

**ESTUDO DE MACRODRENAGEM DO
MUNICÍPIO DE
LENÇÓIS PAULISTA - SP**



Relatório Final das Atividades

FEHIDRO/2014

TOMADOR DOS RECURSOS:



EMPRESA EXECUTORA:



ORIGEM DOS RECURSOS:



COLEGIADO:



AGENTE TÉCNICO:



INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE O EMPREENDIMENTO

A Elaboração de Estudos de Macrodrenagem do Município de Lençóis Paulista - SP, é objeto de empreendimento financiado pelo Fundo Estadual de Recursos Hídricos do estado de São Paulo (FEHIDRO) e foi indicado pelo comitê de Bacias Hidrográficas do Tietê/Jacaré - CBH-TJ, através da deliberação CBH-TJ 03/2013 de 28 de Junho de 2013.

Informações:

- **TOMADOR:** PREFEITURA MUNICIPAL DE LENÇÓIS PAULISTA
- **CÓDIGO DO EMPREENDIMENTO:** 2013 - TJ - 290
- **Nº DO CONTRATO:** 059/2014



CONTRATANTE:

PREFEITURA MUNICIPAL DE LENÇÓIS PAULISTA

CNPJ: 46.200.846/0001-76

PRAÇA DAS PALMEIRAS, 55

CEP: 18.682-900

FONE/FAX: (14) 3269-7000

CONTRATADA:

MEP CONSULTORIA E AMBIENTAL LTDA

CNPJ: 12.561.325/0001-22

RUA COSTA E LIMA, 209

BAIRRO: BOA VISTA

CEP: 17.501-500

MARÍLIA - SP

TELEFONE: (14) 3413-5643



EQUIPE TÉCNICA

- **ENGENHEIRO CIVIL:**
ANDRÉ PAVARINI / CREA - 5061281496
- **ARQUITETA:**
TASSIANE PEPE / CAU - 5061508879
- **TÉCNICO EM INFORMÁTICA:**
LUIZ CARLOS GALLI NETO
- **ENGENHEIRO AGRIMENSOR:**
RENATO CÉSAR BURANELLO / CREA - 0601303185-SP
- **TÉCNICO EM TOPOGRAFIA:**
CHIGUEO SÉRGIO YOKOGAWA / CREA - 506.177.874-9
- **AUXILIARES DE CAMPO:**
KLEBER GONÇALVES VIANA
BENTO ROBERTO DIAS DA SILVA
ANDERSON RICARDO DA SILVA
- **AUXILIARES DE TOPOGRAFIA:**
LEONARDO PINHEL
JOÃO RICARDO ROJO ALFERES BERTONCINI
ARNALDO AUGUSTO SARAIVA



SUMÁRIO

FIGURAS	14
TABELAS	16
GRÁFICOS.....	18
1 – APRESENTAÇÃO	19
2 – INTRODUÇÃO	20
3 – CARATERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO.....	22
3.1 – PERFIL SÓCIO–ECONÔMICO	23
3.1.1 – DENSIDADE DEMOGRÁFICA:	24
3.1.2 – TAXA GEOMÉTRICA DE CRESCIMENTO ANUAL DA POPULAÇÃO:	25
3.1.3 – GRAU DE URBANIZAÇÃO:.....	26
3.1.4 – TAXA DE MORTALIDADE INFANTIL:.....	26
3.1.5 – ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO MUNICIPAL – IDHM:	27
3.1.6 – OUTROS INDICADORES:.....	28
3.2 – POLÍTICA URBANA.....	31
3.3 – USO DO SOLO RURAL.....	32
3.3.1 – PRINCIPAIS CULTURAS IDENTIFICADAS NO TERRITÓRIO DE LENÇÓIS PAULISTA.....	32
3.3.2 – PRINCIPAIS ATIVIDADES DE EXPLORAÇÃO ANIMAL EM LENÇÓIS PAULISTA.....	35
3.4 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA	36
3.5 – SANEAMENTO E RESÍDUOS SÓLIDOS	38
3.6 – ACERVO E BASE DE DADOS DO MUNICÍPIO	39
3.7 – HIDROLOGIA REGIONAL	39
3.7.1 – PLUVIOMETRIA	41
3.7.2 – FLUVIOMETRIA	43
3.7.3 – DISPONIBILIDADE HÍDRICA	43
3.8 – CLIMA	44
4 – DEFINIÇÃO DAS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO	46

5 – CONSEQUÊNCIAS DA URBANIZAÇÃO NA DRENAGEM DAS BACIAS DE LENÇÓIS PAULISTA	47
6 – O ESTUDO DA MACRODRENAGEM DE LENÇÓIS PAULISTA.....	51
6.1 – PRINCÍPIOS BÁSICOS	52
7 – HIDROLOGIA URBANA DE LENÇÓIS PAULISTA	53
7.1 – PERÍODO DE RETORNO.....	55
7.2 – TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	56
7.2.1 - PRECIPITAÇÃO MÁXIMA PONTUAL: IDF	60
8 – ELEMENTOS DE MICRODRENAGEM URBANA DE LENÇÓIS PAULISTA	61
8.1 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS COMPONENTES	62
9 – DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES	63
9.1 – RUAS E SARJETAS	63
9.2 – BOCAS-DE-LOBO	64
9.3 – GALERIAS	66
9.4 – POÇOS DE VISITA.....	67
9.5 – REDUÇÃO DA CAPACIDADE DE ESCOAMENTO.....	68
10 – PROGRAMAS DE DRENAGENS	70
10.1 – ATIVIDADES TÉCNICAS DE UM PROGRAMA DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS	70
11. – CONSOLIDAÇÃO DA LEGISLAÇÃO APLICÁVEL A DRENAGEM URBANA	83
11.1 – CONSTITUIÇÃO FEDERAL	83
11.1.1 – DIREITO AO MEIO AMBIENTE ECOLOGICAMENTE EQUILIBRADO	83
11.1.2 – GARANTIA DA FUNÇÃO SOCIOAMBIENTAL DA PROPRIEDADE URBANA.....	83
11.1.3 – O PAPEL DO MUNICÍPIO NA TUTELA DO MEIO AMBIENTE URBANO	85
11.1.4 – DOMÍNIO DA ÁGUA.....	85
11.1.5 - SANEAMENTO BÁSICO	86
11.2 – ESTATUTO DAS CIDADES.....	86
11.3 – POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE.....	87
11.3.1 - CONCEITOS	87



11.4 - LICENCIAMENTO AMBIENTAL	89
11.5 - CÓDIGO FLORESTAL, PLANO DE DRENAGEM E APP URBANA	93
11.6 - ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)	95
11.7 - RIOS, CURSOS D'ÁGUA E NASCENTES	95
11.8 - PLANO DIRETOR ESTRATÉGICO	97
11.9 - LEI DAS PISCININHAS	105
11.10 - OUTORGA DE RECURSOS HÍDRICOS	106
12 – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO DOS PONTOS DE INUNDAÇÃO	109
13. - RELATÓRIO TOPOGRÁFICO	122
14 – MACRODRENAGEM	128
15. – ELEMENTOS DA MACRODRENAGEM.....	129
15.1. – DIMENSIONAMENTO DAS OBRAS.....	129
15.1.1 – GALERIAS E CANAIS	129
15.2. – METODOLOGIA DE CÁLCULO DE GALERIAS E CANAIS	135
15.2.1 – DEFINIÇÃO DOS FATORES DE ATRITO.....	136
15.2.2 – COMPOSIÇÃO DA RUGOSIDADE	139
15.2.3 – REGIME DE ESCOAMENTO	141
15.2.4 – BORDA LIVRE.....	142
15.3. – DISPOSITIVOS DE ARMAZENAMENTO	143
15.3.1 – DISPOSIÇÃO LOCAL.....	145
15.3.2 – CONTROLE DE ENTRADA.....	146
15.3.3 – DETENÇÃO NA ORIGEM	146
15.3.4 – DETENÇÃO EM LINHA	146
15.3.5 – DETENÇÃO LATERAL.....	147
16 – INTERVENÇÕES NÃO-ESTRUTURAIS	147
16.1 – CONTROLE DO USO DO SOLO URBANO	148
16.2 – SEGURO INUNDAÇÃO	149
16.3 – CONVIVÊNCIA COM AS INUNDAÇÕES	149
16.4 – SISTEMA DE ALERTA, SUPERVISÃO E CONTROLE DE CHEIAS	150
16.5 – PROGRAMAS DE MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO.....	151
16.6 – IMPLANTAÇÃO DA DIVISÃO DE DRENAGEM	152
16.7 – IMPLANTAÇÃO DA TAXA DE ÁREA PERMEÁVEL DOS LOTES	152
16.8 – LEGISLAÇÕES RELACIONADAS À COBRANÇA DE TAXA DE DRENAGEM	153



16.9 – REGULAMENTAÇÃO PARA ÁREAS EM CONSTRUÇÃO	153
16.10 – CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO	154
16.11 – MAPEAMENTO.....	154
16.12 – ÁREAS VERDES	155
16.13 – VARRIÇÃO DE RUAS	156
16.14 – CONTROLE DA COLETA E DISPOSIÇÃO FINAL DO LIXO.....	156
16.15 – EDUCAÇÃO AMBIENTAL DA POPULAÇÃO	157
17 – INTERVENÇÕES ESTRUTURAIS.....	157
18 – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS.....	158
18.1 – ASPECTOS AMBIENTAIS.....	158
18.1.1 – BOTA – FORA.....	158
18.1.2 – EROÇÃO	159
18.1.3 – VEGETAÇÃO	159
18.2 – LIMPEZA DE ÁREA.....	160
18.3 – CANTEIRO	160
18.4 – TAPUMES / CERCAS.....	160
18.5 – PLACAS.....	161
18.6 – SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS.....	161
18.7 – REDES DE CONCESSIONÁRIAS	161
18.8 – CONTROLE TECNOLÓGICO.....	162
18.9 – MODIFICAÇÃO DE PROJETOS E CADASTRO	162
19 – PROGRAMAÇÃO E CONTROLE	162
19.1 – EXECUÇÃO.....	168
19.1.1 – SERVIÇOS PRELIMINARES.....	168
19.1.2 – OPERAÇÕES CONSTRUTIVAS	168
19.1.3 – PRÉ - MOLDADOS.....	169
19.1.4 – PROTEÇÃO DAS OBRAS.....	169
19.2 – CONDIÇÕES DE RECEBIMENTO	169
19.2.1 – GUIAS.....	169
19.2.2 – FORMAS	170
19.2.3 – CONCRETO	171
19.2.4 – BOCAS DE LOBO E POÇOS DE VISITA.....	171
19.2.5 – ALVENARIA DE BLOCOS.....	171
19.2.6 – ARMAÇÃO.....	173



