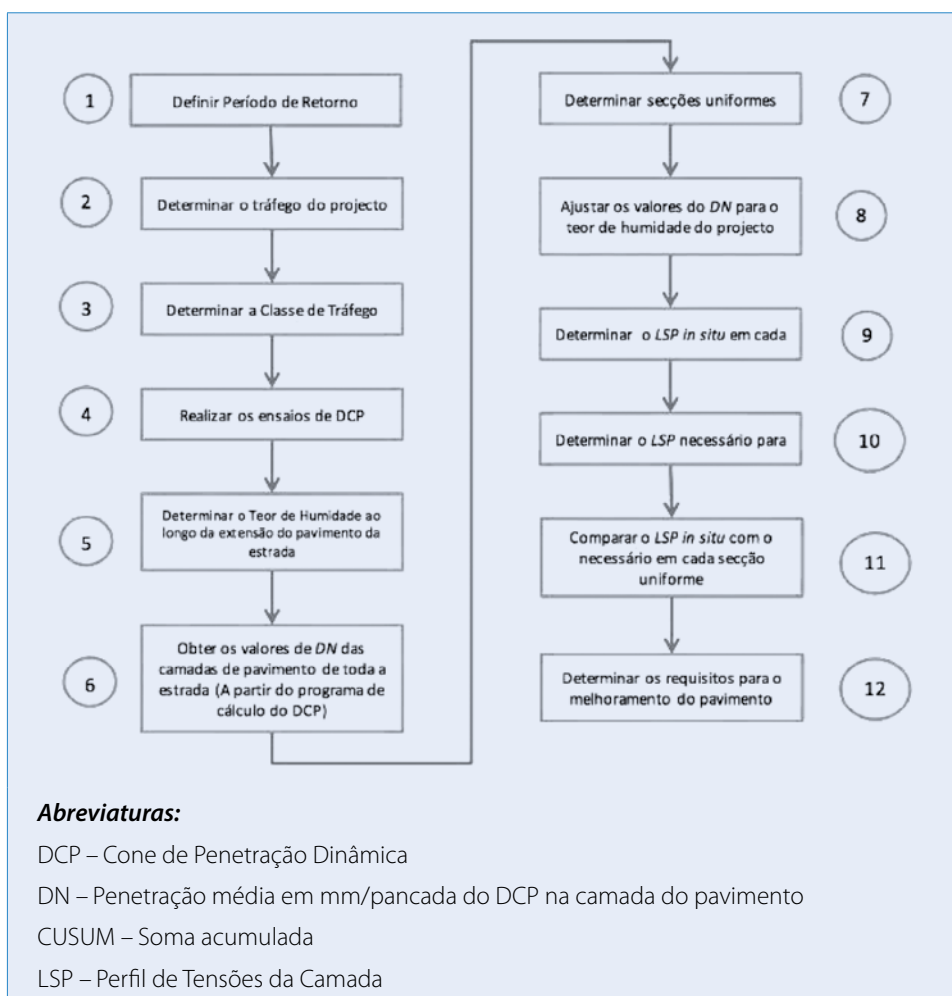
ANEXO F

NOTAS COMPLEMENTARES SOBRE O DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS

FI. MÉTODO DE DCP

A metodologia para o dimensionamento de pavimentos usando o método de DCP está resumida no fluxograma da Figura F-1.

Figura F-1. Fluxograma do procedimento para o dimensionamento através do método de DCP



Fonte: AFCAP

O dimensionamento de pavimentos de baixo volume de tráfego (EBV) através do método de DCP é baseado principalmente na sua resistência dos materiais, que é medida pela resistência à penetração, ou valor de DN. Uma avaliação apropriada da adequação dos materiais para as camadas de um pavimento exigirá um conhecimento da relação DN/humidade/densidade conforme discutido a seguir:

1) Resistência – a resistência exigida do material é determinada em termos de um valor DN de DCP do laboratório, moldado a um teor de humidade e energia de compactação especificadas. No laboratório, cada amostra para a determinação do valor DN deve ser ensaiada nas seguintes condições de humidade: saturada, teor de humidade óptima (HO) e regime seco ou 0.75HO. Para cada uma das condições de humidade aqui definidas deve ser compactada sob três energias de compactação do Proctor: Pesada, Intermédia e Leve.

A Tabela F-1 fornece um guia aproximado da relação entre os valores de CBR e DN do laboratório para diferentes teores de humidade e para diferentes energias de compactação.

Tabela F-1. Relação aproximada entre valores de CBR e valores de DN de laboratório para diferentes teores de humidade

Classificação do Material	Valores de CBR e DN para diferentes teores de humidade					
	Submerso		Humidade Óptica		0.75 HO	
	CBR	DN	CBR	DN	CBR	DN
NG80 ¹	80	3.7	95	3.2	150	2.2
NG65 ¹	65	4.5	90	3.8	145	2.5
NG45 ²	45	5.7	70	4.2	110	3.0
NG30 ²	30	8.0	60	4.7	95	3.2
NG25 ²	25	9.1	55	5.0	85	3.5
NG15 ³	15	14.0	50	5.4	80	3.6
NG10 ³	10	19.0	35	7.0	60	4.6

Fonte: AFCA

Legenda: NG – Solo Natural, Energias: 1 – @ 98% Mod AASHTO; 2 – @ 95% Mod AASHTO; 3 – @ 93% Mod AASHTO.

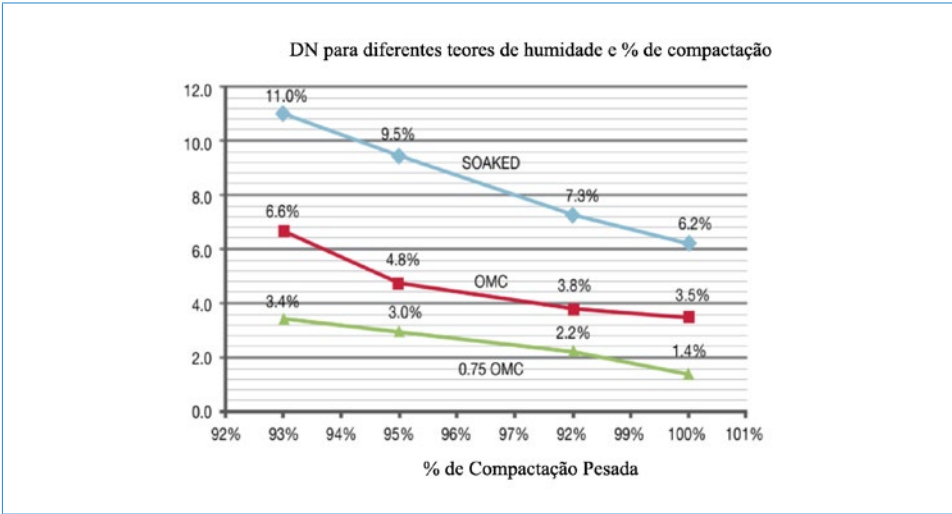
(2) A relação resistência/densidade/humidade: a dependência da humidade e da densidade dos materiais a serem usados nas camadas importadas superiores da nova estrada deve ser avaliada cuidadosamente para que seja obtido um entendimento completo do desempenho potencial do material sob as possíveis condições de humidade que podem ocorrer em serviço.

A obtenção das condições acima exigirá que uma investigação adequada do material de empréstimo seja realizada para recolha de amostras representativas para a realização de testes de laboratório, a fim de determinar o valor de DN sob diferentes teores de humidade e energias de compactação.

A Figura F-2 mostra uma relação típica entre DN, energia de compactação e teor de humidade para um material que ocorre naturalmente no Malawi, que ilustra dois factores críticos que afectam crucialmente o desempenho a longo prazo de uma estrada:

- 1) A necessidade de especificar o nível mais alto de densidade possível empregando os compactadores mais pesados disponíveis.
- 2) A necessidade de garantir que o teor de humidade na faixa externa do rodado da estrada não ultrapassa o Teor de Humidade Óptimo. Isto exigirá uma cuidadosa atenção à drenagem da estrada.

Figura F-2. Exemplo de relação DN/densidade/teor de humidade



Legenda: Soaked – saturado; OMC – teor de humidade óptima

(3) Módulo de Granulometria (GM): este parâmetro é expresso pela relação: $GM = [300 - (P2 + P425 + P075)] / 100$,

onde P2, P425 e P075, representa a percentagem de material que passa pelo tamanho do pe-neiro. A sua inclusão como critério de especificação evita testes desnecessários de materiais que são patentemente inadequados para uso em camadas de pavimento em termos da sua granulometria e/ou plasticidade, por exemplo, solos muito finos, solos muito plásticos ou cas-calhos muito grosseiros/areias mal graduadas.

Definição do valor de DN de projecto

A definição do valor de DN de projecto é feita através do catálogo de dimensionamento DCP-DN para diferentes classes de tráfego, como ilustra a Tabela F-2. Os valores constantes do catá-logo resultaram de análises feitas a várias EBV na região da África Austral.

O catálogo de dimensionamento é baseado na antecipação, a longo prazo, das condições de humidade em serviço. Para o caso de haver risco de um prolongado ingresso de humidade na estrutura do pavimento, recomenda-se que o dimensionamento do pavimento seja baseado na condição saturada. Cabe ao engenheiro adoptar a condição de humidade que melhor se enquadre no sistema de drenagem projectado para a estrada em estudo.

Tabela F-2. Catálogo DCP-DN para diferentes classes de tráfego

Traffic Class E80 x 10 ⁶	LE 0.01 0.003 - 0.010	LE 0.03 0.010 - 0.030	LE 0.1 0.030-0.100	LE 0.3 0.100 - 0.300	LE 0.7 0.300 - 0.700	LE 1.0 0.700 - 1.0
0 – 150 mm Base ≥ 98% Mod. AASHTO	DN ≤ 8	DN ≤ 5.9	DN ≤ 4	DN ≤ 3.2	DN ≤ 2.6	DN ≤ 2.5
150 – 300 mm Subbase ≥ 95% Mod. AASHTO	DN ≤ 19	DN ≤ 14	DN ≤ 9	DN ≤ 6	DN ≤ 4.6	DN ≤ 4.0
300 – 450 mm Subgrade ≥ 95% Mod. AASHTO	DN ≤ 33	DN ≤ 25	DN ≤ 19	DN ≤ 12	DN ≤ 8	DN ≤ 6
450 – 600 mm in situ material	DN ≤ 40	DN ≤ 33	DN ≤ 25	DN ≤ 19	DN ≤ 14	DN ≤ 13
600 – 800 mm in situ material	DN ≤ 50	DN ≤ 40	DN ≤ 39	DN ≤ 25	DN ≤ 24	DN ≤ 23
DSN 800 (blows)	≥ 39	≥ 52	≥ 73	≥ 100	≥ 128	≥ 143

Fonte: AFCAP

F2. MÉTODO ASCE STANDARD 58-16
(DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO EM PAVÊ)

Esta directriz padrão baseia-se no procedimento de dimensionamento de pavimentos flexíveis da AASHTO de 1993. Este procedimento foi usado na elaboração do ASCE Standard 58-16, porque os modos de distribuição de carga e falha de um pavimento de blocos de pavê são semelhantes aos de outros sistemas de pavimento flexíveis (ou seja, o modo de falha principal é o aumento da rugosidade devido a deformações repetitivas de cisalhamento). O método foi condensado numa série de tabelas de dimensionamento, que fornecem a espessura mínima para bases e sub-bases, uma vez conhecidos o tráfego de dimensionamento e a caracterização da resistência e drenagem do solo da fundação.

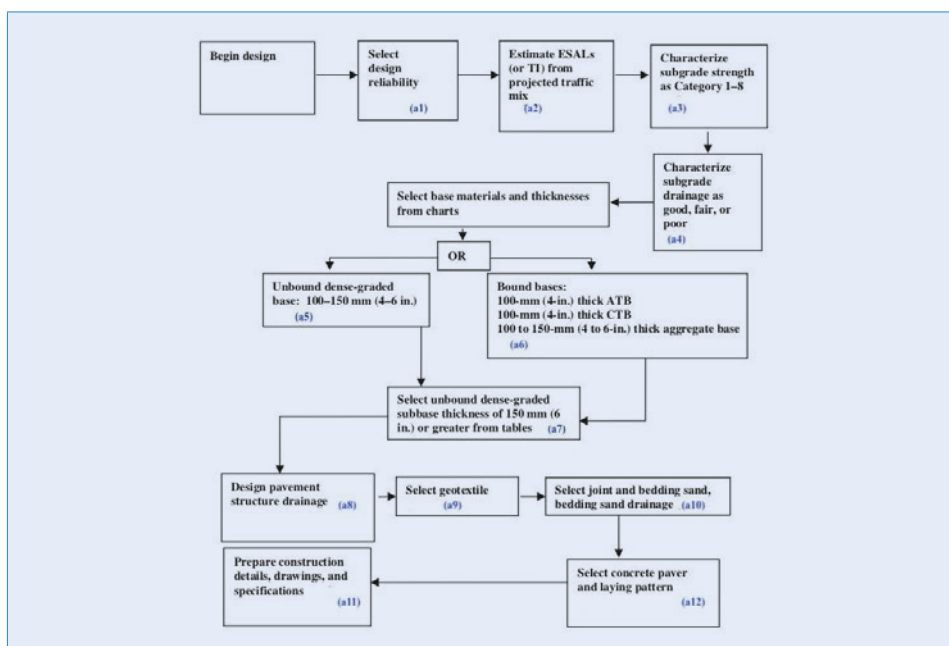
Tal como para o método de DCP, o engenheiro deve formular os critérios de dimensionamento que lhe permitam depois usar as tabelas disponíveis:

- Definição da classe de tráfego;
- Classificação do solo da fundação em função das suas propriedades e resistência;
- Avaliação da drenagem do solo da fundação.

Critérios de dimensionamento

Os critérios de dimensionamento do método ASCE 58-16 constam do fluxograma apresentado na Figura F-3 e são desenvolvidos em sequência.

Figura F-3. Fluxograma para o dimensionamento de pavimentos de pavê segundo a ASCE. 58-16



Fonte: ASCE

A numeração em parênteses refere-se às notas explicativas a seguir.

a1) Seleccionar o grau de fiabilidade do dimensionamento

A fiabilidade de um processo de dimensionamento de pavimento cinge-se à probabilidade de uma secção do pavimento dimensionada através do processo responder satisfatoriamente ao tráfego e às condições ambientais no período de vida útil (AASHTO, 1993). Para o procedimento de dimensionamento da AASHTO (1993), quanto maior a fiabilidade e o desvio padrão seleccionados, maior o número de eixos padrão (ESALs) usados no projecto. De acordo com este procedimento, a fiabilidade para estradas de baixo volume de tráfego, que se enquadra nas estradas municipais, varia entre 50 a 80%. O conceito de fiabilidade de um dimensionamento é apresentado em detalhe no “Guide for design of pavement structures” (AASHTO, 1993).

a2) Estimar o tráfego do projecto (ESALs) ou TI

O tráfego do projecto deve ser determinado segundo as recomendações indicadas na Secção 6 acima, ou simplesmente ser definida uma classe de tráfego de acordo com a Tabela 21 da mesma secção. No entanto, pode também ser aplicado o critério de Índice de Tráfego (TI), usado pelo Departamento de Transportes da Califórnia, que é determinado pela conversão do número de eixos padrão em TI com base na expressão seguinte (ASCE 58-16):

$$TI = 9.0 \times \left(\frac{ESAL}{10^6} \right)^{0.119}$$

Tabela F-3. Relação entre ESAL e TI

ESAL	TI
5x10 ⁴	6
1x10 ⁵	6.8
3x10 ⁵	7.2
5x10 ⁵	8.3
7x10 ⁵	8.6
1x10 ⁶	9
3x10 ⁶	10.3
5x10 ⁶	10.9
7x10 ⁵	11.3
1x10 ⁷	11.8
2x10 ⁷	12.8
3x10 ⁷	13.5

Fonte: ICI

a3) Caracterizar a resistência do leito da fundação

A caracterização dos solos do leito da fundação deve ser feita de acordo com as 8 categorias definidas pelo Sistema de Classificação Unificado (USCS), indicado na Tabela F-4.

Tabela F-4. Categorização geral dos solos e suas propriedades

Category No.	Unified Soil Classification	Brief Description	Drainage Characteristics	Susceptibility to Frost Action
1	Boulders/cobbles	Rock, rock fill, shattered rock, boulders/cobbles	Excellent	None
2	GW, SW	Well graded gravels and sands suitable as granular borrow	Excellent	Negligible
3	GP, SP	Poorly graded gravels and sands	Excellent to fair	Negligible to slight
4	GM, SM	Silty gravels and sands	Fair to Semi-impervious	Slight to moderate
5	GC, SC	Clavey gravels and sands	Practically impervious	Negligible to slight
6	MLM MI	Silts and sandy silts	Typically poor	Severe
7	CL, MH	Low plasticity clays and compressible silts	Practically impervious	Slight to severe
8	CI, CH	Medium to high plasticity clays	Semi-impervious to impervious	Negligible to severe

a4) Caracterizar as condições de drenagem do leito da fundação

As condições de drenagem do pavimento são apresentadas de forma qualitativa (Boa, Razoável, Pobre), de acordo com as categorias de solos indicadas na Tabela F-4. Assim, a qualidade da drenagem está apresentada na Tabela F-5.