19.2.7 – CONCRETO ESTRUTURAL	174
19.2.8 – CONTROLE	175
19.3 – MATERIAIS PARA CONCRETO – ESPECIFICAÇÕES	178
19.3.1 – AGREGADOS:.....	178
19.3.2 – CIMENTO	179
19.3.3 – ÁGUA	179
19.3.4 – ADITIVOS.....	179
19.4 – GENERALIDADES.....	180
19.4.1 – LASTRO DE BRITA E PÓ DE PEDRA	180
19.4.2 – PREPARAÇÃO PARA PLANTIO.....	181
19.4.3 – TUTORES.....	183
20. - SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS	204
20.1. - INTRODUÇÃO.....	204
20.2. - ELEMENTOS DO SISTEMA PROJETADO:.....	205
20.2.1. - DEFINIÇÕES DOS ELEMENTOS:.....	205
20.3. - PARÂMETROS DE PROJETO	206
20.4. - FÓRMULAS UTILIZADAS	208
20.4.1. - MÉTODO RACIONAL.....	208
20.4.2. - CÁLCULO DA CAPACIDADE DE VAZÃO DE UMA SARJETA:.....	209
20.4.3. - CÁLCULO DAS GALERIAS DE ÁGUAS PLUVIAIS:.....	209
20.5. - CÁLCULOS	210
20.5.1. - VAZÕES DAS SUB-BACIAS	210
20.5.2. - GALERIAS DE TUBOS	210
20.6. - DESTINO DAS ÁGUAS PLUVIAIS	211
21 – CANALIZAÇÃO DE CÓRREGOS	211
21.1. - LOCAÇÃO DA OBRA	211
21.2. - LIMPEZA DO TERRENO.....	211
21.3. – ESCAVAÇÃO.....	212
21.4 - ESCAVAÇÃO COMUM.....	213
21.5 - ESCAVAÇÃO COM EXPLOSIVOS	213
21.6 – CANAIS.....	213
21.7 - CANAIS EM CONCRETO.....	214
21.8 - CANAIS EM SOLO COM PROTEÇÃO DE ENROCAMENTO.....	215
21.9. - CANAIS EM GABIÃO	216



21.10. - CANAIS COM REVESTIMENTO SUPERFICIAL EM GRAMA ...	218
21.11. - MANUTENÇÃO DA SUPERFÍCIE GRAMADA	220
21.12. - CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO	220
21.12.1. – MEDIÇÃO	220
22 – MEMORIAL DESCRITIVO PARA O ESTUDO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO	221
22.1 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS	222
22.1.1. - DECLIVIDADE EQUIVALENTE DO TALVEGUE	222
22.1.2. - TEMPO DE CONCENTRAÇÃO DA BACIA (TC)	222
22.1.3 - TEMPO DE RETORNO (TR)	223
22.1.4 - EQUAÇÃO DE CHUVA DO PROJETO	223
22.1.5. - CÁLCULOS DA VAZÃO E DA VAZÃO DE CHEIA	223
22.1.6. - COEFICIENTE DE FORMA DA BACIA (F)	223
22.1.7. - COEFICIENTE (C)	224
22.1.8. - COEFICIENTE DE DISPERSÃO DA CHUVA (K)	225
22.1.9. - VAZÃO DE CHEIA (Q)	225
22.1.10. - MÉTODO RACIONAL	226
22.1.11. - MÉTODO I – PAI - WU	226
22.2. - CÁLCULOS HIDRÁULICOS	227
22.2.1. - DIMENSIONAMENTO DA PONTE	227
22.2.2. - COEFICIENTE DE RUGOSIDADE MANNING [N]	228
22.3. - METODOLOGIA	228
23. – OBRAS DE DETENÇÃO E RETENÇÃO	228
23.1. – PROCEDIMENTOS DE PLANEJAMENTO E PROJETO	230
23.2. – CUIDADOS ESPECÍFICOS QUANTO ÀS OBRAS DE DETENÇÃO	232
23.3. – IDENTIFICAÇÃO DE POSSÍVEIS LOCAIS PARA ARMAZENAMENTO	233
24. – DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO E RESERVATÓRIO	234
24.1. – OBRAS MÚLTIPLAS DE DETENÇÃO E RETENÇÃO	242
24.2. – ASPECTOS NEGATIVOS E USOS INADEQUADOS DE OBRAS DE DETENÇÃO E RETENÇÃO	244
25. – MEDIDAS ESTRUTURAIS DE CONTROLE NA FONTE	245



25.1. – CRITÉRIOS DE ESCOLHA DAS OBRAS DE REDUÇÃO E CONTROLE	245
25.1.1 – ÁREA DE DRENAGEM	246
25.1.2 – CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DO SOLO.....	246
25.1.3 – NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO.....	246
25.1.4 – DECLIVIDADE DO TERRENO	246
25.1.5 – DISPONIBILIDADE DA ÁREA	246
25.1.6 – INSTALAÇÕES SUBTERRÂNEAS	247
25.1.7 – POLUIÇÃO POR ESGOTO	247
25.1.8 – SEDIMENTOS	247
25.1.9 – SISTEMA VIÁRIO ADJACENTE A INTENSIDADE DE TRÁFEGO	247
25.1.10 – POLUIÇÃO DIFUSA.....	247
25.2. – PRÉ-DIMENSIONAMENTO DAS MEDIDAS DE CONTROLE	250
25.2.1 – BACIA DE DETENÇÃO	251
25.2.2 – TÉCNICAS DE COMPENSAÇÃO LINEAR.....	251
25.2.3 – TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO E DETENÇÃO.....	252
25.2.4 – VALAS, VALETAS E PLANOS DE DETENÇÃO E INFILTRAÇÃO.....	254
25.2.5 – PAVIMENTOS PERMEÁVEIS COM ESTRUTURAS DE DETENÇÃO E INFILTRAÇÃO.....	255
25.2.6 – POÇOS.....	256
25.2.7 – TELHADOS ARMAZENADORES.....	257
25.3. – VANTAGENS DAS MEDIDAS DE CONTROLE NA FONTE	257
25.4. – EFEITO AMBIENTAL DAS MEDIDAS DE CONTROLE NA FONTE	258
26. – FUNDAMENTOS DE MEDIDAS DE CONTROLE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	258
26.1. – MEDIDAS DE CONTROLE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL.	258
26.1.1 – PAPEL DAS MEDIDAS DE CONTROLE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL	259
26.2 – REVITALIZAÇÃO DE CORPOS HÍDRICOS.....	261
26.3. – O IMPACTO DA URBANIZAÇÃO SOBRE OS RIOS URBANOS	262
26.4. – ESTRUTURAS AUXILIARES DE RETENÇÃO DE LIXO E SEDIMENTOS	265



26.4.1 – BACIA DE RETENÇÃO DE SEDIMENTOS.....	265
26.4.2 – GRELHAS.....	265
26.5. – REGULAMENTAÇÃO DA ZONA INUNDÁVEL.....	266
27. – FUNDAMENTOS DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.....	269
27.1. – EROSÃO URBANA.....	269
27.1.1 – DEFINIÇÕES GERAIS	271
27.1.2 – VAZÃO LÍQUIDA CARACTERÍSTICA	271
27.1.3 – VAZÃO SÓLIDA	271
27.2. – EROSÃO SUPERFICIAL	273
27.2.1 – FORMAS DE EROSÃO	273
27.2.2 – FATORES QUE AFETAM A EROSÃO	275
28. - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	277



FIGURAS

FIGURA 01 – LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE LENÇÓIS PAULISTA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ–JACARÉ - CBH–TJ – UGRHI 13	22
FIGURA 02 – CARTA DO IBGE (ESCALA 1:50.000) – LENÇÓIS PAULISTA - SF-22-Z-B-V-1.....	23
FIGURA 03 – TIPOS DE SOLOS NO MUNICÍPIO DE LENÇÓIS PAULISTA..	37
FIGURA 04 – MAPA HIDROLOGIA REGIONAL - BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ–JACARÉ- CBH–TJ – UGRHI 13.....	40
FIGURA 05 – HIDROGRAMA TÍPICO	57
FIGURA 06 – TIPOS DE BOCAS-DE-LOBO	64
FIGURA 07 – BOCAS-DE-LOBO	66
FIGURA 08 – POÇOS DE VISITA.....	68
FIGURA 09: REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UM CONJUNTO DE MEDIDAS ESTRUTURAIS DE CONTROLE.....	80
FIGURA 10: LOCALIZAÇÃO DA BASE	123
FIGURA 11: PONTO DE ORIGEM DO REFERENCIAL GEOCÊNTRICO.....	124
FIGURA 12: CANAL EM CONCRETO – SEÇÃO TRAPEZOIDAL MISTA.....	132
FIGURA 13: CANAL ESCAVADO – SEÇÃO MISTA.....	132
FIGURA 14: CANAL EM CONCRETO – SEÇÃO RETANGULAR MISTA	132
FIGURA 15: VALORES DE PERÍODO DE RETORNO.....	223
FIGURA 16: USO DO SOLO E GRAU DE URBANIZAÇÃO	224
FIGURA 17: RESERVATÓRIO IN-LINE E OFF-LINE	236
FIGURA 18: EFEITO NO RESERVATÓRIO IN-LINE	237
FIGURA 19: EFEITO NO RESERVATÓRIO OFF-LINE	237
FIGURA 20: DEFINIÇÃO DE VOLUME DO RESERVATÓRIO IN-LINE	239
FIGURA 21: DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO COM PRESERVAÇÃO DA SAZONALIDADE	239
FIGURA 22: RELAÇÃO ENTRE OS CRITÉRIOS DE RESTRIÇÃO E DE SAZONALIDADE DE CHEIAS	240



FIGURA 23: INTERAÇÃO ADVERSA DE HIDROGRAMAS DE CHEIAS COMO CONSEQUÊNCIA DE UMA OBRA DE DETENÇÃO/RETENÇÃO.....	243
FIGURA 24: COMPARAÇÕES ENTRE OS HIDROGRAMAS DE UMA BACIA URBANA E UMA BACIA RURAL	263
FIGURA 25: RESPOSTA DA GEOMETRIA DO ESCOAMENTO DEVIDO Á URBANIZAÇÃO	264
FIGURA 26: REGULAMENTAÇÃO DA ZONA INUNDÁVEL.....	269
FIGURA 27: CONFRONTO ENTRE A DISPONIBILIDADE DE SEDIMENTOS E A CAPACIDADE DE TRANSPORTE SÓLIDO	272



TABELAS

TABELA 01 – TERRITÓRIO E POPULAÇÃO	24
TABELA 02 – ESTATÍSTICAS VITAIS E SAÚDE	24
TABELA 03 – HABITAÇÃO E INFRAESTRUTURA URBANA	24
TABELA 04 – USO DO SOLO RURAL (HA)	32
TABELA 05 – PRINCIPAIS CULTIVOS (HA)	34
TABELA 06 – EXPLORAÇÃO ANIMAL NO MUNICÍPIO DE LENÇÓIS PAULISTA.....	35
TABELA 07 – DADOS DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO	38
TABELA 08 – VAZÕES MÁXIMAS MENSASIS – POSTO: 5D-012 USINA LENÇÓIS.....	43
TABELA 09 – DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS – UGRHI 13..	44
TABELA 10 – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KOEPPEN.....	46
TABELA 11 – CLASSIFICAÇÃO DE BACIAS	54
TABELA 12 – PERÍODOS DE RETORNO EM FUNÇÃO DA OCUPAÇÃO DA ÁREA	55
TABELA 13 – VELOCIDADES MÉDIAS (M/S).....	60
TABELA 14 – ESPAÇAMENTOS ENTRE POÇOS DE VISITA.....	63
TABELA 15 – FATORES DE REDUÇÃO DO ESCOAMENTO NAS SARJETAS	69
TABELA 16 – FATORES DE REDUÇÃO DA CAPACIDADE DAS BOCAS-DE- LOBO	69
TABELA 17: COORDENADAS SIRGAS	125
TABELA 18 – CLASSIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE ARMAZENAMENTO OU RETENÇÃO	145
TABELA 19: COEFICIENTE C DE ACORDO COM O REVESTIMENTO DA SUPERFÍCIE.....	207
TABELA 20: COEFICIENTE C DE ACORDO COM A OCUPAÇÃO DA ÁREA	207
TABELA 21: COEFICIENTE C PARA SOLOS ARENOSOS.....	207



TABELA 22: COEFICIENTE C PARA SOLOS PESADOS.....	208
TABELA 23: VALORES DE MANNING.....	228



GRÁFICOS

GRÁFICO 01 – DENSIDADE DEMOGRÁFICA.....	25
GRÁFICO 02 – TAXA GEOMÉTRICA DE CRESCIMENTO POPULACIONAL	25
GRÁFICO 03 – GRAU DE URBANIZAÇÃO.....	26
GRÁFICO 04 – TAXA DE MORTALIDADE INFANTIL.....	27
GRÁFICO 05 – ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO.....	28
GRÁFICO 06 – PIB PER CAPITA.....	29
GRÁFICO 07 – PARTICIPAÇÃO DO PIB DE LENÇÓIS PAULISTA.....	29
GRÁFICO 08 – PARTICIPAÇÃO DA AGROPECUÁRIA.....	30
GRÁFICO 09 – PARTICIPAÇÃO DA INDÚSTRIA.....	30
GRÁFICO 10 – PARTICIPAÇÃO DOS SERVIÇOS.....	31
GRÁFICO 11 - PARTICIPAÇÃO NAS EXPORTAÇÕES DO ESTADO.....	31
GRÁFICO 12 – USO DO SOLO RURAL (HA).....	33
GRÁFICO 13 – PRINCIPAIS CULTIVOS (HA).....	35
GRÁFICO 14 – PLUVIOGRAMA ACUMULADO MÉDIO MENSAL – D5-014 LENÇÓIS PAULISTA (EFS).....	41
GRÁFICO 15 – PLUVIOGRAMA ACUMULADO MÉDIO MENSAL – D5-016 CORONEL LEITE (EFS).....	41
GRÁFICO 16 – PLUVIOGRAMA ACUMULADO MÉDIO MENSAL – D5-072 LENÇÓIS PAULISTA.....	42
GRÁFICO 17 – PLUVIOGRAMA ACUMULADO MÉDIO MENSAL – POSTO: D5-081 GLEBA RIO CLARO.....	42
GRÁFICO 18 – TEMPERATURA X PRECIPITAÇÃO (ANUAL) – MUNICÍPIO DE LENÇÓIS PAULISTA.....	45
GRÁFICO 19 – VARIAÇÃO DE TEMPERATURA ANUAL – MUNICÍPIO DE LENÇÓIS PAULISTA.....	45
GRÁFICO 20 - DESVIO PADRÃO X COORDENADA DA LATITUDE.....	125
GRÁFICO 21 - DESVIO PADRÃO X COORDENADA DA LONGITUDE.....	126
GRÁFICO 22 - DESVIO PADRÃO X COORDENADA DA ALTITUDE.....	126
GRÁFICO 23: COEFICIENTE DE DISTRIBUIÇÃO DA CHUVA.....	225



1 – APRESENTAÇÃO

O acelerado processo de urbanização ocorrido nas últimas três décadas, notadamente nos países em desenvolvimento, dentre os quais o Brasil, é o principal fator responsável pelo agravamento dos problemas relacionados as inundações nas cidades, aumentando a frequência e os níveis das cheias.

Isto ocorre devido a impermeabilização crescente das bacias hidrográficas, e a ocupação inadequada das regiões ribeirinhas aos cursos d'água. Além disso, a inexistência de Planos Diretores de Drenagem Urbana, que procurem equacionar os problemas de drenagem sob o ponto de vista da bacia hidrográfica, a falta de mecanismos legais e administrativos eficientes, que permitam uma correta gestão das consequências do processo de urbanização sobre as enchentes urbanas e a concepção inadequada da maioria dos projetos de drenagem urbana, contribuem para o agravamento do problema.

Este trabalho tem como escopo principal estabelecer diretrizes básicas para os projetos de drenagem urbana no Município, enfatizando o gerenciamento e o controle integrado da drenagem urbana, tendo como enfoque de planejamento a totalidade da bacia hidrográfica a importância do planejamento diretor; os critérios e métodos de dimensionamento das obras de drenagem e, os aspectos relacionados a qualidade das águas e a produção de sedimentos em áreas urbanas.

2 – INTRODUÇÃO

O sistema de drenagem faz parte do conjunto de melhoramentos públicos existentes em uma área urbana, assim como as redes de água, de esgotos sanitários, de cabos elétricos e telefônicos, além da iluminação pública, pavimentação de ruas, guias e passeios, parques, áreas de lazer, e outros.

Em relação aos outros melhoramentos urbanos, o sistema de drenagem tem uma particularidade: o escoamento das águas das tormentas sempre ocorrerá, independente de existir ou não sistema de drenagem adequado. A qualidade desse sistema é que determinará se os benefícios ou prejuízos a população serão maiores ou menores.

Outra característica, de certo modo única, do sistema de drenagem é a sua solicitação não permanente, isto é durante e após a ocorrência de tormentas, contrastando com outros melhoramentos públicos que são essencialmente de uso contínuo.

O sistema tradicional de drenagem urbana deve ser considerado como composto por dois sistemas distintos que devem ser planejados e projetados sob critérios diferenciados: o Sistema Inicial de Drenagem e o Sistema de Macrodrenagem.

O Sistema Inicial de Drenagem ou de Microdrenagem ou, ainda, Coletor de Águas Pluviais, é aquele composto pelos pavimentos das ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo, rede de galerias de águas pluviais e, também, canais de pequenas dimensões. Esse sistema é dimensionado para o escoamento de vazões de 2 a 10 anos de período de retorno. Quando bem projetado, e com manutenção adequada, praticamente elimina as inconveniências ou as interrupções das atividades urbanas que advém das inundações e das interferências de enxurradas.

Já o Sistema de Macrodrenagem é constituído, em geral, por canais (abertos ou de contorno fechado) de maiores dimensões, projetados para vazões de 25 a 100 anos de período de retorno. Do seu funcionamento adequado depende a prevenção ou minimização dos danos as propriedades,



dos danos a saúde e perdas de vida das populações atingidas, seja em consequência direta das águas, seja por doenças de veiculação hídrica.

Esses sistemas encaixam-se no contexto do controle do escoamento superficial direto, tendo tradicionalmente como base o enfoque orientado para o aumento da condutividade hidráulica do sistema de drenagem.

As tendências modernas desse controle, que já vêm amplamente aplicadas ou preconizadas internacionalmente, passam a dar ênfase ao enfoque orientado para o armazenamento das águas por estruturas de detenção ou retenção. Esse enfoque é mais indicado a áreas urbanas ainda em desenvolvimento, podendo ser utilizado também em áreas de urbanização mais consolidadas desde que existam locais (superficiais ou subterrâneas) adequados para a implantação dos citados armazenamentos. Este conceito não dispensa, contudo, a suplementação por sistemas de micro e macrodrenagem.



3 – CARATERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

O município de Lençóis Paulista tem sua sede localizada na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 13 (Tietê–Jacaré), desta forma, ao Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê–Jacaré – CBH - TJ.

A figura abaixo ilustra a localização de na Bacia Hidrográfica.



Figura 01 – Localização do município de Lençóis Paulista na Bacia Hidrográfica do Tietê–Jacaré - CBH–TJ – UGRHI 13



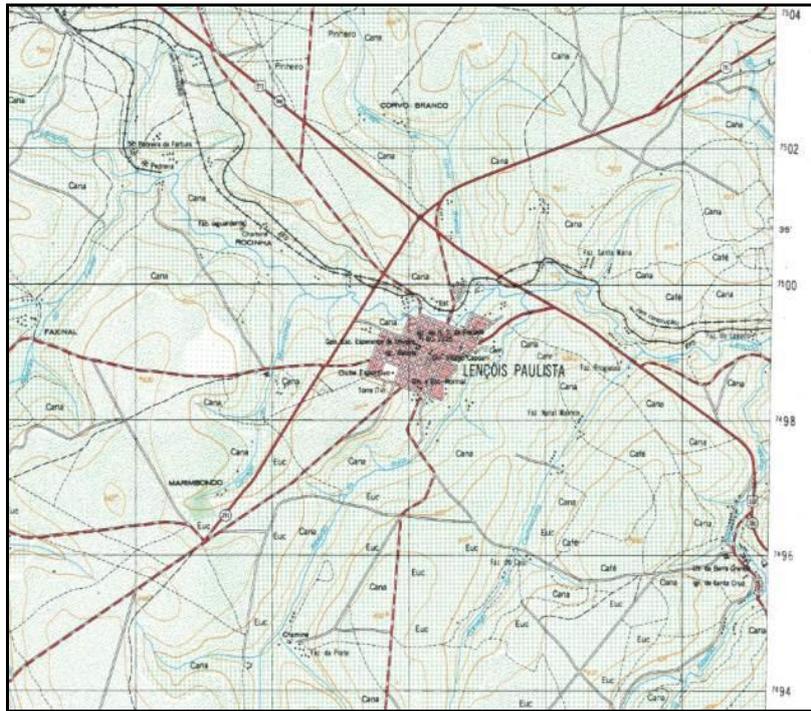


Figura 02 – Carta do IBGE (escala 1:50.000) – Lençóis Paulista - SF-22-Z-B-V-1

Lençóis Paulista pertence a Região Administrativa de Bauru e de Governo de Bauru. O município faz divisa com as seguintes cidades: Macatuba, Pederneiras, Agudos, Borebi, Avaré, Botucatu, Pratânia, Areiópolis e São Manuel.