Tabela F-5. Classificação da drenagem por categoria de solos

Quality of Drainage	Time to Drain	Soil Category No.
Good	1 day	1, 2, 3
Fair	7 days	3,4
Poor	1 month	4, 5, 6, 7, 8

Deve ter-se um cuidado especial ao caracterizar as condições de drenagem do leito da fundação, já que certos materiais sofrem uma redução significativa da sua capacidade de carga quando estão na presença de água. É possível melhorar o impacto da água no módulo de resiliência do leito da fundação limitando a exposição do solo da fundação à água, assegurando que a estrutura do pavimento é bem drenada através de camadas drenantes, valetas e drenagem subterrânea.

Tabela F-6 mostra a influência da drenagem no módulo de resiliência de diferentes tipos de solos

Category No.	Drainage								
	Good			Fair			Poor		
	Mr (MPa)	R	CBR	Mr (MPa)	R	CBR	Mr (MPa)	R	CBR
1	90	21	13	80	19	11	70	16	9
2	80	19	11	70	16	9	50	11	5
3	70	16	9	50	11	5	35	7	3
4	50	11	5	35	7	3	30	6	2
5	40	8	4	30	6	2	25	4	2
6	30	6	2	25	4	2	18	3	1
7	27	5	2	20	3	1	15	2	1
8	25	4	2	20	3	1	15	2	1

Seleccionar o material e a espessura da base:

Os passos a5), a6) e a7) deste método de dimensionamento, mencionados abaixo, referem-se à selecção do material e à determinação da espessura da base e sub-base.

Em princípio, a selecção dos materiais deve satisfazer os requisitos constantes das Secções 9.5 e 9.6 acima, respectivamente para materiais granulares não tratados e materiais granulares tratados. Por sua vez, a determinação da espessura das camadas é feita utilizando as tabelas incluídas no Anexo 5, das quais se apresenta um extrato na Tabela 65 adiante.

a5) Material granular não tratado

a6) Material granular tratado

a7) Seleccionar Material granular não tratado para a sub-base

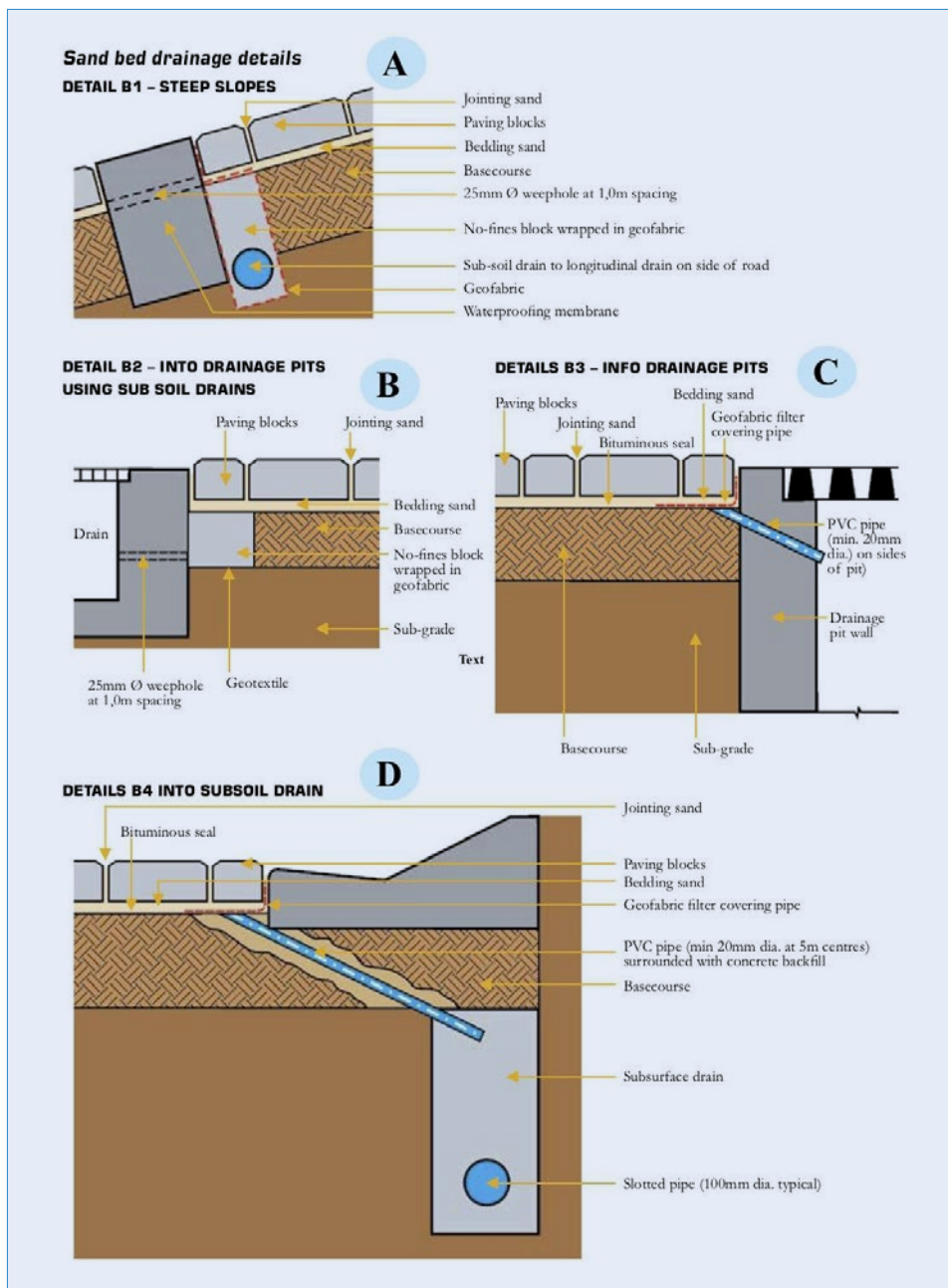
Tabela F-7. Extrato das tabelas do ASCE 58-16

Granular Base Thicknesss (mm) (80% reliability)												
	Pavement Drainage	ESALs (x1,000)	10	20	50	100	200	500	1,000	2,000	5,000	10,000
		Caltrans Traffic Index	5.2	5.7	6.3	6.8	7.4	8.3	9.0	9.8	10.9	11.8
		Layer type										
Category 1	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	150	225	350
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	175	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	150	275	375
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	200	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	175	325	450
Category 2	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	175	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	150	275	375
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	200	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	175	325	450
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	125	200	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	175	300	450	600

a8) Projectar a drenagem da estrutura do pavimento

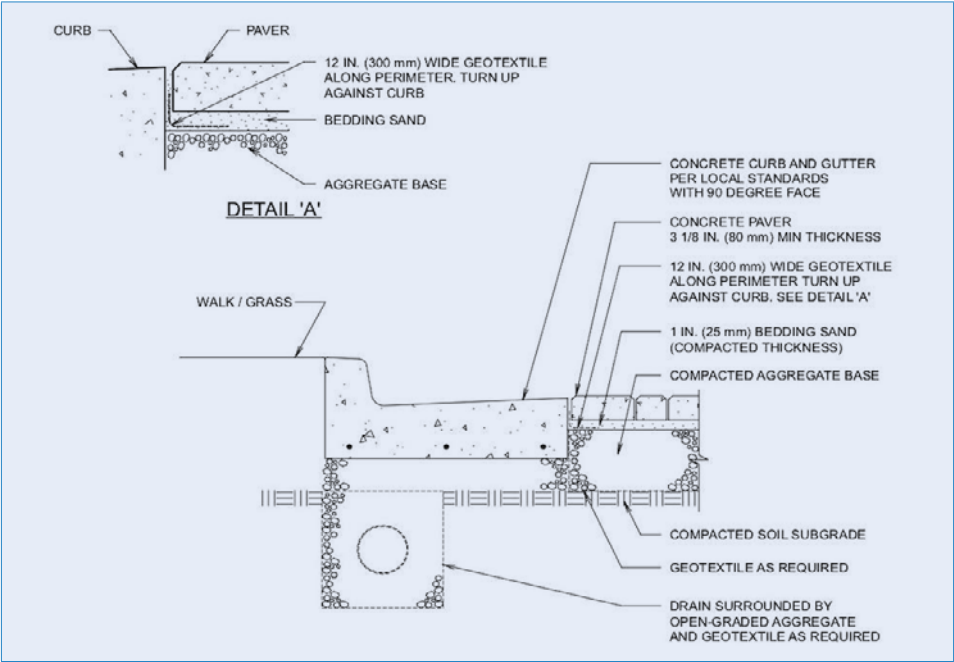
É necessário considerar a drenagem do leito de areia e da estrutura do pavimento. Pormenores deste tipo de drenagem são apresentados nas Figuras F-4, F-5 e F-6.

Figura F-4. Pormenores da drenagem do leito de areia



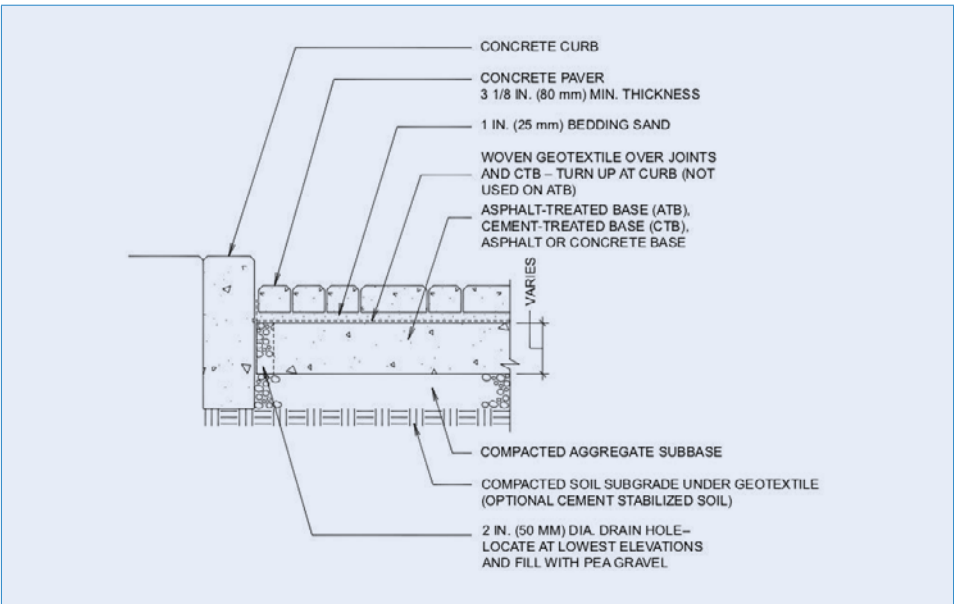
A – para pendentes fortes; B- para caixas de inspecção usando drenagem subterrânea; C – para caixas de inspecção; D – para drenagem subterrânea. Fonte: CMA.

Figura F-5. Pormenor de drenagem com base granular não tratada



Fonte: ICPI Tech spec 4

Figura F-6. Pormenor de drenagem com base tratada (ATB- base tratada com asfalto; CTM – base tratada com cimento)



Fonte: ICPI Tech Spec 4

a9) Seleccionar o geotêxtil

Deve considerar-se a necessidade de usar geotêxtil para separar o leito da fundação da estrutura do pavimento, ou para evitar a migração do leito de areia para as camadas inferiores, ou lateralmente através de descontinuidades, tais como juntas de controlo e cortes programados. Os geotêxteis de separação devem ser usados para prevenir a mistura do solo do leito da fundação com o material da base/sub-base. Normalmente, deve ser especificado um geotêxtil do tipo tecido com uma abertura mínima equivalente a 300 µm, máximo de 600 µm.

a10) Seleccionar areia para o leito e juntas

Os requisitos para a areia do leito e das juntas constam na Secção 9.10 deste Guião e as especificações técnicas para os pavimentos de pavê, nas Secções 9.10.8 e 9.10.9 respectivamente.

a11) Elaborar pormenores construtivos, desenhos e especificações

a12) Seleccionar o tipo e textura do pavê

A textura mais recomendada para os pavimentos rodoviários é o tipo espinha de peixe, como indicada na Secção 9.9.11.

F3. SOFTWARE DESIGN PAVE (DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO EM PAVÊ)

O programa *DesignPave* da CMAA foi desenvolvido em colaboração com a “University of South Australia”, especificamente para o dimensionamento e análise de pavimentos em blocos pré-fabricados de betão (pavê). É um sucessor do antigo programa *LockPave* da CMAA, que foi lançado pela primeira vez nos anos 90. Por mais de duas décadas, o *LockPave* provou o seu valor como uma ferramenta para auxiliar os projectistas no dimensionamento de pavimentos de pavê.

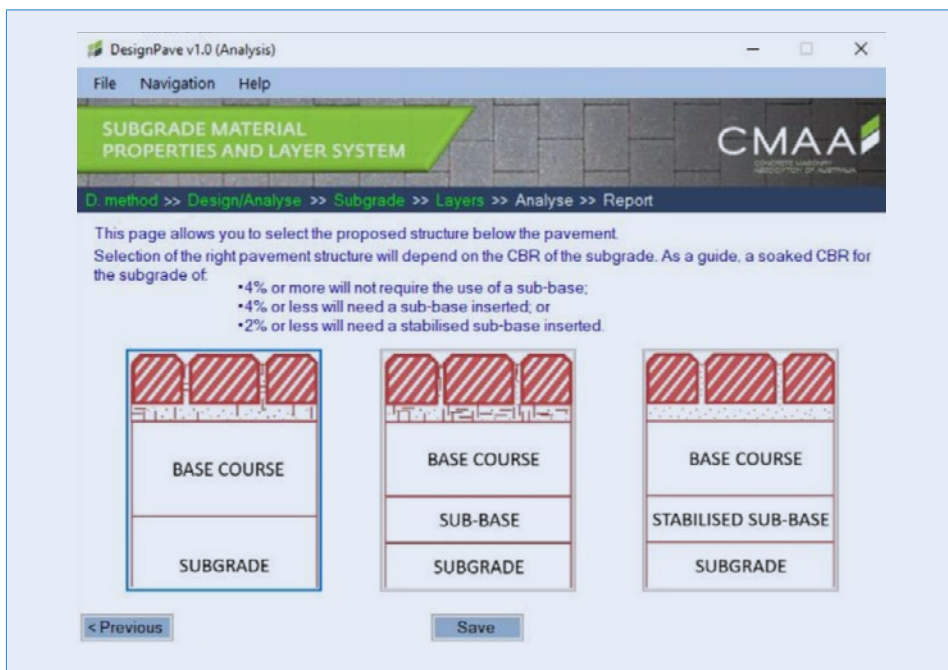
O *DesignPave* incorpora uma *interface* simplificada para guiar intuitivamente os utilizadores através do processo de dimensionamento do pavimento.

O programa emprega a metodologia “Method of Equivalent Thickness” para dimensionar o pavimento mais apropriado para as condições de solicitação e de fundação identificadas.

A actualização mais recente do *DesignPave* inclui uma nova rotina de hidrologia para dimensionar pavimentos permeáveis, que permitem que a água da chuva se infiltre no solo. O *software* incorpora novos conhecimentos e tecnologias desenvolvidos pelos sectores de indústria e pesquisa.

O programa pode ser usado para dimensionar pavimentos residenciais e industriais e oferece a possibilidade do utilizador escolher três opções de estrutura de pavimentos, conforme ilustrado na Figura F-7.

Figura F-7. Interface do programa DesignPave



A escolha da estrutura das camadas de pavimento depende essencialmente do tráfego do projecto, do CBR do subleito (fundação), da disponibilidade de materiais de construção, etc. De seguida, é apresentado um guia simples para o pré-dimensionamento baseado no CBR do projecto.

1. Pavimento com apenas uma base sobre o subleito – CBR do projecto superior a 4%.
2. Pavimento com base e sub-base independente sobre o subleito – CBR do projecto entre 2% e 4%.
3. Pavimento com uma base granular e uma sub-base estabilizada sobre o subleito – CBR do projecto inferior a 2%.

Qualquer das três estruturas de pavimento tem o revestimento em pavê assente sobre um leito de areia.

Para o dimensionamento de um pavimento, o utilizador é incentivado a experimentar diferentes opções e a determinar qual a estrutura mais económica, ou a mais apropriada, do ponto de vista da construção.

Metodologia do dimensionamento

A nota metodológica que se segue é uma tradução não oficial da ficha técnica do software feita pelo consultor e deve servir apenas como um meio de referência. Recomenda-se aos potenciais utilizadores do programa a consulta da documentação original.