3.1 – PERFIL SÓCIO-ECONÔMICO

Quanto ao perfil socioeconômico, Lençóis Paulista apresenta os seguintes dados:



Tabela 01 – Território e população

Território e População	Ano	Município	Reg. Gov.	Estado
Área	2014	809,49	8.587,92	248.223,21
População	2013	62.941	608.786	42.304.694
Densidade Demográfica (Habitantes/km ²)	2013	77,75	70,89	170,43
Taxa Geométrica de Crescimento Anual da População - 2010/2013 (Em % a.a.)	2013	0,85	0,64	0,87
Grau de Urbanização (Em %)	2010	97,76	94,47	95,94
Índice de Envelhecimento (Em %)	2013	57,62	71,07	61,55
População com Menos de 15 Anos (Em %)	2013	20,57	19,31	20,35
População com 60 Anos e Mais (Em %)	2013	11,85	13,72	12,52
Razão de Sexos	2013	98,35	98,38	94,79

Fonte: Fundação SEADE

Tabela 02 – Estatísticas vitais e saúde

Estatísticas Vitais e Saúde	Ano	Município	Reg. Gov.	Estado
Taxa de Natalidade (Por mil habitantes)	2012	13,23	13,28	14,71
Taxa de Fecundidade Geral (Por mil mulheres entre 15 e 49 anos)	2011	50,11	49,09	51,60
Taxa de Mortalidade Infantil (Por mil nascidos vivos)	2012	16,95	12,82	11,48
Taxa de Mortalidade na Infância (Por mil nascidos vivos)	2011	10,32	13,55	13,35
Taxa de Mortalidade da População entre 15 e 34 Anos (Por cem mil habitantes nessa faixa etária)	2011	74,13	107,86	119,61
Taxa de Mortalidade da População de 60 Anos e Mais (Por cem mil habitantes nessa faixa etária)	2011	3.852,84	3.755,54	3.611,03
Mães Adolescentes (com menos de 18 anos) (Em %)	2011	6,77	7,59	6,88
Mães que Tiveram Sete e Mais Consultas de Pré-Natal (Em %)	2011	90,80	80,60	78,33
Partos Cesáreos (Em %)	2011	75,00	70,52	59,99
Nascimentos de Baixo Peso (menos de 2,5kg) (Em %)	2011	8,83	9,33	9,26
Gestações Pré-Termo (Em %)	2011	6,70	7,82	8,98

Fonte: Fundação SEADE

Tabela 03 – Habitação e infraestrutura urbana

Habitação e Infraestrutura Urbana	Ano	Município	Reg. Gov.	Estado
Coleta de Lixo - Nível de Atendimento (Em %)	2010	99,87	99,63	99,66
Abastecimento de Água - Nível de Atendimento (Em %)	2010	99,62	98,84	97,91
Esgoto Sanitário - Nível de Atendimento (Em %)	2010	98,61	97,47	89,75

Fonte: Fundação SEADE

3.1.1 – Densidade Demográfica:

Densidade demográfica é o número de habitantes residentes de uma unidade geográfica em determinado momento, em relação a área dessa



mesma unidade. A densidade demográfica é um índice utilizado para verificar a intensidade de ocupação de um território.

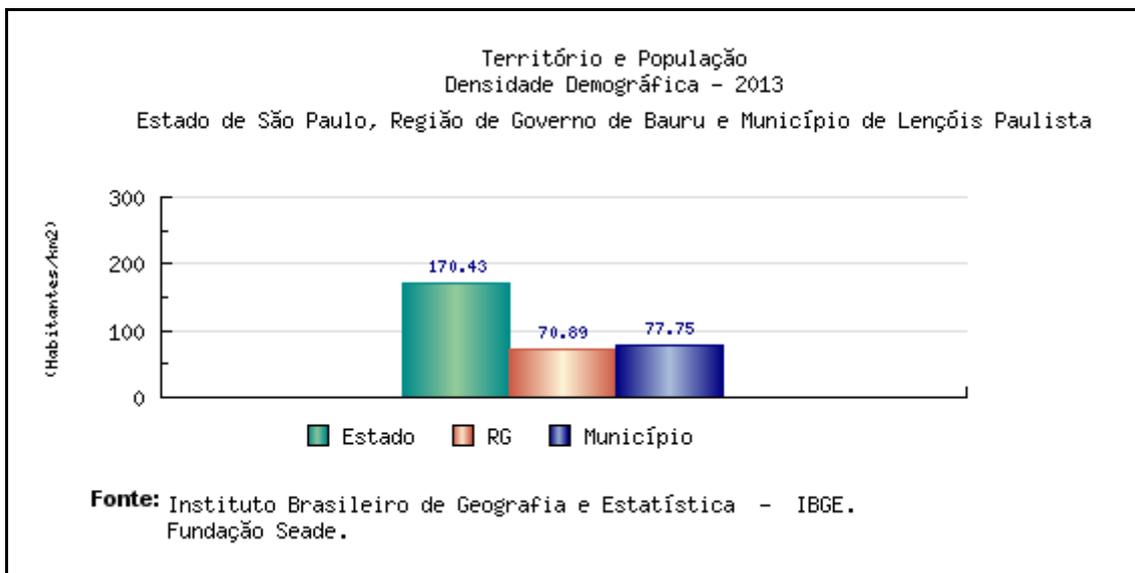


Gráfico 01 – Densidade demográfica

3.1.2 – Taxa Geométrica de Crescimento Anual da População:

Expressa em termos percentuais o crescimento médio da população em um determinado período de tempo. Geralmente, considera-se que a população experimenta um crescimento exponencial também denominado como geométrico.

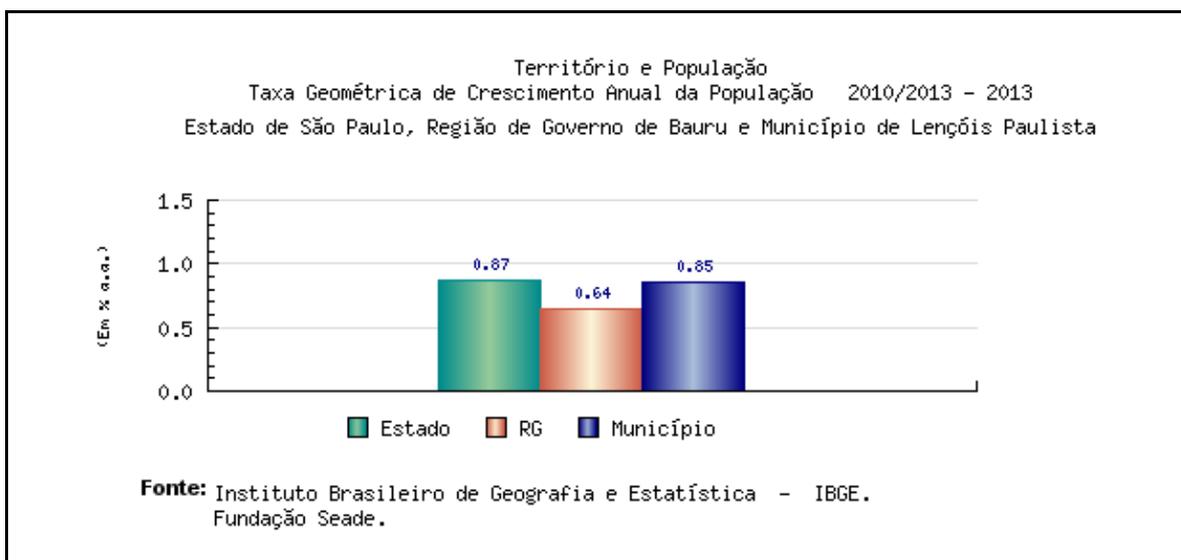


Gráfico 02 – Taxa geométrica de crescimento populacional



3.1.3 – Grau de Urbanização:

É o percentual da população urbana em relação a população total. É calculado, geralmente, a partir de dados censitários, segundo a fórmula:

$$\text{Grau de Urbanização} = \frac{\text{População Urbana}}{\text{População Total}} \times 100$$

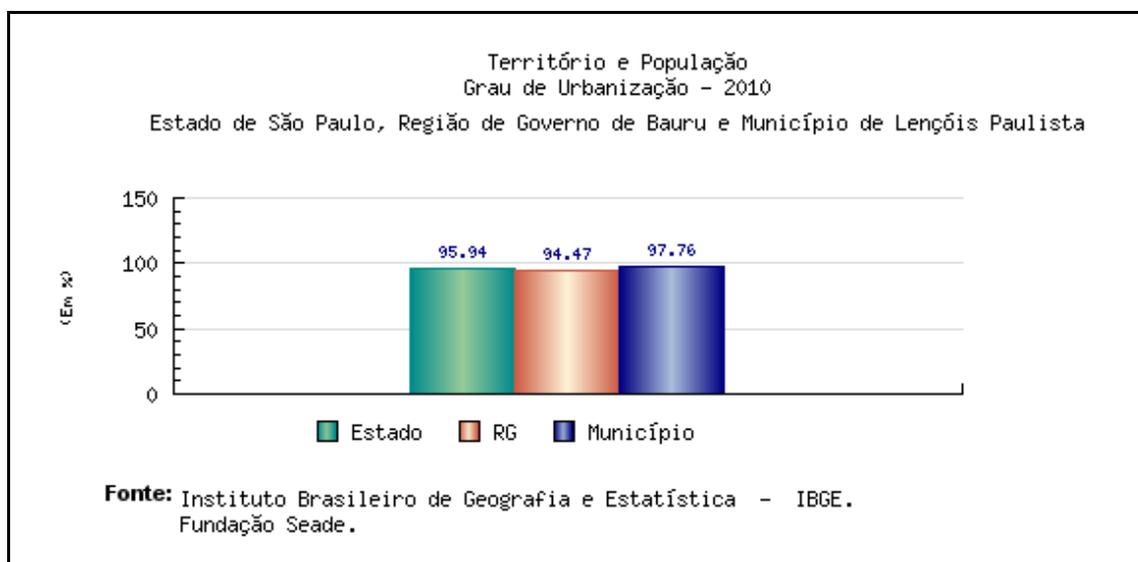


Gráfico 03 – Grau de urbanização

3.1.4 – Taxa de Mortalidade Infantil:

Relação entre os óbitos de menores de um ano residentes numa unidade geográfica, num determinado período de tempo (geralmente um ano) e os nascidos vivos da mesma unidade nesse período, segundo a fórmula:

$$\text{Taxa de Mortalidade Infantil} = \frac{\text{Óbitos de Menores de 1 Ano}}{\text{Nascidos Vivos}} \times 1.000$$



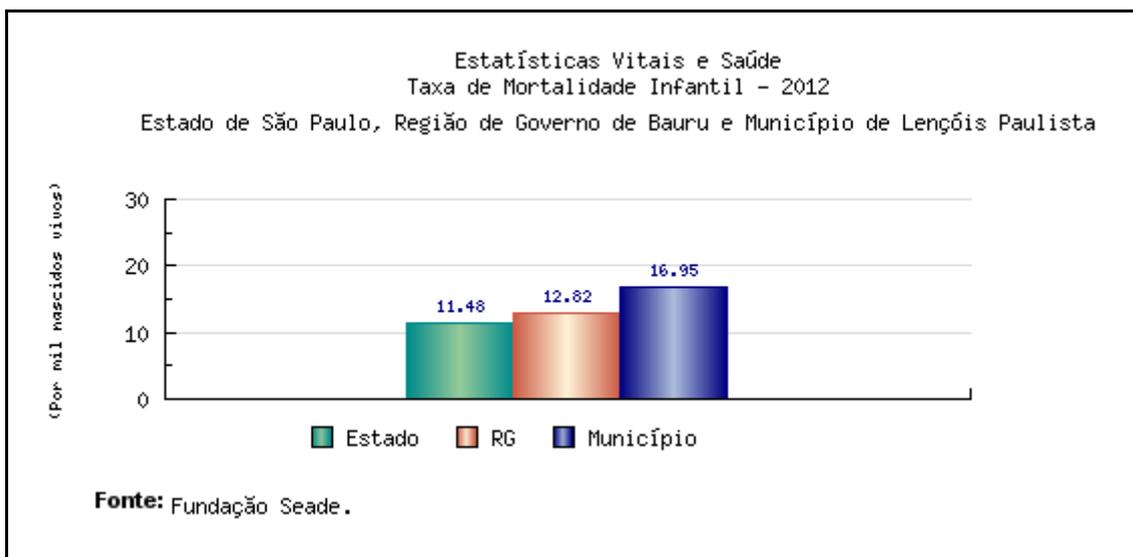


Gráfico 04 – Taxa de mortalidade infantil

3.1.5 – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM:

Indicador que focaliza o município como unidade de análise, a partir das dimensões de longevidade, educação e renda, que participam com pesos iguais na sua determinação, segundo a fórmula:

$$\text{IDHM} = \frac{\text{Índice de Longevidade} + \text{Índice de Educação} + \text{Índice de Renda}}{3}$$

3

Em relação a Longevidade, o índice utiliza a esperança de vida ao nascer (número médio de anos que as pessoas viveriam a partir do nascimento). No aspecto educação, considera o número médio dos anos de estudo (razão entre o número médio de anos de estudo da população de 25 anos e mais, sobre o total das pessoas de 25 anos e mais) e a taxa de analfabetismo (percentual das pessoas com 15 anos e mais, incapazes de ler ou escrever um bilhete simples). Em relação a renda, considera a renda familiar per capita (razão entre a soma da renda pessoal de todos os familiares e o número total de indivíduos na unidade familiar). Todos os indicadores são obtidos a partir do Censo Demográfico do IBGE. O IDHM se situa entre 0 (zero)



e 1 (um), os valores mais altos indicando níveis superiores de desenvolvimento humano. Para referência, segundo classificação do PNUD, os valores distribuem-se em 3 categorias:

- Baixo desenvolvimento humano, quando o IDHM for menor que 0,500;
- Médio desenvolvimento humano, para valores entre 0,500 e 0,800;
- Alto desenvolvimento humano, quando o índice for superior a 0,800.