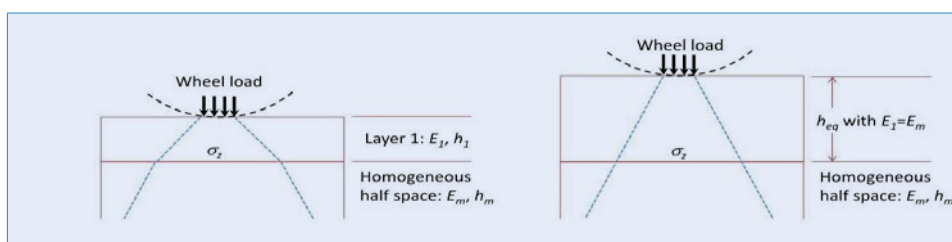
Para calcular as tensões e facilitar a análise numa estrutura de multicamadas, as camadas são convertidas numa única camada de espessura equivalente, homogénea, com uma única propriedade do material. Este procedimento é conhecido como o “**Method of Equivalent Thickness**” (método de espessura equivalente) (MET), que foi originalmente desenvolvido por Odemark (1949).

A ideia que está por trás da teoria de Odemark é que as tensões verticais na *interface* entre a camada superior com rigidez E_1 e espessura h_1 e o espaço intermédio sub-classe homogéneo com rigidez E_m são as mesmas que as tensões numa profundidade equivalente de h_{eq} com rigidez E_m .

Para um sistema de duas camadas, a figura abaixo mostra como as tensões verticais causadas pela carga da roda são distribuídas por cada camada.

Ao assumir a mesma tensão vertical na *interface* entre a camada superior e o espaço intermédio subjacente, pode derivar-se uma espessura equivalente (h_{eq}) para o material homogéneo à do sistema de múltiplas camadas à esquerda.

Figura F-8. Teoria de espessura equivalente de Odemark



O Método da Espessura Equivalente (MET), desenvolvido originalmente por Odemark (1949), foi usado para calcular a espessura da sub-camada homogénea equivalente, através da seguinte equação:

$$h_{eq} = nh_1 \left(\frac{E_1}{E_m} \right)^{0.33} \sqrt[3]{\frac{1-\nu_2^2}{1-\nu_1^2}} \dots \dots \dots (1)$$

onde ν_1 e ν_2 são coeficientes de Poisson da camada superior e da camada de subleito (espaço intermédio), respectivamente, h_1 é a espessura da camada superior, E_1 e E_m são módulos de espaço superior e meio, respectivamente.

Para um pavimento de estrada com uma estrutura de base e sub-base, a espessura equivalente da camada para as camadas acima do subleito pode ser calculada da seguinte forma:

$$h_{eq(pavement)} = h_{eq(paver)} + h_{eq(sand)} + h_{eq(base)} + h_{eq(sub-base)}$$

As tensões vertical e radial foram calculadas em várias profundidades usando as equações de Boussinesq abaixo:

$$\sigma_z = p \left[\frac{z^3}{(a^2 + z^2)^{3/2}} - 1 \right] \dots\dots\dots(2)$$

$$\sigma_r = \sigma_t = \frac{p}{2} \left[\frac{2z(1+\nu)}{(a^2 + z^2)^{3/2}} - \frac{z^3}{(a^2 + z^2)^{3/2}} - (1+2\nu) \right] \dots\dots\dots(3)$$

onde **a** é o raio da área de carga circular, **p** é a pressão de contacto (da roda), **z** é a profundidade abaixo da superfície, **ν** é o coeficiente de Poisson e eq.3, eq.4 e eq.4 são tensões verticais, radiais e tangenciais, respectivamente .

Em todos os casos, o raio da área de carga foi assumido como 0,15m e a pressão de contacto do pneu (kPa), conforme mencionado acima.

Em seguida, a deformação vertical no topo da camada de subleito e a deformação radial no fundo da camada de base/sub-base foram calculadas usando as seguintes equações:

$$\varepsilon_r = \frac{1}{E} [\sigma_r - \nu(\sigma_t + \sigma_z)] \dots\dots\dots(4)$$

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \nu(\sigma_r + \sigma_t)] \dots\dots\dots(5)$$

onde eq.4 e eq.5 são deformações radiais e verticais, respectivamente. As tensões de compressão e tracção foram consideradas negativas e positivas, respectivamente.

Equação de ruptura:

Os critérios de avaliação de falhas devido aos rodados e fadiga são dados por Valkering (1974) e Austroads (2012), respectivamente, da seguinte forma:

$$\varepsilon = 2.8 \times 10^{-2} \times N^{-0.25} \dots\dots\dots(6)$$

$$N = RF \left[\frac{(113000 / E^{0.804} + 191)}{\mu\varepsilon} \right]^{12} \dots\dots\dots(7)$$

onde eq.6 é a tensão de compressão permitida do subleito (*macrostrain*) e N é o número de repetição de tensão.

Usando eq.5 a eq.7, a espessura da base/sub-base ou módulo da sub-base é calculada por iterações numéricas. Os parâmetros calculados pelas equações acima são apresentados acima.

De um modo geral, o modo de falha devido aos rodados é mais comum ao usar materiais de base e sub-base não aglutinados, como britas ou saibro, onde a tensão de compressão no topo da camada leva a deformação/fadiga permanentes. A falha na tracção é o resultado de deformações na parte inferior da camada, que são mais comuns em materiais ligados a cimento. *O DesignPave otimiza a espessura do pavimento, de modo que N das eq. (6) e eq. (7) seja superior ao tráfego de projecto ou ESA.*

F4. MÉTODO DAS TABELAS DA UTC

Este método, conhecido por método do catálogo, desenvolvido pela UTC e também divulgado pela CMA e pelas “Guidelines for the provision of engineering services in residential townships”, baseia-se, como já se fez referência, no Método Mecanicista Sul-Africano. É um método prático, mas as tabelas pecam por não terem flexibilidade, já que foram concebidas para CBR de dimensionamento de 10 ou 15. Este pormenor condiciona o seu uso em vários municípios do país pelas características dos solos existentes, porque pode não ser viável melhorar em conformidade a condição dos solos da fundação das vias a projectar devido à restrição orçamental. Contudo, o método oferece a possibilidade de seleccionar a camada de base e de sub-base usando ábacos, que têm como referência o CBR da sub-base da fundação, respectivamente, considerando tolerâncias de deformação admissíveis para determinadas categorias de estradas como ilustrado nas Figuras F-9 e F-10 adiante.

Condições preliminares de dimensionamento

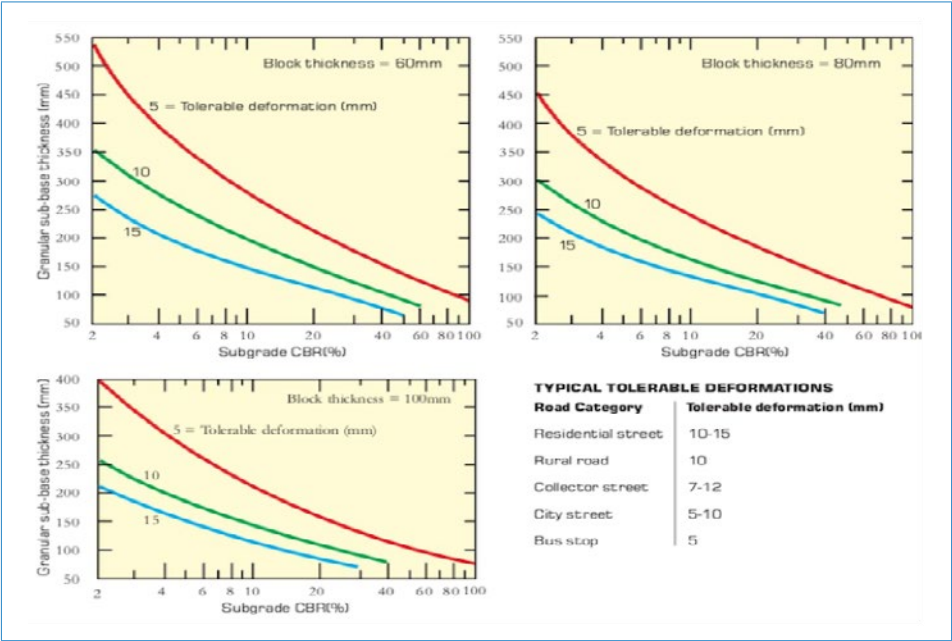
Durante a planificação, dimensionamento e especificação de um pavimento, devem ser considerados os seguintes factores iniciais:

- A intenção de uso da área a pavimentar;
- O tipo de pavê a usar;
- A vida útil esperada para a área;
- O grau de deformação que pode ser tolerado;
- Manutenção.

Uma vez que estes dados tenham sido fornecidos, pode iniciar-se o processo de dimensionamento, tomando em consideração os seguintes aspectos:

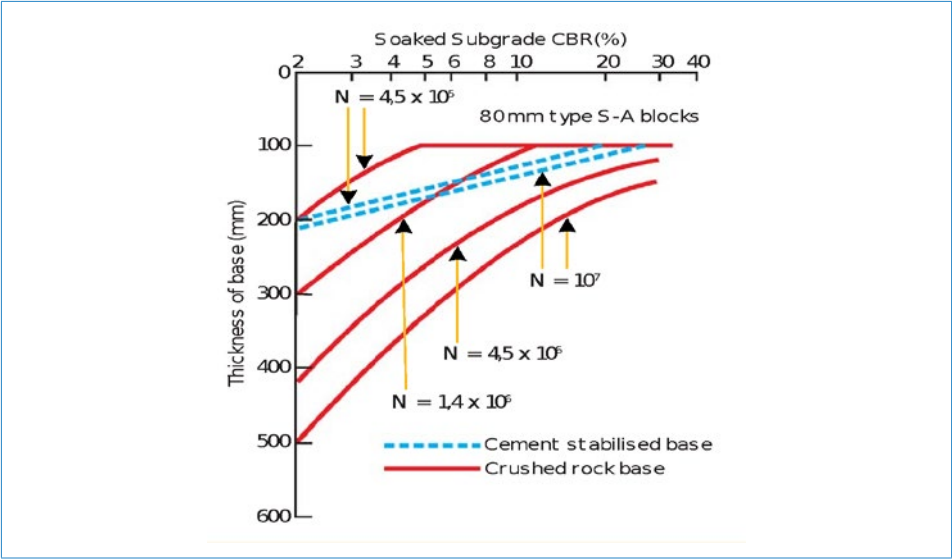
- O tipo de tráfego esperado;
- As solicitações impostas;
- As condições do solo local e dos materiais;
- Disponibilidade de materiais;
- Condições climáticas;
- Drenagem superficial e subterrânea.

Figura F-9. Ábacos para dimensionamento de sub-bases



Fonte: CMA

Figura F-10. Ábacos para dimensionamento de bases



Fonte: CMA

N = no de Eixos Padrão do projecto

As tabelas de dimensionamento para estradas de pavê constam também no Anexo 4.

F5. DIMENSIONAMENTO DA CAMADA DE DESGASTE DE ESTRADAS NÃO REVESTIDAS

F5.1. O MÉTODO “MAINTENANCE AND DESIGN SYSTEM”

O método “Maintenance and Design System” foi desenvolvido por Visser em 1981 e é apresentado com detalhe no TRH20. Este método é baseado nas anomalias e defeitos que caracterizam as estradas terraplanadas, tais como:

- Poeiras;
- Perda do material de desgaste;
- Ondulações;
- Buracos;
- Rodados;
- Escorregamento.

Neste método, a espessura da camada de desgaste, T em mm, é dada pela expressão:

$$T = t + (1 + Ct/100) \times (GLp \times Ld)$$

Onde:

t = espessura mínima necessária para protecção da camada inferior (mm)

Ct = Compactação induzida pelo tráfego (%)

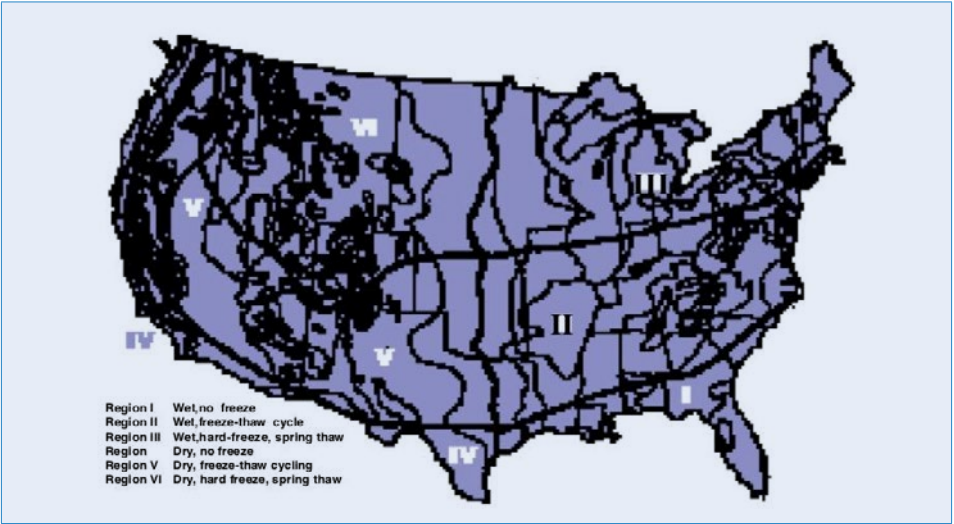
GLp = previsão de perda anual do material de desgaste (mm)

Ld = vida útil da estrada ou frequência de recargas (anos)

F5.2. O MÉTODO DA AASHTO 1993

Este método é complexo, baseado no uso de nomogramas, e tem em conta 10 variáveis de entrada. A explicação detalhada deste método pode ser encontrada na bibliografia, pois não foi considerada pertinente para este manual. Contudo, o método inclui também um catálogo de dimensionamento para os casos em que é difícil encontrar as 10 variáveis. Este catálogo de dimensionamento da AASHTO baseia-se em estudos feitos para quatro regiões climáticas dos Estados Unidos da América, conforme ilustra a Figura F-11. Para a adaptação do catálogo a Moçambique podemos considerar as regiões climáticas I e IV.

Figura F-11. As 6 regiões climáticas dos EUA



Fonte: Skorseth et al

O catálogo da AASHTO para o dimensionamento da espessura da camada de desgaste é apresentado na Tabela F-8.

Tabela F-8. Catálogo para o dimensionamento da camada de desgaste de estradas não revestidas

Relative Quality of Roadbed Soil	Traffic Level	U:S: Climatic Region					
		I	II	III	IV	V	VI
Very Good	High	8*	10	15	7	9	15
	Medium	6	8	11	5	7	11
	Low	4	4	6	4	4	6
Good	High	11	12	17	10	11	17
	Medium	8	9	12	7	9	12
	Low	4	5	7	4	5	7
Fair	High	13	14	17	12	13	17
	Medium	11	11	12	10	10	12
	Low	6	6	7	5	5	7
Poor	High	**	**	**	**	**	**
	Medium	**	**	**	15	15	**
	Low	9	10	9	8	8	9
Very Poor	High	**	**	**	**	**	**
	Medium	**	**	**	**	**	**
	Low	11	11	10	8	8	9

Fonte: Skorseth et al

*Thickness of aggregate base required (in inches)

** Higher type pavementdesign recommended

Os níveis do tráfego, classificados em alto, médio e baixo, correspondem ao volume de tráfego do projecto apresentados na Tabela F-9 (18.000 kip = 8 kN, 1" = 25mm). As regiões I e IV podem servir de referência para projectos em Moçambique.

Tabela F-9. Níveis de tráfego de projecto

Level	18-kip ESAL Traffic Load
High	60,000 - 100,000
Medium	30,000 - 60,000
Low	10,000 - 30,000

Fonte: Skorseth et al

F5.3. O MÉTODO DE SOUTH DAKOTA

O Departamento de Transportes de South Dakota, nos EUA, divulgou um catálogo para o dimensionamento de estradas rurais não pavimentadas, que se encontra ilustrado na Tabela F-10. Este método é baseado apenas em dois parâmetros, camiões pesados e a condição do leito da fundação. O método é expedito e pode servir como uma referência útil para os estudos de estradas municipais não pavimentadas em Moçambique.

Tabela F-10. Catálogo para dimensionamento da camada de desgaste, método South Dakota

Estimated Daily Number of Heavy Trucks	Subgrade Support Condition ¹	Suggested Minum Gravel layer Thickness, mm (in.)
0 to 5	Low	165 (6.5)
	Medium	140 (5.5)
	High	115 (4.5)
5 to 10	Low	215 (8.5)
	Medium	180 (7.0)
	High	140 (5.5)
10 to 25	Low	290 (11.5)
	Medium	230 (9.0)
	High	180 (7.0)
25 to 50	Low	370 (14.5)
	Medium	290 (11.5)
	High	215 (8.5)

Notes:
 1 low Subgrade support: CBR ≤3 percent;
 Medium Subgrade supprt: 3 < CBR ≤ 10 percent;
 High Subgrade support: CBR > 10 percent.

Fonte: Skorseth et al



ANEXO G

TABELAS PARA O DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS (TRH4)

O catálogo de estrutura de pavimentos contido neste anexo foi compilado a partir de várias fontes, com o objectivo de satisfazer as necessidades específicas do projecto de pavimentos em áreas urbanas. As páginas do catálogo que tratam dos pavimentos de base granular para as regiões húmidas e secas, os pavimentos de bases tratadas com cimento e os pavimentos de bases de mistura a quente de asfalto, foram obtidas no documento TRH4. Esses dimensionamentos foram desenvolvidos a partir do SAMDM e foram verificados através do método de dimensionamento de DCP.

A página referente ao macadame foi obtida do documento TRH4 e complementada pelos dimensionamentos da categoria D.

Os projectos de pavimentos de bases tratadas com emulsão foram desenvolvidos usando o método de dimensionamento de DCP.

Os projectos de pavimentação com blocos foram obtidos no documento UTG2.

Notas sobre o uso do catálogo

- Os dimensionamentos no catálogo são meramente indicativos, e o projectista pode modificá-los e ajustá-los com base em sólidos princípios e experiência em engenharia.
- As espessuras das camadas indicadas no catálogo representam as espessuras mínimas necessárias. As questões práticas de construção, bem como as condicionantes das especificações técnicas e as tolerâncias de espessuras das camadas devem ser tomadas em conta.
- Embora o catálogo geralmente indique uma espessura fixa de asfalto, independentemente da classificação do asfalto e do tipo de ligante, esses valores servem apenas como indicativos. O projectista deve considerar as propriedades particulares da mistura de asfalto que será usada.
- As estruturas dos pavimentos são válidas para os limites superiores de capacidade de carga das classes de pavimento.
- Parte-se do princípio que todos os requisitos relativos à qualidade do material, condição de humidade e compactação sejam satisfeitos durante a construção dos pavimentos.

GRANULAR BASES (WET REGIONS)

PAVEMENT CLASS AND DESIGN BEARING CAPACITY (80 kN AXLES/LANE)

ROAD CATEGORY	ES0,003 0,1-0,3x10 ⁻⁴	ES0,01 0,3-1,0x10 ⁻⁴	ES0,03 1,0-3,0x10 ⁻⁴	ES0,1 3,0-10x10 ⁻⁴	ES0,3 0,1-0,3x10 ⁻³	ES1 0,3-1,0x10 ⁻³	ES3 1,0-3,0x10 ⁻³	ES10 3,0-10x10 ⁻³	ES30 10-30x10 ⁻³	ES100 30-100x10 ⁻³	Foundation
UA: Trunk roads, primary distributors, freeways, major arterials and by-passes											
UB: District and local distributors, minor arterials and collectors, industrial roads, goods-areas and bus routes											
UC: Residential access collectors, car parks and lightly trafficked bus routes											
UD: Local access roads, -loops, -ways, -courts, -strips and culs de sac											

Symbol A denotes AG, AC, or AS.

A0, A1 may be recommended as a surfacing measure for improved skid resistance when wet or to reduce water spray

S denotes Double Surface Treatment (seal or combinations of seal and slurry)

S1 denotes Single Surface Treatment

* If water is prevented from entering the base, the subbase thickness may be reduced to the values indicated in brackets.

** Base thickness may be reduced by 25 mm if cemented subbase thickness is increased by 50 mm.

Most likely combinations of road category and design bearing capacity.

CEMENTED BASES
PAVEMENT CLASS AND DESIGN BEARING CAPACITY (80 kN AXLES/LANE)

ROAD CATEGORY	ES0,003 0,1-0,3x10 ⁴	ES0,01 0,3-1,0x10 ⁴	ES0,03 1,0-3,0x10 ⁴	ES0,1 3,0-10x10 ⁴	ES0,3 0,1-0,3x10 ⁶	ES1 0,3-1,0x10 ⁶	ES3 1,0-3,0x10 ⁶	ES10 3,0-10x10 ⁶	ES30 10-30x10 ⁶	ES100 30-100x10 ⁶	Foundation
UA: Trunk roads, primary distributors, freeways, arterials and by-passes											
UB: District and local distributors, minor arterials and collectors, industrial roads, goods-areas and bus routes											
UC: Residential access collectors, car parks and lightly trafficked bus routes											
UD: Local access roads, -loops, -ways, -courts, -strips and cuis de sac											

Symbol A denotes AG, AC, or AS.

A0, AP may be recommended as a surfacing measure for improved skid resistance when wet or to reduce water spray

S denotes Double Surface Treatment (seal or combinations of seal and slurry)

S1 denotes Single Surface Treatment

* Crushing of cemented base may occur

Most likely combinations of road category and design bearing capacity.

ASPHALT HOT-MIX BASES

1998

PAVEMENT CLASS AND DESIGN BEARING CAPACITY (80 kN AXLES/LANE)

ROAD CATEGORY	ES0.003 0,1-0,3x10 ⁴	ES0.01 0,3-1,0x10 ⁴	ES0.03 1,0-3,0x10 ⁴	ES0.1 3,0-10x10 ⁴	ES0.3 0,1-0,3x10 ⁶	ES1 0,3-1,0x10 ⁶	ES3 1,0-3,0x10 ⁶	ES10 3,0-10x10 ⁶	ES30 10-30x10 ⁶	ES100 30-100x10 ⁶	Foundation
UA: Trunk roads, primary distributors, freeways, major arterials and by- passes							<div> <div>40A</div> <div>80 BC</div> <div>250 C3</div> </div>	<div> <div>40A</div> <div>80 BC</div> <div>300 C3</div> </div>	<div> <div>40A</div> <div>120 BC</div> <div>400 C3</div> </div>	<div> <div>50A</div> <div>180 BC</div> <div>450 C3</div> </div>	
UB: District and local distributors, minor arterials and collectors, industrial roads, goods-loading areas and bus routes							<div> <div>30A</div> <div>80 BC</div> <div>200 C4</div> </div>	<div> <div>30A</div> <div>80 BC</div> <div>300 C3</div> </div>			<div> <div>150 G7</div> <div>150 G8</div> <div>G10</div> </div>
UC: Residential access collectors, car parks and lightly trafficked bus routes											
UD: Local access roads, -loops, -ways, -courts, -strips and culs de sac											<div> <div>150 G8</div> <div>G10</div> </div>

Symbol A denotes AG, AC, or AS.
 A0, AP may be recommended as a surfacing measure for improved skid resistance when wet or to reduce water spray
 Symbol BC does not include LAMBS (BC1 Table 13)
 S denotes Double Surface Treatment (seal or combinations of seal and slurry)
 S1 denotes Single Surface Treatment

Most likely combinations of road
category and design bearing capacity.

EMULSION-TREATED BASES

ROAD CATEGORY	PAVEMENT CLASS AND DESIGN BEARING CAPACITY (80 kN AXLES/LANE)										1998
	ES0,003 0,1-0,3x10 ⁴	ES0,01 0,3-1,0x10 ⁴	ES0,03 1,0-3,0x10 ⁴	ES0,1 3,0-10x10 ⁴	ES0,3 0,1-0,3x10 ⁶	ES1 0,3-1,0x10 ⁶	ES3 1,0-3,0x10 ⁶	ES10 3,0-10x10 ⁶	ES30 10-30x10 ⁶	ES100 30-100x10 ⁶	Foundation
UA: Trunk roads, primary distributors, freeways, major arterials and by- passes								40A 125 E1 250 C4			
UB: District and local distributors, minor arterials and collectors, industrial roads, goods-loading areas and bus routes						S 100 E2 150 C4	S730A 125 E2 150 C4	40A 125 E1 200 C4			150 G7 150 G9 G10
UC: Residential access collectors, car parks and lightly trafficked bus routes						S 100 E2 125 C4	S730A 150 E2 150 G5				
UD: Local access roads, -loops, -ways, -courts, -strips and culs de sac			S1 100 E3 100 G6	S1 100 E3 100 G6	S 100 E2 150 G6						150 G8 G10

Symbol A denotes AG, AC, or AS.

Au, AP may be recommended as a surfacing measure for improved skid resistance when wet or to reduce water spray

S denotes Double Surface Treatment (seal or combinations of seal and slurry)

S1 denotes Single Surface Treatment

Most likely combinations of road
category and design bearing capacity.

MACADAM BASES

PAVEMENT CLASS AND DESIGN BEARING CAPACITY (80 kN AXLES/LANE)

ROAD CATEGORY	ES0.003 0,1-0,3x10 ⁴	ES0.01 0,3-1,0x10 ⁴	ES0.03 1,0-3,0x10 ⁴	ES0.1 3,0-10x10 ⁴	ES0.3 0,1-0,3x10 ⁶	ES1 0,3-1,0x10 ⁶	ES3 1,0-3,0x10 ⁶	ES10 3,0-10x10 ⁶	ES30 10-30x10 ⁶	ES100 30-100x10 ⁶	Foundation
UA: Trunk roads, primary distributors, freeways, major arterials and by- passes							30 - 40A 125 M 150 C3	40A 150 M 125 C3 125 C4	50A 150 M 150 C3 150 C3		
UB: District and local distributors, minor arterials and collectors, industrial roads, goods-loading areas and bus routes						S 100 M 150 G5	S or 30A 125 M 150 C4	40A 125 M 125 C4 125 C4			150 G7 150 G9 G10
UC: Residential access collectors, car parks and lightly trafficked bus routes						S 100 M 100 C4	S 100 M 125 M 100 C4				
UD: Local access roads, loops, -ways, -courts, -strips and culs de sac	S1 100 M 150 G7	S1 125 M 150 G7	S1 125 M 150 G7	S1 150 M 50 G7 75 M 125 C4 150 G7	S 100 M 125 C4	S 100 M 150 G5	S 125 M 150 G5				150 G9 G10

Symbol A denotes AG, AC, or AS.

A0, A1 may be recommended as a surfacing measure for improved skid resistance when wet or to reduce water spray

S denotes Double Surface Treatment (seal or combinations of seal and slurry)

S1 denotes Single Surface Treatment

Most likely combinations of road
category and design bearing capacity.





ANEXO H

TABELAS PARA O DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS EM PAVÊ – CMA/UTG₂

BLOCK PAVEMENTS (MODERATE AND DRY REGIONS)

1998



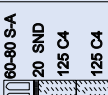
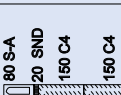
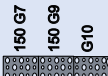


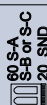

PAVEMENT CLASS AND DESIGN BEARING CAPACITY (80 kN AXLES/LANE)

ROAD CATEGORY	ES0,003 0,1-0,3x10 ⁴	ES0,01 0,3-1,0x10 ⁴	ES0,03 1,0-3,0x10 ⁴	ES0,1 3,0-10x10 ⁴	ES0,3 0,1-0,3x10 ⁶	ES1 0,3-1,0x10 ⁶	ES3 1,0-3,0x10 ⁶	ES10 3,0-10x10 ⁶	ES30 10-30x10 ⁶	ES100 30-100x10 ⁶	Foundation
UA: Trunk roads, primary distributors, freeways, major arterials and by-passes											
UB: District and local distributors, minor arterials and collectors, industrial roads, goods-loading areas and bus routes											
UC: Residential access collectors, car parks and lightly trafficked bus routes											
UD: Local access roads, -loops, -ways, -cours, -strips and culs de sac											

Most likely combinations of road category and design bearing capacity.

BLOCK PAVEMENTS (WET REGIONS)

1998

ROAD CATEGORY	PAVEMENT CLASS AND DESIGN BEARING CAPACITY (80 kN AXLES/LANE)										Foundation
	ES0,003 0,1-0,3x10 ⁴	ES0,01 0,3-1,0x10 ⁴	ES0,03 1,0-3,0x10 ⁴	ES0,1 3,0-10x10 ⁴	ES0,3 0,1-0,3x10 ⁶	ES1 0,3-1,0x10 ⁶	ES3 1,0-3,0x10 ⁶	ES10 3,0-10x10 ⁶	ES30 10-30x10 ⁶	ES100 30-100x10 ⁶	
UA: Trunk roads, primary distributors, freeways, major arterials and by-passes											
UB: District and local distributors, minor arterials and collectors, industrial roads, goods-areas and bus routes											
UC: Residential access collectors, car parks and lightly trafficked bus routes											
UD: Local access roads, -loops, -ways, -courts, -strips and culs de sac											

Most likely combinations of road category and design bearing capacity.





ANEXO I

TABELAS PARA O DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS EM PAVÊ – AASHTO/ASCE

GRANULAR BASE THICKNESSES (mm) (80 % reliability)												
Pavement Drainage	ESALs (x 1,000)		10	20	50	100	200	500	1,000	2,000	5,000	10,000
	Caltrans Traffic Index		5.2	5.7	6.3	6.8	7.4	8.3	9.0	9.8	10.9	11.8
	Layer Type											
Category 1	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	150	225	350
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	175	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	150	275	375
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	200	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	175	325	450
Category 2	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	175	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	150	275	375
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	200	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	175	325	450
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	125	200	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	175	300	450	600
Category 3	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	200	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	175	325	450
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	125	200	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	175	300	450	600
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	150	200	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	200	325	450	625	750
Category 4	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	125	200	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	175	300	450	600
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	150	200	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	200	325	450	625	750
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	125	175	100	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	200	275	375	500	700	825

GRANULAR BASE THICKNESSES (mm) (80% reliability)												
	Pavement Drainage	ESALs (x 1,000)	10	20	50	100	200	500	1,000	2,000	5,000	10,000
		Caltrans Traffic Index	5.2	5.7	6.3	6.8	7.4	8.3	9.0	9.8	10.9	11.8
		Layer Type										
Category 5	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	125	175	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	150	275	375	550	700
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	125	175	100	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	200	275	375	500	700	825
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	150	200	100	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	275	325	450	600	775	925
Category 6	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	125	175	100	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	200	275	375	500	700	825
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	150	200	100	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	275	325	450	600	775	925
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	150	100	100	100	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	175	275	375	475	600	750	950	1100
Category 7	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	150	200	100	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	250	300	425	550	750	875
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	125	200	100	100	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	250	350	425	550	700	875	1050
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	125	175	100	100	100	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	225	350	450	550	700	825	1025	1200
Category 8	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	100	150	200	100	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	275	325	450	600	775	925
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	100	125	200	100	100	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	250	350	425	550	700	875	1050
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Unbound Dense-graded Base	125	175	100	100	100	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	225	350	450	550	700	825	1025	1200

ASPHALT TREATED BASE THICKNESSES (mm) (80% reliability)											
Pavement Drainage	ESALs (x 1,000)	10	20	50	100	200	500	1,000	2,000	5,000	10,000
	Caltrans Traffic Index	5.2	5.7	6.3	6.8	7.4	8.3	9.0	9.8	10.9	11.8
Layer Type											
Category 1	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	175
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	200
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	0	150
Category 2	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	200
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	0	150
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	150	275
Category 3	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	0	150
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	150	275
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	150	300	450

ASPHALT TREATED BASE THICKNESSES (mm) (80% reliability)											
Pavement Drainage	ESALs (x 1,000)	10	20	50	100	200	500	1,000	2,000	5,000	10,000
	Caltrans Traffic Index	5.2	5.7	6.3	6.8	7.4	8.3	9.0	9.8	10.9	11.8
	Layer Type										
Category 4	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	150	275
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	150	300	450
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	200	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	200	375	525
Category 5	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	200	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	250	375
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	200	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	200	375	525
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	175	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	150	275	475	625
Category 6	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	200	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	200	375	525
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	175	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	150	275	475	625
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	150	300	425	625	800

ASPHALT TREATED BASE THICKNESSES (mm) (80% reliability)												
Pavement Drainage	ESALs (x 1,000)	10	20	50	100	200	500	1,000	2,000	5,000	10,000	
	Caltrans Traffic Index	5.2	5.7	6.3	6.8	7.4	8.3	9.0	9.8	10.9	11.8	
	Layer Type											
Category 7	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	150	250	425	575
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	125	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	150	250	375	575	725
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	125	200	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	250	375	525	725	900
Category 8	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	175	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	150	275	475	625
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	125	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	150	250	375	575	725
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	125	200	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	250	375	525	725	900

CEMENT TREATED BASE THICKNESSES (mm) (80% reliability)												
	Pavement Drainage	ESALs (x 1,000)	10	20	50	100	200	500	1,000	2,000	5,000	10,000
		Caltrans Traffic Index	5.2	5.7	6.3	6.8	7.4	8.3	9.0	9.8	10.9	11.8
		Layer Type										
Category 1	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Cement Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Cement Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	175	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	0	0	175
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Cement Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	0	150	225
Category 2	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Cement Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	175	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	0	0	175
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Cement Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	0	150	225
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Cement Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	200	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	0	225	375
Category 3	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Cement Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	0	150	225
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Cement Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	200	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	0	225	375
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Cement Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	150	225	400	525

CEMENT TREATED BASE THICKNESSES (mm) (80% reliability)												
Pavement Drainage	ESALs (x 1,000)	10	20	50	100	200	500	1,000	2,000	5,000	10,000	
	Caltrans Traffic Index	5.2	5.7	6.3	6.8	7.4	8.3	9.0	9.8	10.9	11.8	
	Layer Type											
Category 4	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Cement Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	200	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	0	225	375
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Cement Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	150	225	400	525
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Cement Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	175	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	150	275	475	600
Category 5	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Cement Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	175	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	0	175	325	475
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Cement Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	175	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	150	275	475	600
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Cement Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	125	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	150	225	375	550	700
Category 6	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Cement Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	175	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	0	150	275	475	600
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Cement Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	125	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	150	225	375	550	700
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Cement Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	150	200	150	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	250	375	525	725	875