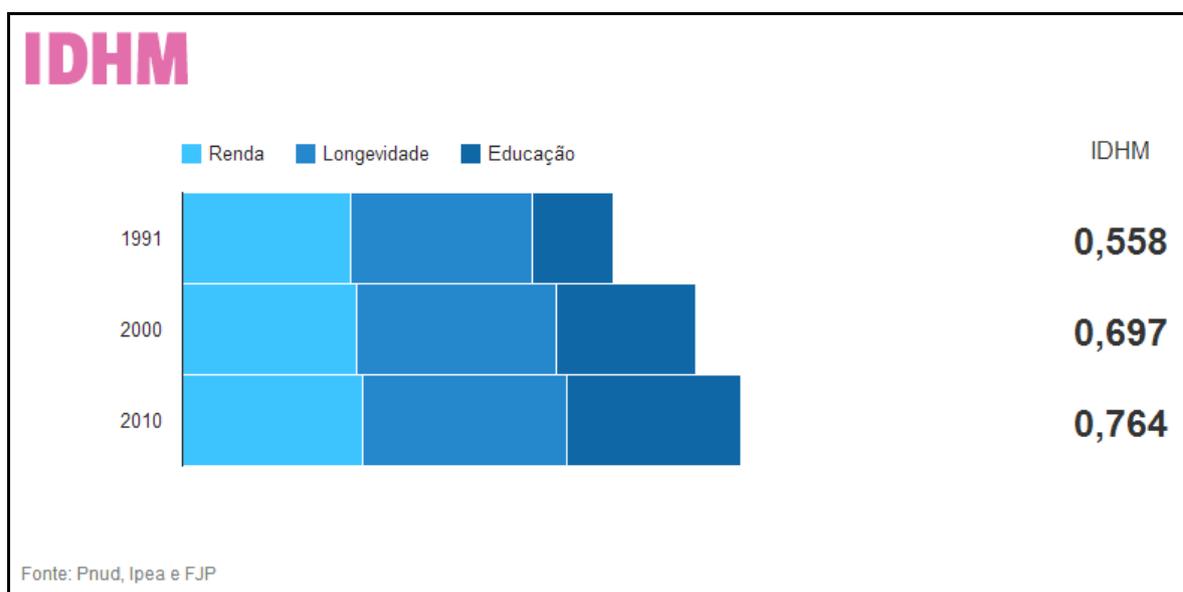


Gráfico 05 – Índice de desenvolvimento humano

3.1.6 – Outros Indicadores:

Outros indicadores também ilustram a representatividade da economia do município de Lençóis Paulista. Dentre eles, podemos destacar:

- Participação no PIB do Estado
- Participação da Agropecuária no Total do Valor Adicionado
- Participação da Indústria no Total do Valor Adicionado
- Participação dos Serviços no Total do Valor Adicionado
- Participação nas Exportações do Estado



Com relação ao PIB de Lençóis Paulista, o mesmo se define como o total dos bens e serviços produzidos pelas unidades produtivas, ou seja, a soma dos valores adicionados acrescida dos impostos.

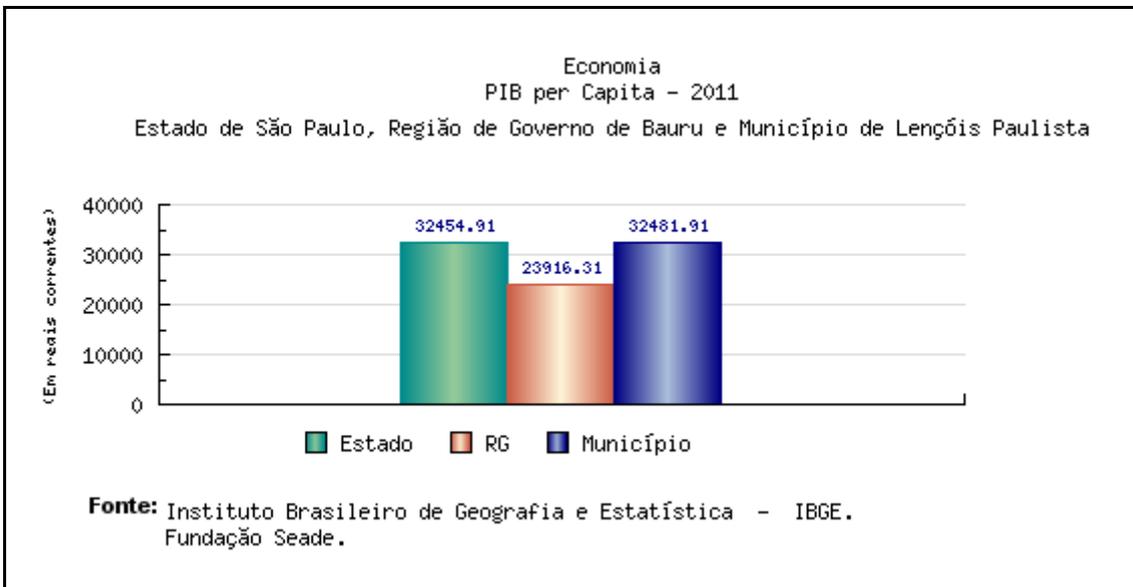


Gráfico 06 – PIB per Capita

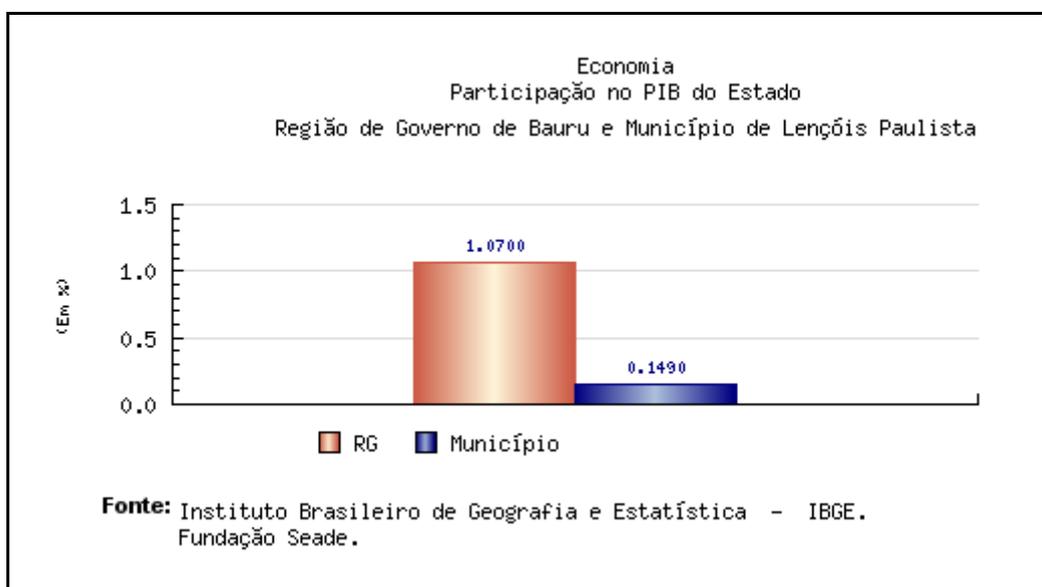


Gráfico 07 – Participação do PIB de Lençóis Paulista



O valor adicionado do setor agropecuário é o valor que a atividade Agropecuária agrega aos bens e serviços consumidos no seu processo produtivo.

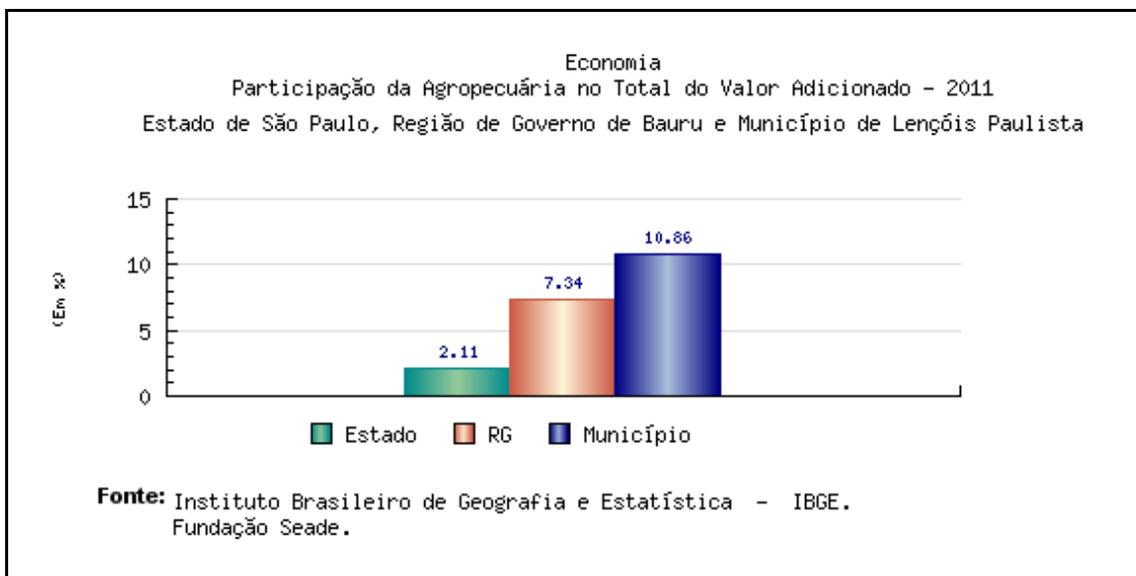


Gráfico 08 – Participação da agropecuária

O mesmo conceito se aplica aos setores da Indústria e de Serviços.