CEMENT TREATED BASE THICKNESSES (mm) (80% reliability)											
Pavement Drainage	ESALs (x 1,000)	10	20	50	100	200	500	1,000	2,000	5,000	10,000
	Caltrans Traffic Index	5.2	5.7	6.3	6.8	7.4	8.3	9.0	9.8	10.9	11.8
Layer Type											
Category 7	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Cement Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	125	200	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	200	325	525	675
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Cement Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	125	175	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	200	325	475	675
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Cement Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	175	100	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	250	325	475	600	825
Category 8	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Cement Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	125	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	150	225	375	550
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Cement Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	125	175	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	0	200	325	475	675
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Cement Treated Base	100	100	100	100	100	100	100	100	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	175	100	150	150	150	150
		Unbound Dense-graded Subbase	0	0	0	0	250	325	475	600	825

ASPHALT BASE THICKNESSES (mm) (80% reliability)												
	Pavement Drainage	ESALs (x 1,000)	10	20	50	100	200	500	1,000	2,000	5,000	10,000
		Caltrans Traffic Index	5.2	5.7	6.3	6.8	7.4	8.3	9.0	9.8	10.9	11.8
		Layer Type										
Category 1	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	50	50	50	60
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	50	50	50	70
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
Category 2	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	50	50	50	60
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	50	50	50	70
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	50	50	80	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
Category 3	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	50	50	50	70
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	50	50	80	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	50	70	110	140
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
Category 4	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	50	50	80	100
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	50	70	110	140
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	60	90	120	150
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150

ASPHALT BASE THICKNESSES (mm) (80% reliability)												
	Pavement Drainage	ESALs (x 1,000)	10	20	50	100	200	500	1,000	2,000	5,000	10,000
		Caltrans Traffic Index	5.2	5.7	6.3	6.8	7.4	8.3	9.0	9.8	10.9	11.8
		Layer Type										
Category 5	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	50	60	100	120
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	60	90	120	150
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	80	100	140	170
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
Category 6	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	60	90	120	150
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	80	100	140	170
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	70	80	110	130	170	210
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
Category 7	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	70	100	130	160
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	60	70	100	120	160	200
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	60	80	90	120	150	190	230
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
Category 8	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	80	100	140	170
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	60	70	100	120	160	200
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	60	80	90	120	150	190	230
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150

ASPHALT BASE THICKNESSES (mm) (80% reliability)												
	Pavement Drainage	ESALs (x 1,000)	10	20	50	100	200	500	1,000	2,000	5,000	10,000
		Caltrans Traffic Index	5.2	5.7	6.3	6.8	7.4	8.3	9.0	9.8	10.9	11.8
		Layer Type										
Category 5	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	50	60	100	120
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	60	90	120	150
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	80	100	140	170
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
Category 6	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	60	90	120	150
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	80	100	140	170
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	70	80	110	130	170	210
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
Category 7	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	70	100	130	160
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	60	70	100	120	160	200
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	60	80	90	120	150	190	230
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
Category 8	Good	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	50	50	80	100	140	170
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	Fair	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	50	60	70	100	120	160	200
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	Poor	Pavers and Bedding	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
		Asphalt Concrete Base	50	50	50	60	80	90	120	150	190	230
		Unbound Dense-graded Base	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150



ANEXO J

EXEMPLO DE ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS ESPECIAIS

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS – PARTE 2: CONDIÇÕES ESPECIAIS

Todos os requisitos das Especificações Técnicas Gerais (*The SATCC Standard Specifications for Road and Bridge Works*) relacionados com materiais, qualidade, mão-de-obra, assim como os testes especificados, devem estar cobertos pelas Normas da SATCC, excepto quando modificadas pelas Condições Especiais das Especificações Técnicas, conforme mencionado nestas Especificações.

As provisões e especificações da Parte 2 devem complementar, emendar ou servir de apoio à Parte 1, Normas da SATCC (*the SATCC Standard Specifications for Road and Bridge Works*). Sempre que existir um conflito, as considerações da Parte 2 devem prevalecer às considerações apresentadas na Parte 1.

A Parte 2 está dividida em duas secções, como se segue:

Secção A: Considerações Gerais

Secção B: Assuntos relacionados com as Especificações Técnicas (Parte 1)

A numeração das várias secções das Especificações Técnicas será feita através de prefixos com as letras A e B, conforme apropriado.

A numeração das cláusulas da Secção B coincide com a numeração contida nas Normas da SATCC - *The SATCC Standard Specifications for Road and Bridge Works* (Parte 1).

Por uma questão de uniformização de linguagem e para evitar a deturpação dos conteúdos, a Secção B destas Especificações Técnicas Especiais será apresentada na língua inglesa, tal como as Normas da SATCC.

SECÇÃO A: CONSIDERAÇÕES GERAIS

Conteúdo		Pág.
A1.	Generalidades	306
A2.	Descrição do projecto	306
A3.	Descrição dos trabalhos	308
A4.	Materiais de construção	308
A5.	Desenhos	309
A6.	Electricidade e outros serviços	309
A7.	Construção em áreas confinadas	310
A8.	Estaleiro do empreiteiro	310
A9.	Requisitos adicionais para a actividade de construção	311
A10.	Implantação dos trabalhos e cotas finais da estrada	312
A11.	Programa de trabalhos e cronograma de actividades	313
A12.	Gestão ambiental	313

A1. GENERALIDADES

Estas Especificações do Projecto são parte integral dos Documentos do Contrato e deverão ser consideradas como tal, fazendo parte das Especificações Técnicas.

As Especificações Técnicas que fazem parte deste contrato foram produzidas para cobrir todas as fases dos trabalhos normalmente requeridos para contratos de trabalhos de estradas e, por isso, podem eventualmente cobrir assuntos que não sejam aplicáveis a este contrato em particular.

Na eventualidade de haver discrepâncias ou conflitos entre qualquer parte das Especificações, da Lista de Quantidades ou dos Desenhos, estas Especificações serão as prevaletentes.

A2. DESCRIÇÃO DO PROJECTO

O projecto compreende a reabilitação de uma rua com cerca de 1060m no total, incluindo os respectivos sistemas de drenagem, e a reabilitação de uma vala de drenagem principal com cerca de 392m.

A3. DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS

A descrição dos trabalhos, tal como preconizada nesta secção, da qual faz parte a Memória Descritiva e Justificativa, constitui uma estimativa dos trabalhos contratuais e não deve ser considerada como sendo um factor de limitação dos trabalhos a serem executados pelo Empreiteiro ao abrigo deste contrato. A Lista de Quantidades apresentada na Secção IX dos Documentos de Concurso representa uma aproximação das quantidades de cada tipo diferente de trabalho a ser executado, de acordo com os documentos do contrato. Estas quantidades irão certamente variar de acordo com as instruções do Engenheiro sobre os trabalhos a realizar.

A natureza dos trabalhos a serem executados neste projecto é resumida nos parágrafos seguintes:

A3.1. Actividades Preliminares e Gerais

As actividades preliminares e gerais incluem, entre outras, as seguintes tarefas:

- Mobilização do Empreiteiro
- Acomodação do tráfego, que incluirá a disponibilização a tempo inteiro de um agente de segurança rodoviária, cujas tarefas estão descritas na Secção 1500 das Especificações do Projecto.
- Localização, realização de ensaios e obtenção de licenças para explorar câmaras de empréstimo e pedreiras, ou obtenção de aprovação para uso de determinada fonte comercial.
- Realização do controlo dos materiais e da qualidade dos trabalhos.
- Realização da manutenção dentro do período de garantia de 12 meses.

A3.2. Trabalhos de Drenagem

Os trabalhos de drenagem previstos no projecto têm como objectivo o melhoramento do sistema de drenagem de águas pluviais e estão devidamente indicados na Memória Descritiva e Justificativa.

Estão previstos os seguintes trabalhos de drenagem:

- Construção de canaletas de betão;
- Construção de valas de drenagem em formato trapezoidal;
- Construção de valas de drenagem em formato rectangular;
- Reabilitação de um canal de drenagem com gabiões;
- Construção de drenos subterrâneos;
- Construção de aquedutos;
- Construção de atravessamentos para viaturas;
- Construção de passagens hidráulicas em passeios;
- Pequenas obras de contenção contra a erosão;
- Canais abertos em muretes de gabiões.

A3.3. Reabilitação de Ruas

Os trabalhos de reabilitação das ruas consistem em adequar a estrutura do pavimento à classe de tráfego do projecto, mediante a aplicação das medidas construtivas indicadas na Memória Descritiva, executar a camada de revestimento em blocos de betão, tipo pavê, construção de passeios onde aplicável, construção do sistema de drenagem, construção de passeios e sinalização rodoviária.

As intervenções previstas para cada rua estão apresentadas na Tabela A.1

Tabela A.1

Ref.	Localização	Intervenções previstas
1	RUA XX	Limpezas gerais da plataforma; Implantação da obra; Execução de um dreno subterrâneo ao longo de um dos lados da estrada; Remoção do solo existente até à profundidade de 600mm, definida a partir da razante da estrada e reaproveitamento dos solos; Execução da fundação com material escavado; Execução da sub-base com material escavado e, eventualmente, execução de compensações com material importado; Execução da base com material importado; Execução do revestimento em pavê; Execução de um passeio de 2,0m de largura; Execução de 1 aqueduto; Execução de atravessamentos para veículos; Sinalização vertical; Sinalização horizontal; Construção de vigas de bordo.

A4. MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

A4.1. Fontes de materiais

Na Memória Descritiva estão indicadas as fontes comerciais para obtenção de areia e saibro. Contudo, o Empreiteiro poderá fazer a pesquisa das fontes de obtenção de areia, pedra e solos, quer provenientes de fontes comerciais, quer provenientes de câmaras de empréstimo ou de pedreiras a explorar por este.

Na eventualidade do Empreiteiro decidir usar câmaras de empréstimo ou pedreiras próprias, deverá efectuar todas as investigações e ensaios necessários, juntamente com todos os estudos de impacto ambiental requeridos. O Empreiteiro será responsável por obter as licenças necessárias para a exploração das câmaras de empréstimo e das pedreiras, de acordo com as leis vigentes.

Se o Empreiteiro decidir abrir e explorar **a sua própria câmara de empréstimo e pedreira, será responsável por reabilitar os locais após a conclusão da construção**, de acordo com os requisitos das Especificações do Projecto e todas as condicionantes que possam ser impostas relacionadas com o impacto ambiental, de acordo com a lei.

Os custos relacionados com a localização de qualquer câmara de empréstimo, realização de ensaios, expropriação de terras, aquisição de material, exploração e reabilitação após a conclusão da obra, juntamente com todos os custos relacionados com licenças, serão suportados pelo Empreiteiro e deverão ser incluídos nos seus preços unitários do concurso, nos itens dos trabalhos correspondentes.

O Empreiteiro deve fazer referência à Secção 3100 das Normas da SATCC:

“Section 3100 – Borrow Materials in the Standard Specifications (The SATCC Standard Specifications for Road and Bridge Works, September 1998, - Reprinted July 2001)”, assim como às Especificações Técnicas Especiais que, para o caso, estão cobertas pela cláusula B3100 apresentada na Secção B – Assuntos Relacionados com as Especificações.

A5. DESENHOS

Os desenhos em tamanho reduzido, que fazem parte dos Documentos de Concurso, serão usados apenas para concurso. Os desenhos de concurso estão listados no Índice da Secção XI deste documento.

Os desenhos para construção serão fornecidos ao concorrente vencedor, à escala e tamanhos adequados. O empreiteiro terá direito a 3 exemplares dos desenhos para construção, livre de quaisquer encargos. Todas as cópias adicionais serão cobradas.

Qualquer informação na posse do Empreiteiro, que seja requerida pelo Engenheiro para a conclusão das telas finais, deve ser fornecida ao Engenheiro antes da emissão do Certificado de Conclusão.

A6. ENERGIA ELÉCTRICA E OUTROS SERVIÇOS

A6.1. Energia Eléctrica, Telecomunicações, Água e outros Serviços a usar pelo Empreiteiro

O Empreiteiro deverá estabelecer os contactos e contratos necessários para o fornecimento de energia eléctrica, telecomunicações, água para o estaleiro e para uso na obra, e todos os outros serviços que eventualmente possa necessitar. Não será efectuado nenhum pagamento directo para o fornecimento destes serviços. Os custos daí resultantes deverão ser incluídos nos preços unitários do concurso para os vários tipos de trabalhos que requeiram estes serviços.

A6.2. Localização e protecção de serviços existentes

As novas sarjetas e a tubagem da rede de águas pluviais deverão ser instaladas sem interromper as condutas de água, rede de esgotos, cabos de energia e telecomunicações.

O Empreiteiro será responsável por localizar e proteger os serviços existentes antes de iniciar as escavações. A localização dos serviços existentes será feita através das seguintes etapas:

- O Empreiteiro irá enviar conjuntos de desenhos fornecidos pelo Consultor a todos os provedores de serviços, aos quais solicitará que indiquem a posição de todos os serviços e onde estejam previstos trabalhos de escavação para a execução de novas sarjetas e tubagens.
- Todas as plantas dos serviços existentes que possam estar na posse das autoridades de tutela devem ser adquiridas pelo Empreiteiro, que deverá informar estas últimas de quando pretende realizar as escavações. Presume-se que os provedores de serviços irão prestar a assistência necessária na localização dos serviços enterrados.

- O Empreiteiro deverá adquirir e usar equipamento de detecção para localizar qualquer tipo de serviços que possam afectar o seu trabalho. O Empreiteiro irá então expor cuidadosamente, à mão, estes serviços, de modo a determinar a posição exacta e profundidade de cada serviço antes do início de qualquer escavação, e será responsável por proteger tais serviços durante a construção. Os pagamentos para a localização e protecção de serviços estão contemplados nos Mapas de Quantidades.

Na eventualidade de haver necessidade de efectuar a realocação de serviços existentes para permitir a execução dos trabalhos, o empreiteiro deverá comunicar o facto imediatamente ao Engenheiro. O Engenheiro irá então decidir se autoriza a realocação dos serviços ou se altera os trabalhos, de modo a não perturbar os referidos serviços. Se qualquer serviço existente tiver que ser realocado, o Empreiteiro deverá contactar o respectivo provedor, a fim de conhecer as implicações físicas e custos da realocação dos serviços. Esta actividade deve ser feita em conjunto com o Engenheiro e nenhum serviço deverá ser realocado antes da autorização por escrito emitida pelo Engenheiro ao Empreiteiro para a execução dos trabalhos.

A7. CONSTRUÇÃO EM ÁREAS CONFINADAS

O Empreiteiro poderá ter necessidade de trabalhar em áreas confinadas. Sem prejuízo das normas da SATCC, que estabelecem a separação de trabalhos em áreas confinadas, nenhum pagamento adicional será efectuado para trabalhos em áreas confinadas. Em certos locais, a largura da estrada pode decrescer até zero e a zona de trabalho ser confinada. O método de construção nestas áreas confinadas depende largamente do equipamento de construção do Empreiteiro. Contudo, o Empreiteiro deve tomar em consideração que os pagamentos serão efectuados de acordo com as dimensões das secções transversais especificadas, independentemente do método usado para obter tais secções transversais e dimensões.

Os preços unitários e quantidades devem incluir a compensação relativa a todo o equipamento especial e métodos de construção requeridos e, ainda, todas as dificuldades encontradas durante a execução de trabalhos em áreas confinadas, em larguras estreitas e na presença de obstáculos. Nestes casos, não será efectuado nenhum pagamento extra, nem serão aceites quaisquer reclamações sobre pagamentos adicionais a serem considerados.

A8. ESTALEIRO DO EMPREITEIRO

A parte Contratante irá providenciar uma área adequada para o estaleiro do Empreiteiro, sem encargos, durante a vigência do contrato. Esta área será indicada pela Contratante durante a consignação da empreitada.

O Empreiteiro deverá providenciar escritórios para a Fiscalização, de acordo com os requisitos da Secção 1400 das Especificações do Projecto, incluindo instalação eléctrica, climatização, comunicações e água potável. Todos os edifícios erguidos no estaleiro para uso da Fiscalização, que serão pagos de acordo com os respectivos itens da Secção 1400 do Mapa de Quantidades, reverterão a favor da Contratante no fim da obra. Os edifícios deverão ser de carácter permanente, com fundações e pavimento de betão, paredes de alvenaria rebocadas, construídas com blocos, cobertura em chapas IBR termolacadas, completas, incluindo tecto falso.

O Empreiteiro deverá fornecer unidades sanitárias portáteis para cada frente de trabalho para serem usadas pelo seu pessoal durante as horas de trabalho. Estas unidades deverão estar a uma curta distância a pé da frente de trabalho.

A9. REQUISITOS ADICIONAIS PARA AS ACTIVIDADES DE CONSTRUÇÃO

A9.1. Acomodação de tráfego

Sempre que possível, o Empreiteiro é responsável por criar condições para que os utentes das vias tenham acesso a elas. Para o efeito, o Empreiteiro deverá usar métodos aprovados para o controlo da movimentação do seu equipamento, maquinaria e veículos, de modo a não constituir perigo na via.

O empreiteiro deverá nomear um agente de segurança para o controlo de tráfego, o qual será responsável, a tempo inteiro, incluindo horas extras, noites, fins de semana e feriados públicos, pela segurança da área de trabalho e acomodação do tráfego. A ausência de sinais de trânsito, sinais rodoviários, luzes intermitentes, em boas condições de operacionalidade, pode constituir motivo suficiente para que o Engenheiro suspenda os trabalhos ou imponha uma multa, tal como previsto nas Especificações do Projecto e no Mapa de Quantidades, até que os sinais rodoviários e os outros dispositivos de segurança rodoviária estejam reparados e a operar segundo as exigências e satisfação do Engenheiro.

O Engenheiro irá autorizar a construção em meia largura e a utilização de sinais de “stop/go”, sinalização rodoviária diversa e bandeiras e, sempre que possível, o Empreiteiro deverá providenciar desvios laterais ao longo das ruas adjacentes, de modo a que o tráfego da rua a ser reabilitada seja permitido apenas aos residentes, se tal for praticável. Se o tráfego num único sentido tiver que ser mantido durante a noite, o Empreiteiro deverá providenciar sinais luminosos, a expensas suas.

Sempre que houver necessidade de interromper o tráfego numa rua que vai ser reabilitada, por impossibilidade de execução em meia largura, o Empreiteiro deverá colocar anúncios verticais bem visíveis no início e no fim do troço em causa. A colocação de tais anúncios carece de aprovação prévia do Engenheiro.

Os pagamentos para a acomodação de tráfego serão feitos estritamente de acordo com as Especificações e Desenhos. Neste aspecto, serão observados os dispositivos constantes da Secção 1500 das Especificações do Projecto – *Section 1500 - Accommodation of Traffic in the Standard Specifications (The SATCC Standard Specifications for Road and Bridge Works, September 1998, - Reprinted July 2001), as well as the Project Specifications in this regard given in the following Section B – Matters Relating to the Standard Specifications*. Os requisitos para a acomodação de tráfego especificado na Secção 1500 das Especificações do Projecto, devem ser tomadas em consideração pelos Concorrentes durante a preparação das suas propostas, aquando da elaboração do programa de trabalhos.

O Empreiteiro não deverá iniciar as actividades de construção antes de tomar as providências relacionadas com a acomodação do tráfego, de acordo com os requisitos das Especificações do Projecto e dos desenhos.

A9.2. Áreas para armazenamento de materiais

A Contratante irá providenciar áreas livres para o armazenamento dos materiais, sem encargos, próximo das zonas de trabalho. O Empreiteiro deverá proceder aos arranjos necessários dessas áreas para que estejam em conformidade com os regulamentos e legislação aplicável. Os custos de preparação, reabilitação e tratamento final das áreas de armazenamento, as operações de armazenamento e manuseamento de qualquer material, deverão estar em conformidade com os regulamentos ou legislação, e outros custos associados devem estar incluídos nos preços de concurso do Empreiteiro, pelo que não serão efectuados pagamentos separados para tais operações. As áreas de armazenamento devem ser aprovadas pelo Engenheiro, o qual deverá assegurar que estas não afectam a segurança pública e não constituem perigo para o ambiente.

A reabilitação final das áreas de armazenamento deverá ser feita de modo a que estas fiquem livres de quaisquer indícios de materiais de construção ou detritos. Caso tenha havido remoção da camada vegetal, esta deverá ser recolocada para permitir o crescimento de vegetação.

A9.3. Locais para vazadouros

O Empreiteiro deverá fazer uso das lixeiras municipais ou arranjar outros locais para vazadouro. O custo relativo ao despejo de solos ou de outros materiais, em conformidade com os regulamentos e legislação, e outros custos associados, tais como taxas de lixo, etc., deverão estar previstos nos preços unitários do Empreiteiro e não serão efectuados pagamentos separados para quaisquer destas operações. Os locais para vazadouro deverão ser aprovados pelo Engenheiro, o qual deverá verificar que estes não afectam a segurança pública e não constituem perigo para o ambiente.

A9.4. Água para construção

O Empreiteiro será o único responsável pela obtenção de água para a construção e de água potável para uso doméstico. Não haverá compensação separada para a procura ou obtenção de água e os custos deverão estar incluídos nos preços unitários dos trabalhos. Todas as negociações com o provedor de serviço, autoridades municipais e locais relacionadas com os direitos de obtenção de água para a construção serão da responsabilidade do Empreiteiro.

A10. IMPLANTAÇÃO DOS TRABALHOS E COTAS FINAIS DAS ESTRADAS

O Empreiteiro será responsável por estabelecer pontos de referência ou marcos em intervalos regulares ao longo das estradas a serem reabilitadas.

Para estas estradas, a localização e as coordenadas dos marcos originais de referência implantados pelo topógrafo do Consultor serão mostradas nos desenhos. A precisão das coordenadas destes marcos de referência deverá ser verificada pelo Empreiteiro antes da construção. Se a posição ou cota de qualquer marco for diferente do indicado nos desenhos, ou se houver necessidade de relocar qualquer marco devido à sua interferência com os trabalhos, o Engenheiro deverá ser imediatamente informado por escrito e novas coordenadas referentes à correcção ou aos marcos relocados deverão ser entregues ao Engenheiro antes do início de qualquer trabalho relacionado com a respectiva zona.

Não serão efectuados nenhuns pagamentos separados para os trabalhos realizados pelo Empreiteiro para a implantação dos canais laterais, verificação dos marcos do Engenheiro, re-localização de marcos, se necessário, e para a implantação e execução correcta dos trabalhos. Assim, os custos relacionados com estas actividades serão pagos sob os itens de pagamento referenciados na Secção 1300 do Mapa de Quantidades e nos preços unitários do concurso.

Os detalhes completos dos alinhamentos horizontal e vertical dos aquedutos serão fornecidos nos desenhos de construção, mas as cotas das ligações dos aquedutos com as valas deverão ser estabelecidas no terreno pelo Empreiteiro para estar em conformidade com os níveis existentes.

O estabelecimento dos níveis dos elementos atrás referenciados deverá ser efectuado em estreita colaboração com a Fiscalização, que irá aprovar as cotas finais requeridas após o Empreiteiro ter efectuado qualquer levantamento topográfico exigido.

AII. PROGRAMA DE TRABALHOS E CRONOGRAMA DAS ACTIVIDADES

O período de construção estabelecido no contrato será de 10 (dez meses), incluindo a mobilização.

O programa de trabalhos do Empreiteiro a ser submetido ao Engenheiro, nos termos das Condições Gerais do Contrato, deve ser abrangente e conter, entre outras, todas as actividades principais, ligações lógicas entre as actividades, identificação do caminho crítico, número de equipas e equipamento por cada actividade, duração das actividades, rendimento de trabalhos e dias não produtivos.

O programa de trabalhos deverá mostrar igualmente o tempo gasto com a reabilitação de cada rua, de modo a estar em concordância com a acomodação de tráfego e estar associado às restrições de tempo especificadas na secção B1500 destas Especificações Técnicas.

O programa deverá ser actualizado, no mínimo, mensalmente, ou a intervalos que eventualmente venham a ser pedidos pelo Engenheiro.

A12. GESTÃO AMBIENTAL

O empreiteiro deverá tomar as devidas precauções e cuidados, a fim de minimizar o impacto ambiental da sua mobilização e de outras actividades de construção. Será fornecido ao Empreiteiro o Plano de Gestão Ambiental, que deverá ser obrigatoriamente implementado durante o período de construção.

O Empreiteiro deverá apresentar uma Memória Descritiva da metodologia de execução ao Engenheiro, detalhando as actividades de construção e as medidas que serão implementadas para prevenir a poluição do sistema de drenagem de água pluviais, canais, cursos de água, rios e o ambiente geral urbano, devido a derrames de combustível, espalhamento de cimento, esgotos de sanitários temporários e outros materiais nocivos.

Deverão ser tomadas medidas cautelares para evitar vibração e barulho excessivos resultantes das actividades de construção a serem implementadas, especialmente entre as 18:00 e as 6:00 horas.

Onde, na opinião do Engenheiro, o Empreiteiro não aderir a estes requisitos, o Empreiteiro deverá reparar os estragos causados, a expensas suas, de acordo com as exigências do Engenheiro.

SECTION B: MATTERS RELATING TO THE STANDARD SPECIFICATIONS (ASSUNTOS RELACIONADOS COM AS ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS)

Conteúdo		Pág.
Preâmbulo		314
B1100	Definitions and terms	315
B1200	General requirements and provisions	315
B1300	Contractor's establishment on site and general obligations	318
B1400	Housing, offices and laboratories for the engineer's site personnel	319
B1500	Accommodation of traffic	320
B1600	Overhaul	323
B1700	Clearing and grubbing	323
B2200	Prefabricated culverts	324
B3100	Borrow materials	325
B3400	Pavement layers of gravel material	325
B3500	Stabilization	326
B5800	Finishing road and road reserve and treating old roads	327

PREÂMBULO

As Especificações Padrão da SATCC para Trabalhos em Estradas e Pontes (1998), conforme aditada de tempos em tempos, aplicar-se-ão a este contrato.

Em certas cláusulas das Especificações Padrão, é concedida a opção de se incluir materiais ou métodos de construção alternativos nas Especificações do Projecto, bem como requisitos adicionais a serem especificados para se adequar a um contrato específico. Os detalhes de tais alternativas ou requisitos adicionais aplicáveis a este contrato estão contidos nesta Parte B das Especificações do Projecto.

O número de cada cláusula e cada item de pagamento nesta parte das Especificações do Projecto consiste no prefixo "B", seguido do número correspondente à cláusula relevante ou item de pagamento nas Especificações Padrão. O número de uma nova cláusula ou de um novo item de pagamento que não faça parte de uma cláusula ou item de pagamento nas Especificações Padrão e está aqui incluído, também é precedido por "B", seguido de um novo número. Os novos números seguem a última cláusula ou o número do item usado na secção relevante das Especificações Padrão.

B1100 - DEFINITIONS AND TERMS

B1113 - GENERAL CONDITIONS OF CONTRACT

Substitua esta cláusula pelo seguinte:

"The General Conditions of Contract shall consist of two parts with Part 1 being the General Conditions of Contract which shall be the "Conditions of Contract for Construction (for building and engineering works designed by the Employer) - First Edition 1999" prepared by the Fédération Internationale des Ingénieurs-Conseils (FIDIC) and Part 2 being the "Conditions of Particular Application" bound in this document which contain the variations and additions to Part 1."

B1200 - GENERAL REQUIREMENTS AND PROVISIONS

B1202 - SERVICES

Substitua esta cláusula pelo seguinte:

"The Contractor shall note the requirements of Clause A6.2 of Section A of these Specifications of Particular Application."

B1205 - WORKMANSHIP AND QUALITY CONTROL

Adicione o seguinte ao primeiro parágrafo:

"The Contractor shall, together with the Engineer, formulate a Quality Assurance Plan (QAP) that shall comply with the guidelines of the Employer prior to the commencement of the works. The QAP shall be submitted together with the programme as required by the General Conditions of Contract".

B1206 - THE SETTING OUT OF WORK AND PROTECTION OF BEACONS

Adicione o seguinte:

"The Contractor shall note the provisions and requirements of Clause A10 of Section A of these Specifications of Particular Application.

Construction work may only commence once the Engineer's approval for all verified co-ordinates and levels of reference beacons has been obtained.

In order to verify quantities for the streets which have to be rehabilitated the Contractor shall supply the Engineer with cross-sections (hard copy and electronic format) of the existing road taken every 20 m on the fixed road alignment before construction commences and after the subgrade has been reworked prior to importing the subbase and base layers.

The Contractor's tendered rates for the construction of the works shall include full compensation for all the costs required for the verification of the reference beacons, the re-location and re-co-ordination of any beacons which are affected by the works, the staking of the road in accordance with the road alignment shown on the drawings, the taking of cross-sections at 20 m intervals, the taking of levels along all side channels and for all the new manholes, catch pits and storm water connecting pipes and for any other survey work required to complete the work as specified and/or to the correct levels, longitudinal grades and cross-falls.

This survey work, and any other work which requires response from the Engineer, shall be delivered to the Engineer timeously to allow him sufficient time to respond without causing the Contractor any delays. No separate payment shall be made for any survey work required. The Contractor's tendered rates for the construction of the Works shall also include full compensation for the provision of all survey equipment and assistants required by the Engineer to take control measurements as required."

B1209 - PAYMENT

(b) Rates to be inclusive

Substitua "period of maintenance" na última linha do primeiro parágrafo por "Defects Notification Period".

B1210 - CERTIFICATE OF COMPLETION OF THE WORKS

Adicione o seguinte:

"The Certificate of Completion of the Works referred to in this clause shall be the 'Taking Over Certificate' indicated in Clause 10 of the General Conditions of Contract."

B1215 - EXTENSION OF TIME RESULTING FROM ABNORMAL RAINFALL

Method 2 (Critical path method) as described and specified in clause B1215(b) of the Standard Specifications shall apply.

Adicione o seguinte ao segundo parágrafo da subcláusula (b):

"The number of working days delay ("n") caused by normal rainy weather for each month, for which the Contractor shall allow for in his programme and for which no extension of time will be granted are as follows:

Month	Jan.	Feb.	March	April	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
"n"	8	6	5	2	1	1	1	1	2	2	3	4

The number of working days delay "n" which shall be allowed for by the Contractor in his programme, shall be cumulative over the project and no extension of time shall be granted until the total number of working days delay to items of work on the critical path, as agreed to by the Engineer, exceed the cumulative value of "n" as calculated over the full duration of the contract period.

The number of working days delay to items of work on the critical path, as agreed to by the Engineer, shall be recorded at each monthly site meeting. At the end of the contract period the cumulative value of "n", the working days delay allowed for in the Contractor's programme, shall be subtracted from the cumulative number of working days delay to items of work on the critical path, as agreed to by the Engineer, in order to calculate the additional extension of time due to the Contractor. If the calculated extension of time is negative the contract period will not be reduced.

B1224 - THE HANDING-OVER OF THE ROAD RESERVE

Substitua a Cláusula pelo seguinte:

"The site will be handed over in sections or lengths as indicated by the Engineer in accordance with the Contractor's approved programme. New sections will only be handed over when, in the opinion of the Engineer, the Contractor has made sufficient progress on the previous sections in accordance with his approved programme and has sufficient plant and equipment on site to undertake the programmed work on the new section.

The Contractor shall make his own arrangements for access to the various parts of the Site where works are to be constructed, but all such accesses shall be subject to the approval of the Engineer. The Contractor is in this respect referred to Clause A9.1 of Part A of these Specifications of Particular Application.

Where access to the Site proposed to be used by the Contractor lies across land or property of a third party the Contractor shall produce to the Engineer written consent of the owner and the occupier of the land over which the access lies before making use of the same. The Contractor shall also keep a record, to be agreed by the Engineer, of the conditions of the surface of any land or property over which access lies before he uses it for access purposes and he shall keep all such surfaces in a reasonable state of repair during the execution of Works. On the termination of the Contractor's use of such access he shall restore the land to a condition at least equal to that existing before his first entry on them.

B1225 - HAUL ROADS

Adicione o seguinte:

"Where the Contractor constructs bypasses, haul and/or construction roads at his own initiative for accommodating traffic, he shall construct and maintain them at his own cost and in accordance with details previously agreed on with the Engineer, in writing. Such roads shall be obliterated and their surfaces properly reinstated when no longer required, all at the Contractor's own cost.

The Contractor shall have the right to use public roads, including bypasses open to public traffic, but where his own traffic causes damage or wear to such roads or constitutes a condition hazardous to public traffic, the Engineer shall have the right to regulate his traffic over such public roads and bypasses and require the Contractor to provide, at his own cost, such maintenance as, in the Engineer's opinion, will be necessary in addition to that which would be required to maintain the bypasses properly when not used by the Contractor's construction traffic. Where regulation of the Contractor's traffic does not alleviate the traffic hazard satisfactorily or the maintenance of the bypasses cannot be or is not properly executed, the Contractor shall, where conditions permit, divert his traffic over construction roads provided and maintained at his own cost."

B1227 - MONTHLY SITE MEETINGS

Adicione o seguinte ao primeiro parágrafo:

"Additional to the meeting mentioned above, the Contractor or his authorised representative shall attend meetings on the site with the representative of the Engineer at the dates and times to be determined by the Engineer. Such meetings will be held to discuss matters of a more technical nature, or any such matter which any of the parties may wish to raise. Further to the above, the Contractor or his authorised representatives shall attend meetings with the local liaison committees as and when required to discuss socio-economic and/or environmental issues."

Exclua as cláusulas segunda e terceira da cláusula 1227.