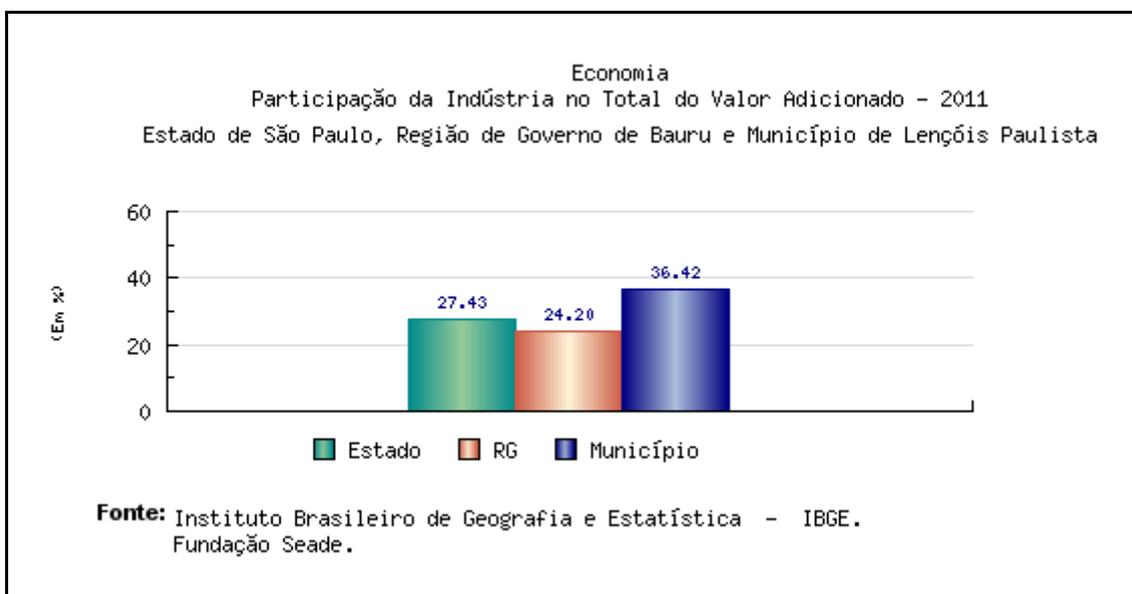


Gráfico 09 – Participação da indústria



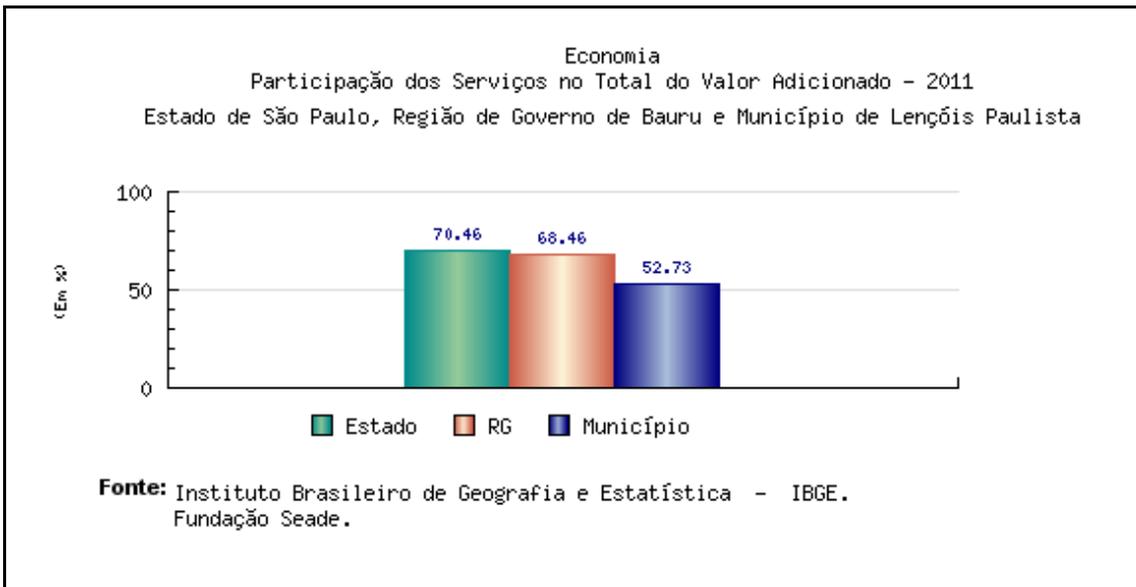


Gráfico 10 – Participação dos serviços

A participação municipal nas exportações corresponde o quanto essa região exporta em relação ao valor total exportado pelo Estado de São Paulo.

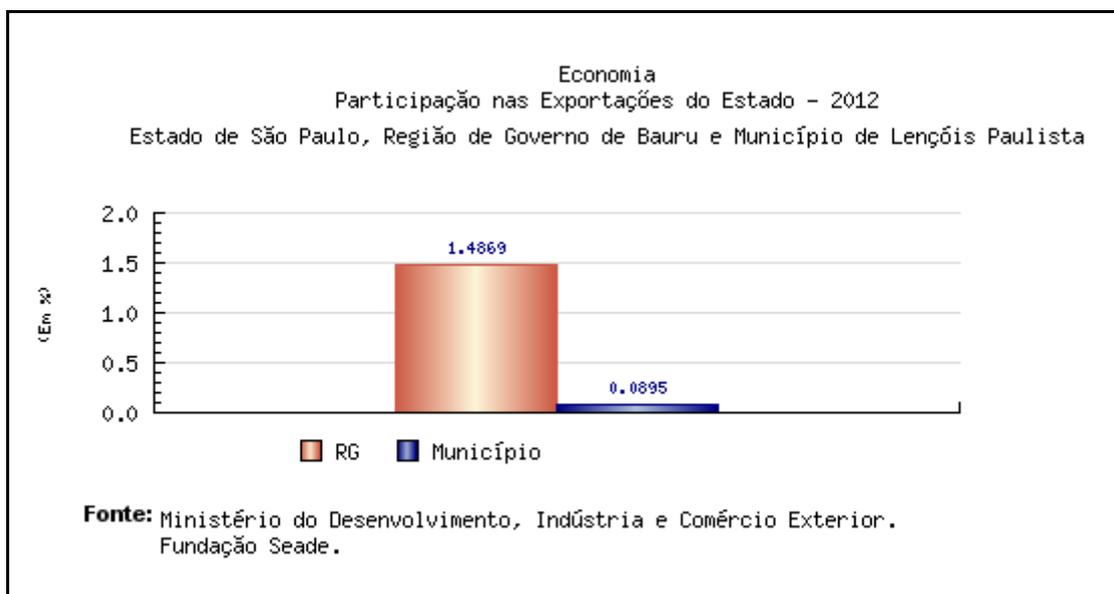


Gráfico 11 - Participação nas exportações do Estado

3.2 – POLÍTICA URBANA

A população do município de Lençóis Paulista não teve um aumento considerado, porém, de acordo com as políticas públicas junto a Secretaria da



Habitação, implanta-se Loteamentos Urbanos e Distritos Industriais na área do município. Com a demanda de infraestrutura urbana, e a impermeabilização do solo, percebe-se a importância no aumento das captações das águas Pluviais.

Em relação aos dispositivos legais para a gestão urbana, Lençóis Paulista está a um passo à frente, pois já possui seu Plano Diretor de Saneamento. Porém, existência de mecanismos legais indica, de certa forma, que o grau de mobilização do poder público, no sentido de organizar o processo de ocupação antrópica e impedir ações que possam degradar os recursos naturais no meio urbano, está baixo.

Outro instrumento importante para o planejamento das cidades, que vem sendo implantado dentro do CBH-TJ, é o Estudo de Macrodrenagem do Município. O objetivo deste estudo é minimizar os impactos nos cursos d'água que permeiam o município, tanto na área urbana quanto na zona rural, decorrentes do mau dimensionamento das obras hidráulicas, uso e ocupação do solo desordenada, práticas agrícolas equivocadas, bem como da falta de projetos técnicos por parte da maioria das prefeituras.

3.3 – USO DO SOLO RURAL

3.3.1 – Principais culturas identificadas no território de Lençóis Paulista

De acordo com levantamento realizado pela Secretaria da Agricultura do Estado de SP nos anos de 2007 e 2008 através da CATI (Projeto LUPA), no município de Lençóis Paulista, as mais importantes modalidades de uso e ocupação do solo rural e as principais culturas existentes na região são apresentadas na tabela seguinte:

Tabela 04 – Uso do Solo Rural (ha)

Lençóis Paulista	Cultura perene	Cultura temporária	Pastagens	Reflorestamento	Vegetação natural	Vegetação de brejo e várzea	Área em descanso	Área complementar
Hectare	1.685,80	47.781,80	4.250,30	16.005,70	3.186,00	1.222,60	20,30	1.802,20
Percentual	2,22	62,91	5,60	21,07	4,19	1,61	0,03	2,37

Fonte: CATI – Projeto LUPA



Considerando uma área total rural de 75.954,70ha, e analisando os dados apresentados no quadro acima, verifica-se que o uso e ocupação do solo rural no município de Lençóis Paulista é, em sua grande maioria, de Culturas temporárias (62,91%). Já as Pastagens ocupam 5,60%. As vegetações de brejo e várzea, e os reflorestamentos se equiparam, com 1,61% e 21,07%, Esse baixo percentual de reflorestamento no município pode implicar numa política para este seguimento de recuperação ambiental.

Lençóis Paulista – Uso e Ocupação do Solo Rural
Área Total: 75.954,70ha

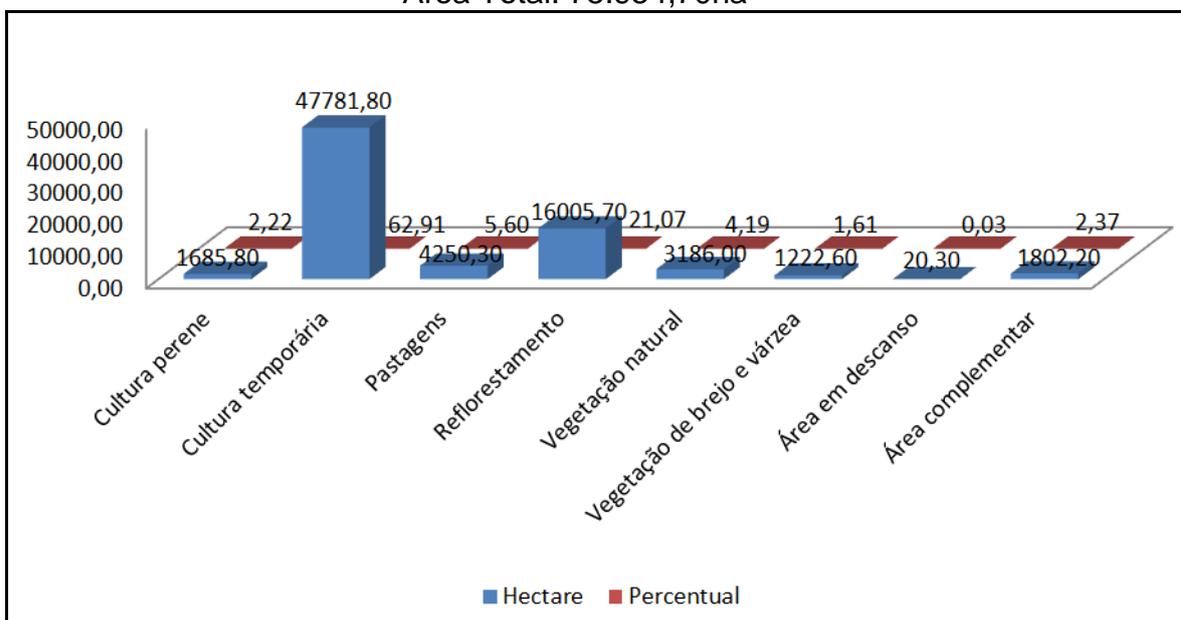


Gráfico 12 – Uso do Solo Rural (ha)

Fonte: CATI – Projeto LUPA

Culturas Perenes (Permanentes):

Entende-se por culturas perenes (ou permanentes) a área plantada ou em preparo para plantio de culturas de longa duração, que após a colheita não necessitem de novo plantio, produzindo por vários anos sucessivos.