Adicione a seguinte nova cláusula:

"B1230 - REPORTING OF ACCIDENTS

The Contractor shall report every accident which occurs on the road, within the extent of the Works, to the Engineer, within twenty-four (24) hours of such accident occurring, irrespective of whether such accident has a bearing on damage to the Works or to persons, property or things. The report must be in writing and must contain full particulars of the accident. Photographs of each accident shall also be included in the report. The Engineer has the right to conduct any or all enquiries, either on the Site or elsewhere, as to the causes and consequences of any such accident. The Contractor shall also keep a comprehensive record of all accidents which occur on the road and shall make such records available to the Engineer on demand."

B1300 - CONTRACTOR'S ESTABLISHMENT ON SITE AND GENERAL OBLIGATIONS

B1301 - SCOPE

Adicione o seguinte ao primeiro parágrafo:

"The cost of all items which are not directly and specifically covered by the rates tendered for the items included in the Bill of Quantities shall be deemed to be included for in the rates tendered for the payment items in this section. No claims will be considered and no additional costs will be paid for any of the Contractor's obligations under the Contract, the costs of which must all be included in the rates tendered for the various items of work or included in the rates tendered for payment item 13.01.

B1302 - GENERAL REQUIREMENTS

(a) Camps, constructional plant and testing facilities

Adicione o seguinte:

"The Contractor shall note the requirements of Clause A8 of Section A of these Specifications of Particular Application."

B1303 - MEASUREMENT AND PAYMENT

B13.01 - THE CONTRACTOR'S GENERAL OBLIGATIONS

Adicione o seguinte após o terceiro parágrafo, antes da descrição do método de pagamento do subitem 13.01 (a):

"The combined total tendered for payment items 13.01 (a), (b) and (c) shall not exceed 15 % of the Tender Sum. Tenders where the combined total tendered for payment items 13.01 (a), (b) and (c) exceeds 20% of the Tender Sum shall be considered as unbalanced and may be rejected by the Employer.

The amount tendered for payment item B13.01 (a) shall include for the cost of procuring, erecting, maintaining and later removing at the end of the contract period 6 No. contract signboards at different locations in Dondo as designated by the Engineer. The contract boards shall each be 3.6m wide by 1.2m high and shall contain all the Employer's logo and details of the Project, Employer, Contractor and Consultant using wording which will be provided by the Engineer."

B1400 - HOUSING, OFFICES AND LABORATORIES FOR THE ENGINEER'S SITE PERSONNEL

B1402 - OFFICE AND LABORATORIES

(a) General

Substitua o primeiro parágrafo pelo seguinte novo parágrafo:

"All offices provided for the Engineer shall be of permanent construction with concrete foundations, 100 mm thick concrete floor slabs covered with vinyl tiles, plastered and painted brick walls, fitted ceilings and the roofing shall consist of "Chromadek" coated IBR steel sheeting. The window area shall be at least 25% of the floor area and approved burglar-proofing shall be fitted to all windows. All windows shall be fitted with curtains and all windows that can open shall be fitted with approved mosquito screens that can be opened to enable the occupants of the building to open and close the windows from inside the building. All outside doors shall be fitted with a lockable security gate and self-closing mosquito screen doors of which at least half the door area shall consist of mosquito screen. Each building shall be provided with a verandah on the front side running the full length of the building. The verandah shall be 1.5 m wide and shall have a 100mm thick concrete floor.

At the end of the contract the buildings will be handed over to the Employer and will remain his property."

Alternatively, the Employer may suggest to the Contractor to use one of its buildings as the Engineer offices. Any costs for the rehabilitation will be covered by the Contractor.

B1404 - SERVICES

(e) Survey Equipment

Adicione a seguinte nova subcláusula:

"The Contractor shall make available the following survey equipment to be used by the Engineer's staff as and when required to check the Contractor's setting out and completed work

- Electronic theodolite / total station
- Automatic level
- 5m levelling staff
- Theodolite target staffs
- Steel pegs as required
- 30m tape
- 5m tape
- Two survey assistants to work with the Engineer's staff.

No additional payment will be made for the above and all costs thereof shall be included in the Contractor's tendered rates under Payment Item B14.08(a) or elsewhere."

B1500 - ACCOMMODATION OF TRAFFIC

B1502 - GENERAL REQUIREMENTS

(a) Handing over the Site

Substitua o conteúdo desta subcláusula pelo seguinte:

"The road reserves of all the streets to be rehabilitated or reconstructed under this Contract will be handed over to the Contractor in sections or lengths as designated by the Engineer. The Contractor will be permitted to work on any structure or service within the length handed over provided that a free and safe flow of traffic is maintained at all times.

The Contractor's programme for the accommodation of traffic and any proposed deviation from the approved programme shall be subject to the Engineer's approval."

(b) Providing diversions

Adicione o seguinte:

"The reconstruction of the existing road in half-widths shall be required in order to provide access to residents and road users. Where possible through traffic should be accommodated by diverting it onto alternative streets but arrangements must be made to allow access to private and business properties at all times. All traffic diversions shall be adequately signposted to the satisfaction of the Engineer and adequate written notice must be given to all residents and property owners, or advertised on notice boards at either end of each street and in the local newspapers, at least two weeks in advance of any construction work commencing. Where accommodation of traffic by half width construction is in progress the Contractor must bear in mind the following restrictions:

- No length of half width accommodation of traffic shall be allowed to exceed one kilometre in length unless otherwise authorised by the Engineer in writing.
- "Stop and Go" procedures and signage shall be provided during the full period that the half width accommodation is in operation and where necessary operators of the Stop and Go sign boards shall have suitable, approved, radio communications.

- Should it be required to accommodate two-way traffic on a half width of road overnight the Contractor shall, in addition to providing operators of the Stop and Go boards, also provide, maintain and operate illuminated traffic signs at his own cost. Suitable, approved flood lighting shall be provided if deemed necessary by the Engineer.

Payment for the accommodation of traffic (including, inter-alia, for any and all of the requirements mentioned above) shall only be made under an all-inclusive payment item B15.01 which is measured once per kilometre of newly reconstructed road.

The Contractor shall keep the traffic police and the Engineer fully informed of changes in the normal traffic flow. The Contractor shall obtain the Engineer's approval for these changes."

Adicione as seguintes novas subcláusulas:

(i) Site safety officer

The Contractor shall nominate a competent member of his staff to act as site safety officer with specific responsibilities to ensure that the temporary traffic accommodation requirements comply with the Specifications. The Contractor shall provide the site safety officer with the necessary resources to enable him to carry out his duties efficiently. The site safety officer shall liaise directly with the Engineer regarding matters related to the control of traffic.

The site safety office shall, inter alia, control and co-ordinate the movement of construction vehicles, be responsible for training the Contractor's staff in terms of road safety, ensure that reflective clothing is worn by all employees working on or near public roads, be responsible for implementing actions requested by the traffic authorities with regard to the work to be carried out, be responsible for the erection and maintenance of all traffic signs necessary for the accommodation of traffic, ensure that all obstructions related to the Contractor's activities are removed before nightfall every day, and ensure that the roads are safe for night traffic. He shall also be available after hours if required to rectify problems or to deal with emergencies.

No additional payment will be made for the site safety officer. The rates tendered for Sections 1300 and 1500 shall be deemed to include full compensation for all costs pertaining to the site safety officer and his duties.

(j) Penalties for non-compliance with traffic accommodation requirements and specifications

The Contractor shall comply strictly with all accommodation of traffic requirements, specifications and instructions from the Engineer.

In the case of non-compliance on matters relating to safety, the Contractor shall immediately rectify any problems identified by the Engineer. The decision on whether a matter affects the safe passage of traffic or not, shall be strictly to the Engineer's decision.

Should the Contractor not comply with the instructions of the Engineer the following penalties will apply:

- on matters relating to safety after the second hour after receiving a verbal request from the Engineer or the Engineer's Representative, a penalty as specified in subclause 8.7 of Section V, Part II - Conditions of Particular Application.

- on matters related to construction work continuing after the specified maximum construction period for a particular section of street, a penalty as specified in subclause 8.7 of Section V, Part II - Conditions of Particular Application.

The imposition of the above penalties will not preclude the Engineer from stopping the works until the matter is rectified should the Contractor continuously disregard his instructions or should he feel the situation warrants this measure for safety reasons. Should the Engineer stop the works for any reason related to non-compliance with the specifications on accommodation of traffic, there will be no compensation for any costs incurred by the Contractor as result of such stoppage, nor will there be any extension of time granted as a result.

(k) Parking of Contractor's vehicles, plant and equipment

Should the Contractor park any of his vehicles or construction equipment within the road reserve at night, it shall be done in such a way that the vehicle does not encroach into the travelled way and it shall be properly illuminated and barricaded off with reflective delineators and temporary barriers to ensure safe passing by motorists."

B1503 - TEMPORARY TRAFFIC-CONTROL FACILITIES

(a) Traffic-control devices

Adicione o seguinte:

"Traffic-control facilities such as STOP and GO signs and two-way radios shall be available at both ends of those sections of the Works, where barricading of the road is required and only one-way traffic is accommodated. A set of two-way radios in good working order shall be made available where required.

When movable temporary signs are used, provision shall be made for sandbags on the sign bases to prevent the signs from being overturned by wind or by eddies behind moving traffic."

(b) Road signs and barricades

Adicione o seguinte:

"The retro-reflective coefficients determined according to the methods of SABS 1519, shall be at least 60% of the values given in table 1 of SABS 1519.

The classes shall be as specified in sub-clause 5402(g) of the Standard Specifications.

Road signs that do not comply with these standards shall be cleaned, retested or removed from the site and replaced with approved road signs."

(c) Channelisation devices and barricades

Adicione o seguinte:

"Drums shall not be used as channelization devices. However, white painted, drums may be used to erect barriers as provided for in sub-clause 1503(d). The drums may only be ballasted with water which shall not fill more than a third of the drum.

Delineators shall comply with the following requirements:

- A minimum contrast ratio of 4 shall exist between the yellow class 1 retro-reflective material and the black non-reflective material.
- Delineators shall be affixed in a flexible manner to the base units and shall be able to withstand wind speeds of at least 60 km/h without overturning. The bases shall be stabilized by means of sandbags.
- The bottom edge of the delineator shall not be more than 200mm above the road surface.
- The maximum spacing between delineators shall be 15 m.
- Traffic cones shall only be used as temporary delineators for road marking operations to keep vehicles off the wet paint. They may not be used for any other operation in place of delineators."

B 1513 - ACCOMMODATION OF TRAFFIC WHERE THE ROAD IS CONSTRUCTED IN HALF WIDTHS

Adicione o seguinte:

"The Contractor shall arrange his activities so that construction traffic and equipment do not unnecessarily obstruct public traffic or force it to a complete standstill. The flow of public traffic shall always take precedence and the Contractor shall not stop or delay public traffic using the half widths to make way for construction traffic."

B1600 - OVERHAUL

Adicione o seguinte:

"(b) Overhaul will only be payable where specific overhaul items are provided in the respective sections of the Bill of Quantities. If no overhaul payment items are provided the cost of hauling any construction materials either onto or off the site shall be deemed to be included in the relative tendered rates."

B1700 - CLEARING AND GRUBBING

B1703 - EXECUTION OF WORK

Adicione a seguinte subcláusula adicional:

"(e) Clearing and grubbing at inlets and outlets of hydraulic structures

All vegetation and shrubs which may impede the inflow or discharge of storm water through culverts, shall be cleared and grubbed as directed by the Engineer, and the resulting debris shall be disposed of at an approved spoil site."

B1704 - MEASUREMENT AND PAYMENT

Adicione os seguintes itens de pagamento:

"Item

Unit

B17.01 - CLEARING AND GRUBBING SHOULDERS, MEDIAN AREAS, SIDE DRAINS AND HECTARE PEDESTRIAN SIDEWALKS ONLY WHERE INSTRUCTED BY THE ENGINEER

The unit of measurement shall be the hectare (= 10 000 m²) of existing street shoulder area, median area, side drain or pedestrian sidewalk which, in the opinion of the Engineer, needs clearing and grubbing of vegetation (as opposed to just the removal of sand and rubbish/refuse which is not paid for separately and is deemed to be included in the rates tendered for the relevant items of work) before work can commence. This item shall be measured and paid only for those areas where the Engineer has requested clearing and grubbing in writing.

B2200 - PREFABRICATED CULVERTS

B2205 - EXCAVATION FOR CONSTRUCTION BY THE TRENCH METHOD

Adicione o seguinte à subsecção 2205 (b) Largura da escavação:

"The excavation for any pipe culverts or box culvert units shall be a maximum of 600 mm wide on each side of the pipe or box culvert units. Any excavation, or subsequent collapse of the sides of the excavation, wider than 600 mm on either side of the pipe or box culvert units shall not be measured or paid for and the Contractor shall carry the cost of any additional excavation and of the additional backfilling subsequently required."

Adicione a seguinte nova subcláusula:

"(c) Safety and shoring of excavations

The Contractor shall be fully responsible for ensuring that all trench excavations are adequately and correctly shored to prevent any collapse of the sides of the excavation which could endanger workers in the trench or lead to subsidence of the adjacent road pavement layers, sidewalks, manholes and any nearby buildings. All excavations shall also be safely barricaded to prevent any pedestrians or vehicles from falling into them.

The cost of providing, erecting, maintaining and subsequent removal of all materials and equipment required for the shoring and barricading of excavations shall not be paid for separately and shall be deemed to be included in the rates tendered for the relevant items of work."

If, in the opinion of the Engineer, any trench excavations are inadequately shored the Engineer's Representative on site shall have the authority to stop the Works until adequate shoring has been installed. This shall in no way relieve the Contractor of his obligation to ensure the safety of his workers as well as the safety of any other persons or property in the vicinity of the excavations."

The cost of relocating any services shall be agreed with the Engineer before any work commences. Full substantiation of all the costs involved shall be provided to the Engineer.

B3100 - BORROW MATERIALS

B3102 - NEGOTIATIONS WITH OWNERS AND AUTHORITIES

Substitua o primeiro parágrafo desta cláusula pelo seguinte:

"The Contractor will be solely responsible for all obligations and costs in respect of negotiations with and compensation of the owners of the land on which the borrow areas are situated, irrespective of whether the borrow pits have been previously identified by the Engineer or found by the Contractor."

B3104 - OBTAINING BORROW MATERIALS

(a) General

Substitua esta subcláusula pelo seguinte:

"The Contractor will be responsible for locating and obtaining all the construction materials he requires and shall be responsible for carrying out all materials investigations regarding the location and use of borrow pits and quarries.

The results of the Contractor's construction material test results shall be submitted to the Engineer for information purposes and where necessary the Engineer will comment thereon. The responsibility for ensuring that all construction materials used on the project conform to the specified requirements remains with the Contractor and the Engineer will only carry out quality acceptance control tests on materials after they have been delivered to the site for use in the Works."

The cost for all such work required for locating, testing and procuring construction materials shall be deemed to be included in the Contractor's other rates tendered for the construction of the Works as specified."

B3400 - PAVEMENT LAYERS OF GRAVEL MATERIAL

B3407 - MEASUREMENT AND PAYMENT

Adicione os seguintes novos itens de pagamento:

"Item

Unit

B34.01 - PAVEMENT LAYERS CONSTRUCTED FROM SAND OR GRAVEL OBTAINED FROM CUT OR BORROW, INCLUDING FREE-HAUL UP TO 1.0 KM

- (j) Subgrade layer constructed from existing road pavement layers which have been ripped and reshaped to suit the new design levels required and compacted to 93% of modified AASHTO density.

cubic metre

The unit of measurement shall be the cubic metre of existing pavement material which has been ripped up and broken up or milled in situ, reshaped to suit the new road design levels and compacted to the required thickness and density.

The tendered rate shall include for all the items of work involved as specified in payment item 34.01 in the Standard Specifications as well as for surveying the road to produce cross-sections at 20 m intervals before the existing road is ripped up and after the reconstructed subgrade layer has been constructed. These cross-sections shall be submitted to the Engineer who will use them to determine the quantities payable under this payment item B34.01(j), under payment item B34.01(k) and also under payment items 34/33.04, 34/16.01 and 34/16.02.

(k) Extra over Item B 34.01(j) for importing and mixing in additional sand

(l) Subgrade material obtained from approved borrow pits including 1.0 km free haul.

cubic metre

The unit of measurement shall be the cubic metre of material obtained from the approved borrow pit, loaded, hauled for a freehaul distance of 1.0 km, placed on site and homogeneously mixed in with the existing subgrade material before being compacted to the required layer thickness and density."

B3500 - STABILIZATION

B3503 - CHEMICAL STABILIZATION

(d) Watering

No final desta subcláusula, adicione o seguinte:

"The stabilizer shall be mixed in by mechanical means (grader and/or plough and/or rotovator/pulvimixer) to the full depth of the layer and the compaction water shall then be added until a uniform moisture content within 1% of field optimum compaction moisture content is obtained. The moisture content shall be checked on site at regular intervals during mixing to ensure the uniformity and the value specified is achieved. The control of the moisture content is vital to reduce shear cracks from compaction. The Troxler or similar nuclear devices shall not be used for this moisture determination and the in-situ moisture determination tests shall be carried out on site with a "Speedy Moisture Tester" which has been correctly correlated with laboratory determined moisture contents."

(h) Construction Limitations

Na Tabela 3503/1, é alterado o seguinte:

"The maximum time for completion of the mixing and compaction of any stabilised layer after the Contractor first starts to mix the cement stabilizing agent into the gravel material to be stabilized shall be 4 hours. The Contractor shall plan his stabilization operations to ensure that the sections being stabilized can be completed within 4 hours."

B3505 - TOLERANCES

(b) Uniformity of mix

Substitua esta subcláusula pelo seguinte:

"(b) Uniformity of mix (chemical stabilization)

The uniformity of mix shall be assessed by sampling and testing the quantity of cementitious binder in the mixed material as specified in subclause 7109(a). The quantity of cementitious binder in the mixed material shall be within the limits specified in the statistical judgement plan described in clause 7205.

Samples for the determination of the uniformity of mix shall be taken immediately after the material has been mixed with the water and stabilizer, and spread, but before the layer is compacted, and the Contractor shall therefore make the necessary arrangements timeously and allow for the time required to collect the samples.

As described in Clause 7109(a), test results shall be adjusted to make allowance for minerals present in the material to be stabilized, which may affect the test results. The above requirements for uniformity of mix shall be applied only on condition that the variation in these adjustments falls within the limits specified in Clause 7109. The coefficient of variation may not exceed 0,3 (30 %).

B5800 - FINISHING THE ROAD AND ROAD RESERVE AND TREATING OLD ROADS

B5801 - SCOPE

Adicione o seguinte:

“The road and the road reserve shall include the full width of the existing streets and sidewalks which are rehabilitated or reconstructed under this contract.”

B5804 - MEASUREMENT AND PAYMENT

Adicione o novo item de pagamento a seguir:

“Item	Unit
-------	------

B58.01 - FINISHING THE ROAD AND ROAD RESERVE

(c) Existing streets and sidewalks

kilometre

The unit of measurement shall be the kilometre measure once along the centreline of the street or, in the case of a dual carriageway road separated by a median dividing island, once along the centreline of each carriageway.

The tendered rate shall include full compensation for the removal to an approved spoil site of all surplus construction materials as well as for the removal of any sand, silt, stone, rubbish or any other deleterious material which has accumulated during the construction period.”



ANEXO K

REGRAS PARA DESENHOS DE UM PROJECTO EXECUTIVO DE ESTRADAS URBANAS MUNICIPAIS

1. INFORMAÇÃO GERAL

A informação contida neste Anexo foi adaptada do documento “*Drawings Required for a Roadworks Contract*”, produzido pela *Main Roads Western Australia*, Documento Nº D12#66464, revisão 6ª, de 31 de Agosto de 2015, mainroads.gov.au. Este site contém desenhos padronizados que exemplificam os vários tipos de desenho aqui abordados.

É da responsabilidade do projectista produzir um conjunto adequado de desenhos executivos para construção. Cada projecto tem requisitos diferentes, dependendo do método de entrega, escopo dos trabalhos, etc.

Mais abaixo está uma lista dos tipos de desenho que podem ser necessários para um projecto de estradas. O conjunto de exemplos para cada tipo de desenho pode ser consultado no *site* acima citado.

Pode ser desejável em certos contratos, dependendo da quantidade de informação e pormenores necessários para cada desenho, que vários desenhos sejam combinados para formar um comum. Por exemplo, as plantas de trabalhos de acomodação, drenagem e serviços podem ser combinados para formar um único desenho.

O Resumo do Projecto ou o Escopo dos Trabalhos e Critérios Técnicos, incluirá uma lista dos desenhos necessários para cada projecto em particular. Os desenhos contidos nessa lista representam o mínimo a produzir, pelo que outros desenhos específicos do projecto devem ser produzidos conforme necessário.

2. DESENHOS GERAIS

2.1. FOLHA DE COBERTURA

Deve incluir:

- Nome do projecto;
- Secção da estrada ou nome da rua;
- Autoridade local;
- Número de contrato.

Lista do conjunto de desenhos, ex:

- Plantas de localização;
- Plantas topográficas;
- Plantas e perfis longitudinais;

- Secções transversais;
- Passagens hidráulicas;
- Desenhos de sinalização;
- Desenhos de iluminação pública;
- Desenhos padronizados.

2.2. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E ÍNDICE

A incluir:

- Planta de localização (escala a adequar);
- Nome do projecto;
- Secção de estrada ou nome da rua;
- Nome do município;
- Índice de todos os Desenhos.

Nota: Pode ser necessário produzir um desenho separado para a Planta de Localização e outro separado para o Índice.

2.3. CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

A incluir:

Geometria

- Velocidade de dimensionamento (horizontal e vertical);
- Velocidade regulamentar;
- Tipos de veículos para o dimensionamento;
- Variações da distância de visibilidade padrão.

Drenagem

- Período de retorno;
- Largura influência do pavimento;
- Nível de prestação do pavimento;
- Critérios de dimensionamento da bacia de retenção (se aplicável).

Pavimentos

- Metodologia(s) para o Dimensionamento do Pavimento.

Iluminação pública

- Categoria da iluminação;
- Semáforos.

Diversos

- Barreiras de segurança / Guardas;
- Barreiras sonoras;
- Muros de contenção.

2.4. PLANTA TOPOGRÁFICA

A incluir: (Escala - 1: 1000 ou 1: 2000)

- Grelha de coordenadas UTM;
- Curvas de nível do terreno existente;
- Localização dos marcos topográficos e de apoio;
- Tabelas de coordenadas y, x, z dos marcos de referência e de apoio;
- Limites da estrada existente (se aplicável);
- Pormenores de infraestruturas existentes, tais como casas, ruas, aquedutos, valas, vedações, etc.;
- Limites cadastrais;
- Elementos importantes, tais como pontes, rios, estradas principais, etc.;
- Marca do Norte geográfico.

2.5. PLANTA ESQUEMÁTICA / CONCEPTUAL

A incluir: (Escala - 1: 1000 ou 1: 2000)

- Pormenores de infraestruturas existentes, tais como casas, ruas, aquedutos, valas, vedações, etc.;
- Alinhamento proposto ou linha de referência;
- Proposta de plantas esquemáticas da estrada;
- Limites cadastrais;
- Limites dos espaços necessários;
- Limites do local;
- Pontos de acesso ao local;
- Ruas do local;
- Áreas com restrição, tais como locais históricos, estradas fechadas, vegetação especial, árvores moribundas, etc.

2.6. PLANO DE ESCALONAMENTO DOS TRABALHOS

A incluir: (Escala - 1: 2000, 1: 5000 ou conforme a necessidade)

- Etapas de construção propostas, representadas através de texturas diferentes;
- Estruturas propostas;
- Trabalhos temporários, tais como desvios, alinhamentos temporários, etc.;
- Ligações à etapa de construção anterior.

2.7. PLANTA DE SERVIÇOS / UTILITÁRIOS

A incluir: (Escala - 1: 250, 1: 500 ou 1: 1000)

- Alinhamento proposto;
- Elementos levantados existentes;
- Grelha de coordenadas;
- Limites cadastrais;
- Limites dos espaços necessários;
- Tubagens e estruturas de drenagem existentes;
- Drenagem proposta e tubagem da drenagem subterrânea e estruturas;
- Serviços existentes e propostos;
- Postes de iluminação existentes e propostos, poços, negativos, etc.;
- Barreiras de segurança / guardas;
- Rampas para pedestres;
- Protecção de rochas.

Nota: Pode ser possível combinar este desenho com a planta de drenagem e/ou o *layout* da intersecção, se o espaço o permitir.

As plantas dos serviços devem ser apresentadas a cores, destacando os diferentes serviços propostos e existentes, enquanto que as informações básicas e o *design* proposto devem ser mostrados em monocromático.

2.8. PLANTA E PERFIL

A incluir: (Escala - 1: 1000H / 1: 100V ou 1: 2000H / 1: 200V)

Planta

- Grelha de coordenadas;
- Alinhamento proposto;
- Elementos existentes;
- Limites cadastrais;
- Limites do espaço necessário;
- Curvas de nível do terreno existente;
- Drenagem adjacente;
- Marcos de apoio;
- Legenda das linhas de referência e de limite;
- Linha de referência das progressivas;
- Nomes das estradas;
- Símbolo do Norte geográfico;
- Largura de faixa de rodagem e berma ou passeios (se aplicável).

Perfil

- Linha de referência principal;
- Linhas do limite;
- Linha do terreno existente;
- Legenda das linhas de referência, bordas e terreno existente;
- Altimetria da linha de referência;
- Altimetria do terreno existente;
- Altimetria das bordas;
- Informação sobre corte e aterro;
- Localização do tipo de pavimento;
- Locais da barreira de segurança;
- Progressiva;
- Sobrelevação;
- Geometria horizontal e vertical da linha de referência.

2.9. EXTENSÃO DO PAVIMENTO E TIPOS DE REVESTIMENTO

A incluir: (Escala - 1: 500, 1: 1000 ou 1: 2000)

- Projecto proposto;
- Estrada existente a ser mantida;
- Limites do pavimento proposto e existente;
- Legenda do pavimento.

2.10. SECÇÕES TRANSVERSAIS

A incluir: (Escala - 1: 100, 1: 200 ou 1: 400 H & V)

- Secções propostas e existentes;
- *Offsets* propostos e altimetria;
- Altimetria existente;
- Inclusão de serviços específicos, conforme requerido;
- Legenda das linhas;
- Destacar a linha de referência;
- Intervalos de 10m, 20m, 40m ou 50m, conforme necessário;
- Secções transversais específicas, conforme necessário.

2.11. LAYOUT DE INTERSECÇÕES

Para incluir: (Escala - 1: 250 ou 1: 500)

- Projecto proposto;
- Elementos existentes levantados;
- Limites cadastrais;
- Limites do terreno necessário;
- Áreas comuns;
- Áreas de alargamento;
- Serviços existentes e propostos;
- Aquedutos, drenagem e drenagem adjacente;
- Legenda das linhas;
- Raios da curva;
- Pontos de tangente;
- Dimensões típicas;
- Larguras da plataforma, faixa de rodagem, bermas (ou passeios);
- Referência do veículo do projecto.

2.12. SECÇÕES TRANSVERSAIS TIPO

A incluir: (Escala - 1:50, 1: 100 ou adequado)

- Secções transversais típicas representativas;
- Dimensões típicas;
- Inclinação transversal e taludes;
- Inclinação dos taludes e pormenores;
- Detalhes específicos do projecto;
- Transição da sobrelevação e pormenores;
- Tratamento do abaulamento.

2.13. TIPOS DE PAVIMENTOS TÍPICOS

Para incluir: (Escala - 1:50, 1: 100 ou adequado)

- Secções transversais típicas representativas;
- Dimensões típicas;
- Detalhes do pavimento;
- Tipo e limites do material do pavimento;
- Profundidade das camadas do pavimento;
- Referência ao relatório do dimensionamento do pavimento;
- Detalhes específicos do projecto.

3. DRENAGEM

3.1. PLANO ESTRATÉGICO DE DRENAGEM

Para incluir: (Escala - 1: 2000, 1: 5000 ou conforme a necessidade)

- Projecto proposto;
- Elementos existentes levantados;
- Redes de drenagem propostas e existentes;
- Drenos e bacias de retenção propostas e existentes;
- Limites cadastrais;
- Limites da área de terreno necessária.

3.2. PLANTA DA DRENAGEM

Para incluir: (Escala - 1: 250, 1: 500 ou 1: 1000)

- Projecto proposto;
- Elementos existentes levantados;
- Grelha e coordenadas UTM;
- Limites cadastrais;
- Limites de exigência de terra;
- Tubagem e estruturas de drenagem existentes;
- Drenagem proposta e tubagem de drenagem subterrânea e estruturas;
- Tabela das estruturas de drenagem, incluindo coordenadas de implantação, cotas altimétricas e tipo;
- Dimensão da tubagem, nível invertido, classe e comprimento;
- Barreiras de segurança;
- Rampas para pedestres;
- Protecção contra rochas.

3.3. QUADRO DOS AQUEDUTOS

A incluir uma tabela de dimensões dos aquedutos mostrando:

- Tipo de aquedutos;
- Coordenadas de implantação para os detalhes de entrada e saída;
- Referência da progressiva;
- Tamanho e classe do tubo;
- Nível invertido do tubo;
- Detalhes de protecção de rochas;
- Detalhes específicos do projecto.

3.4. SECÇÕES TRANSVERSAIS DO AQUEDUTO (CULVERT)

A incluir: (Escala - 1:50, 1: 100 ou 1: 200)

- Secções propostas e existentes;
- Distâncias ao eixo e cotas altimétricas;
- Níveis existentes;
- Tubagens e estruturas de drenagem existentes;
- Detalhes de tubagem existente, ou seja, diâmetro do tubo, níveis invertidos, etc.;
- Secções transversais específicas, conforme necessário.

4. MARCAÇÃO DE PAVIMENTOS E SINALIZAÇÃO

4.1. MARCAÇÃO DE PAVIMENTOS E SINALIZAÇÃO SECUNDÁRIA

A incluir: (Escala - 1: 250 ou 1: 500)

- Marcações propostas de pavimentos, tais como setas, ilhas e linhas de espera;
- Localização dos sinais secundários propostos;
- Reflectores (olhos de gato) propostos;
- Marcações existentes a manter;
- Marcações e sinais existentes no pavimento a serem removidos, substituídos e/ou relocados, larguras das faixas de rodagem e bermas;
- Legenda das linhas necessárias para marcação do pavimento;
- Informações de implantação necessárias para a instalação das marcações do pavimento.

4.2. SINALIZAÇÃO PRINCIPAL

A incluir: (Escala - 1: 500 ou 1: 1000)

- Marcações propostas de pavimentos, setas, ilhas e linhas de espera;
- Localização dos sinais principais propostos;
- Proposta de reflectores elevados: marcações existentes no pavimento e faixa de rodagem a permanecer.

4.3. SINAL DE DIRECÇÃO DE INTERSECÇÃO

A incluir: (Escala para se adequar)

- Detalhes e dimensões do painel de assinaturas;
- Detalhes da instalação de assinaturas;
- Critérios de reforço e pós-design;
- Tipos e cores de materiais.

4.4. PAINÉIS DE DIRECCIONAMENTO/INFORMATIVOS

A incluir: (Escala para se adequar)

- Detalhes e dimensões do painel;
- Detalhes de instalação dos painéis;
- Rigidez e critérios de dimensionamento dos postes;
- Tipos e cores de materiais.

4.5. QUADRO PARA IMPLANTAÇÃO DOS POSTES

Incluir:

- Número do desenho e referência do painel;
- Progressiva e posição;
- Número do sinal;
- Descrição do sinal;
- Número de localização;
- Classe do material reflector;
- Quadro dos postes.

5. ARRANJOS PAISAGÍSTICOS

5.1. CONCEITO DOS ARRANJOS

A incluir: (Escala - 1: 500, 1: 1000 ou 1: 2000)

- Alinhamento da estrada proposto;
- Plano de plantio proposto;
- Limites cadastrais;
- Limites da área necessária;
- Elementos existentes levantados;
- Secção transversal típica;
- Detalhes específicos do projecto.

5.2. PROJECTO DE PAISAGISMO

A incluir: (Escala - 1: 500, 1: 1000 ou 1: 2000)

- Alinhamento da estrada proposto;
- Plano de plantio proposto;
- Grelha de coordenadas UTM;
- Limites cadastrais;

- Limites da área necessária;
- Limites de terreno necessário;
- Plano de plantio;
- Detalhes específicos do projecto.

5.3. LIMPEZAS E GESTÃO DO SOLO SUPERFICIAL

A incluir: (Escala - 1: 500, 1: 1000 ou 1: 2000)

- Projecto proposto;
- Áreas mínimas de limpeza;
- Áreas completas de limpeza;
- Áreas de limpeza selectivas;
- Áreas de tratamento com herbicidas;
- Pavimento existente a ser removido;
- Vegetação existente a ser mantida;
- Detalhes específicos do projecto.

6. DESENHOS PADRONIZADOS

Todos os desenhos padrão relevantes devem ser incluídos e listados na folha de Índice.

O Ministério das Obras Publicas e Habitação, agradece aos parceiros estratégicos institucionais que de forma articulada e institucionalizada sustentam as acções institucionais do Projecto de Desenvolvimento Urbano e Local desenvolvido pelo: Ministério da Administração Estatal e Função Publica, Ministério da terra e Ambiente.

Agradece-se também pela oportunidade e pela colaboração activa com a Associação Moçambicana dos Municípios no continuo aprimoramento para a produção do primeiro guião metodológico nacional fruto do trabalho de profissionais e consultores nacionais. A todos municípios que contribuíram para a produção desta publicação através da partilha das suas experiências e boas praticas, vai aqui o nosso muito obrigado.

Agradece-se também aos profissionais e especialistas pelas suas importantes contribuições para a condução, produção e a procura contínua de qualidade do produto final.

.....