No município de Lençóis Paulista a área que corresponde a este tipo de cultura é bem pequena, como pudemos observar no quadro acima. Porém,



para efeito de exemplo, em geral essas culturas são: o eucalipto, o pinus, a laranja, o café, etc.

Culturas Temporárias:

Entende-se por cultura (lavoura) temporária as áreas plantadas ou em preparo para o plantio de culturas de curta duração (via de regra, menor que um ano) e que necessitassem, geralmente de novo plantio após cada colheita.

Como exemplos de lavouras temporárias, podemos citar as mais cultivadas no município de Lençóis Paulista como: a cana-de-açúcar, a braquiária, gramas, milho, dentre outras.

Tabela 05 – Principais Cultivos (ha)

Cana-de-açúcar	Eucalipto	Braquiária	Pinus	Laranja	Café	Gramas	Milho
47.658,8	14.807,8	3.996,9	1.197,9	1.103,0	572,3	207,2	129,5

Outras gramíneas para pastagem	Capim-napier (ou capim-elefante)	Uva fina	Uva rústica	Alface	Pomar doméstico	Tangerina
39,7	6,5	4,0	4,0	3,6	1,5	1,0

Fonte: CATI – Projeto LUPA



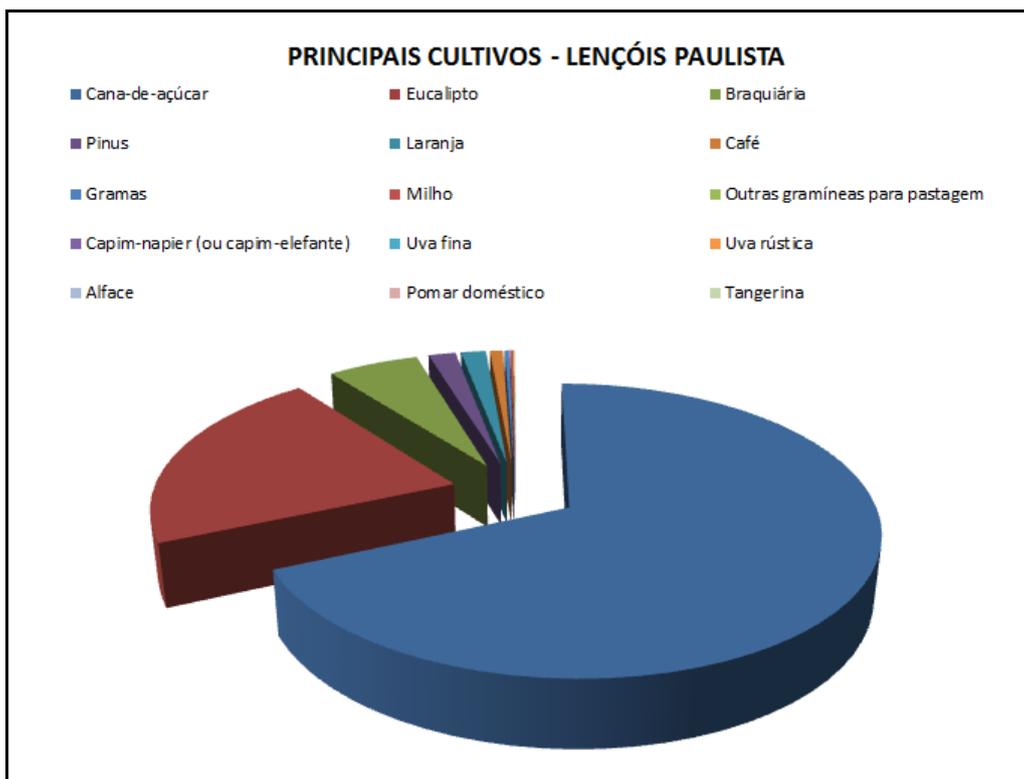


Gráfico 13 – Principais Cultivos (ha)

Fonte: CATI – Projeto LUPA

3.3.2 – Principais atividades de exploração animal em Lençóis Paulista

Conforme os dados constantes no projeto LUPA 2007/2008 da CATI, publicado em 2009, as principais atividades de exploração animal dentro dos limites do município de Lençóis Paulista se dá como ilustrado na tabela abaixo:

Tabela 06 – Exploração Animal no município de Lençóis Paulista

ITEM	UNIDADE	Nº DE UPAS	MÍNIMO	MÉDIA	MÁXIMO	TOTAL
Bovinocultura de corte	Cabeças	29	1,0	256,4	6.200,0	7.435,0
Bovinocultura de leite	Cabeças	15	1,0	15,2	110,0	228,0
Bovinocultura mista	Cabeças	178	2,0	10,4	90,0	1.860,0
Asininos e muares	Cabeças	1	1,0	1,0	1,0	1,0
Caprinocultura	Cabeças	1	25,0	25,0	25,0	25,0
Equinocultura	Cabeças	96	1,0	5,0	25,0	476,0
Ovinocultura	Cabeças	10	5,0	37,5	120,0	375,0
Piscicultura, área de tanques	M ²	3	20,0	690,0	2.000,0	2.070,0
Suinocultura	Cabeças	14	2,0	96,9	1.200,0	1.356,0

Fonte: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, CATI/IEA, Projeto LUPA



Analisando o quadro verificamos a forte aplicação da Bovinocultura de Corte, Bovinocultura Mista e Piscicultura, seguido por Suinocultura, Ovinocultura, Bovinocultura de Leite, no município de Lençóis Paulista, com algumas aplicações em Caprinocultura e Asininos e Muare.

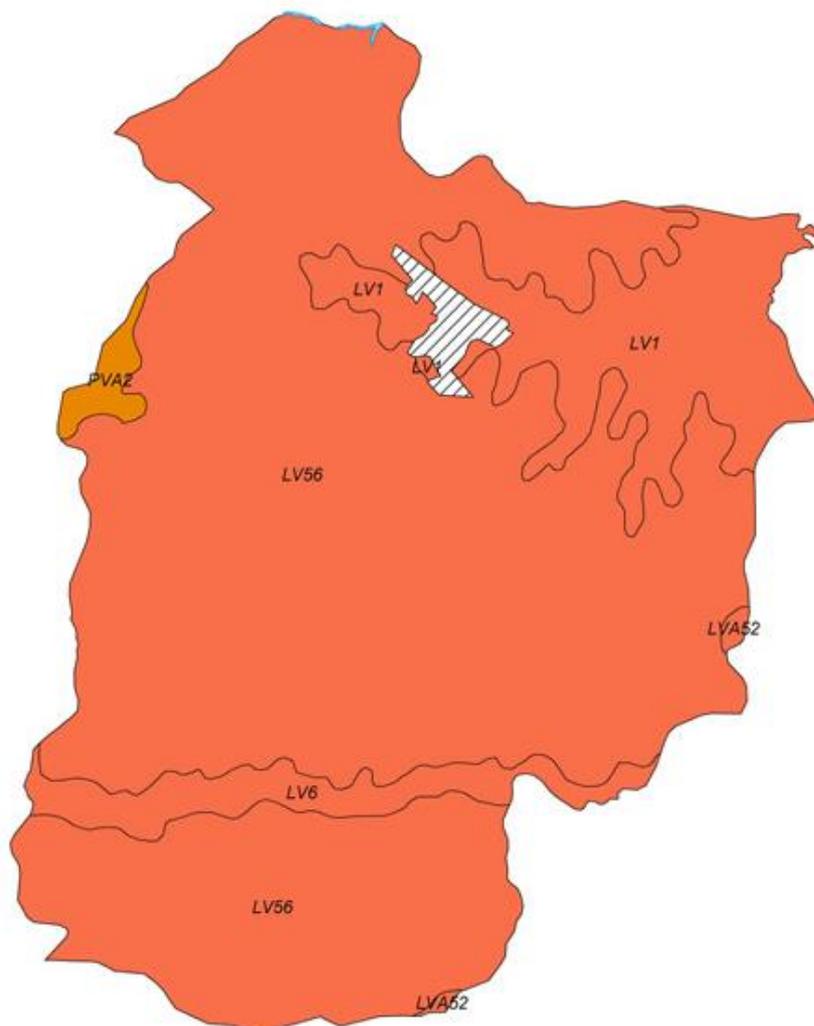
3.4 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

O perímetro urbano do município de Lençóis Paulista tem sua sede localizada na Bacia Hidrográfica do Tietê–Jacaré, CBH–TJ. Os corpos d’água significantes mais próximos da mancha urbana da cidade são os Rios Lençóis (Extensão: 80 km), da Prata e Tietê (Principal rio da bacia CBH–TJ, com extensão de 1100 km).

Pedologicamente predomina no município de Lençóis Paulista, os Latossolos Vermelhos distróficos + Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos, ambos os solos do tipo A moderado com textura média, relevo plano e suave ondulado.



Mapa Pedológico do Município de Lençóis Paulista



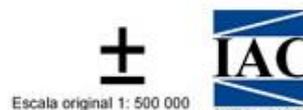
Legenda

- PVA2 Argissolos Vermelhos-Amarelos eutróficos abruptos ou não A moderado textura arenosa/média e média relevo suave ondulado e ondulado.
- LV1 Latossolos Vermelhos eutróféricos e distroféricos A moderado textura argilosa relevo plano e suave ondulado.
- LV6 Latossolos Vermelhos eutróféricos e distroféricos relevo plano e suave ondulado + Nitossolos Vermelhos eutróféricos relevo suave ondulado e ondulado ambos A moderado e A chernozêmico textura argilosa.
- LV56 Latossolos Vermelhos distróficos + Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos ambos A moderado textura média relevo plano e suave ondulado.
- LVA52 Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos + Latossolos Vermelhos distróficos ambos textura média relevo suave ondulado + Argissolos Vermelhos-Amarelos distróficos textura arenosa/média e média relevo suave ondulado e ondulado todos A moderado.

Convenções cartográfica

- Lagoa
- Área urbana

Fonte: OLIVEIRA et al, 1999.



Escala original 1: 500 000

Figura 03 – Tipos de Solos no município de Lençóis Paulista



De acordo com os dados do Relatório Zero e IPT, o município de Lençóis Paulista se encontra nas áreas de BAIXA CRITICIDADE quanto aos processos erosivos. Podem ocorrer erosões dos tipos: Erosão linear: ravinas e sulcos com incidência média, e, Erosão Laminar Moderada, no município de Lençóis Paulista.

O município apresenta relevo com: Colinas Amplas – predominam interflúvios com área superior a 4 km², topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Drenagem, de baixa densidade, padrão subdendrítico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes, e, Morrotes Alongados - predominam interflúvios sem orientação preferencial, topos angulosos a achatados, vertentes ravinadas com perfis retilíneos. Drenagem de média a alta densidade, padrão dendrítico, vales fechados.

Os corpos de assoreamento foram identificados pela ausência de Matas ciliares nos corpos hídricos, pelo carreamento do solo descoberto, relevo e pedologia.

Na área Urbana, há a real necessidade do aumento das linhas coletoras de drenagem e das readequações dos lançamentos das águas pluviais.

3.5 – SANEAMENTO E RESÍDUOS SÓLIDOS

O sistema de água e esgoto do município é operado pelo “Serviço Autônomo de Água e Esgoto”. Segundo o último Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo, elaborado pela CETESB, o município de Lençóis Paulista apresenta os seguintes números quanto ao esgotamento sanitário:

Tabela 07 – Dados de saneamento básico do município

UGRHI	Município	Concessão	População IBGE 2012		Atendimento (%)		Eficiência (%)	Carga Poluidora (kg DBO/dia)		ICTEM	Corpo Receptor
			População Total	População Urbana	Coleta	Tratamento		Potencial	Remanesc.		
	Lençóis Paulista	SAAE	62.393	60995	100	1,32	80,0	3.294	3.259	1,82	Rio Lençóis

Fonte: Relatório de Qualidade do Estado de SP



O nível de atendimento ao abastecimento de água tratada para a população urbana do município gira em torno de 100%. Quanto aos resíduos sólidos, de acordo com a CETESB, a situação se encontrava CONDIÇÃO ADEQUADA, com o município gerando algo em torno de 50,85 ton/dia de lixo.

3.6 – ACERVO E BASE DE DADOS DO MUNICÍPIO

O município de Lençóis Paulista não conta com nenhum estudo específico sobre drenagem urbana e quanto ao acervo de mapas e plantas apresentados por meio digital foram fornecidos pela Prefeitura.

Dados geotécnicos, levantamentos topográficos e Planialtimétrico da cidade, cadastramento das bacias e Sub-Bacias de contribuição, levantamentos das áreas permeáveis e impermeáveis, estudo da eficiência das galerias existentes, dentre outros, ajudam a concepção planejada da cidade.

Fica importante visar que a implantação de galerias sem planejamento, acarreta perda de solo e conseqüentemente surgimento de Erosões, ocasionando danos ao meio ambiente da região.

A falta de tal estudo acarreta vários problemas para a população, quer seja no aspecto da saúde pública, no aspecto social, como também no aspecto financeiro, visto que, a implantação de obras que, por muitas vezes, se mostram inadequadas e insuficientes por parte da administração Municipal.

3.7 – HIDROLOGIA REGIONAL

Quanto aos cursos d'água que permeiam o município de Lençóis Paulista, podemos destacar os Rios Lençóis, da Prata e Tietê.

Principal rio do município, o Rio Lençóis, possui uma extensão total de 80 km, desenvolvendo-se primeiramente no sentido sudeste até o município de Areiópolis onde muda de direção e ruma no sentido nordeste até desaguar no Rio Tietê.

A nascente do rio Lençóis está localizada no município de Agudos, na região centro-oeste do estado de São Paulo, a aproximadamente 390 km da

Página 39 de 280



3.7.1 – Pluviometria

Em relação a postos pluviométricos, de acordo com o Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE, há cadastro de 04 postos pluviométricos no município de Lençóis Paulista, conforme Gráficos:

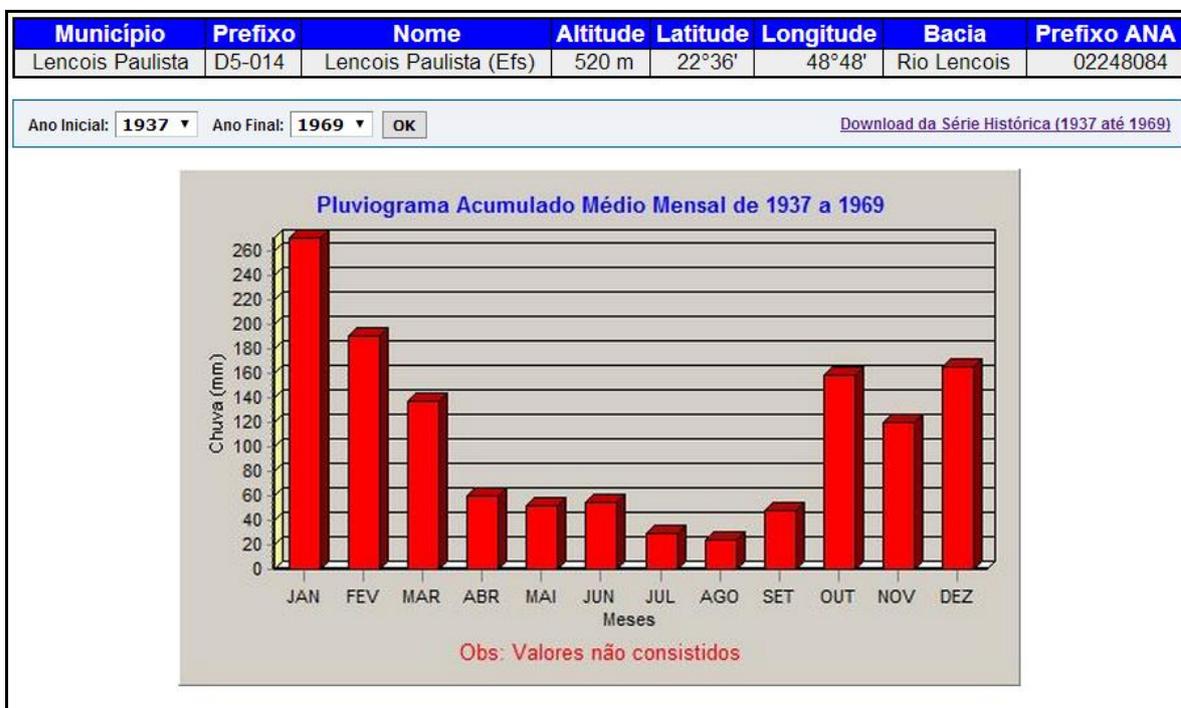


Gráfico 14 – Pluviograma acumulado médio mensal – D5-014 Lençóis Paulista (Efs)

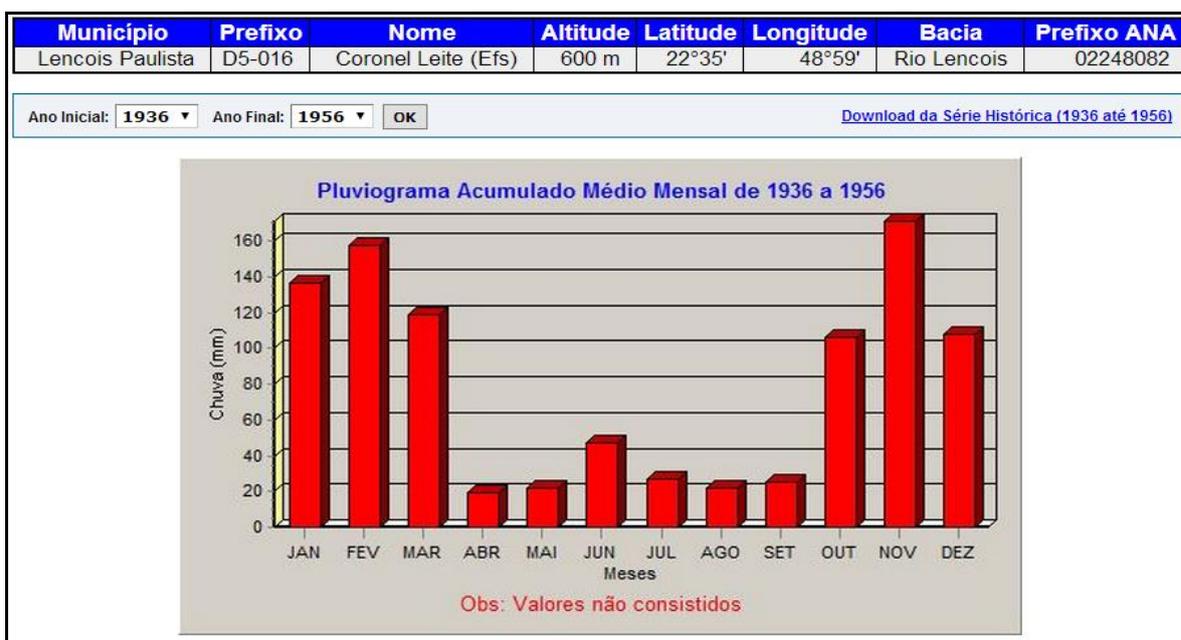


Gráfico 15 – Pluviograma acumulado médio mensal – D5-016 Coronel Leite (Efs)



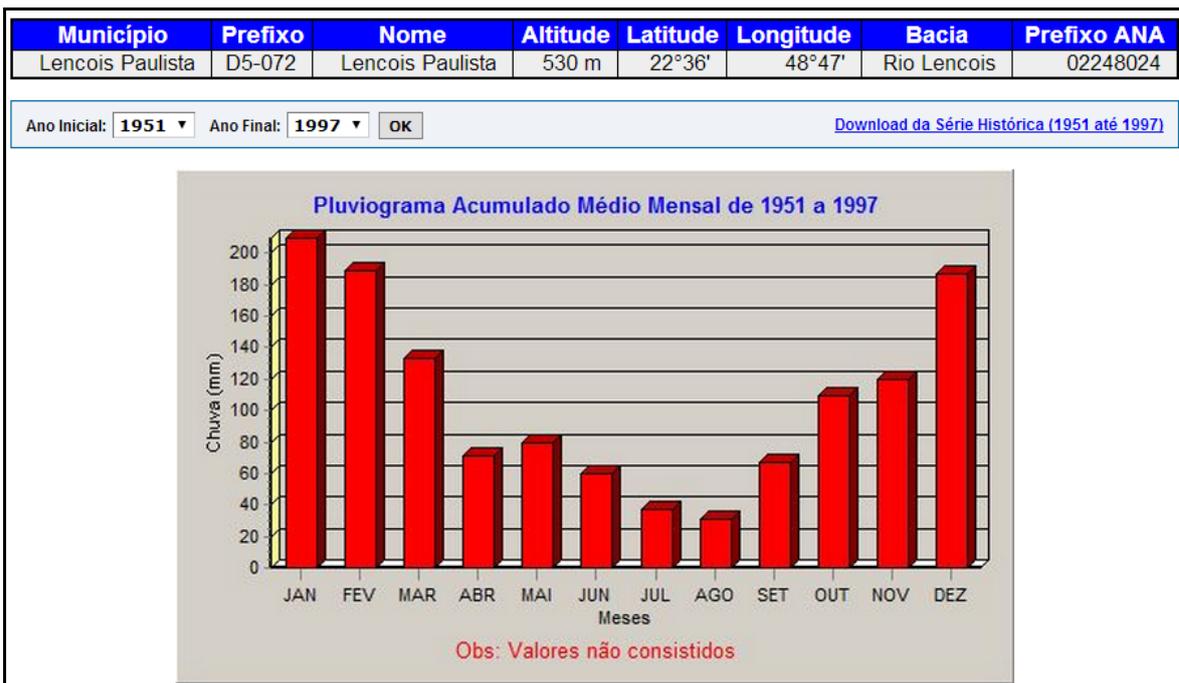


Gráfico 16 – Pluviograma acumulado médio mensal – D5–072 Lençóis Paulista

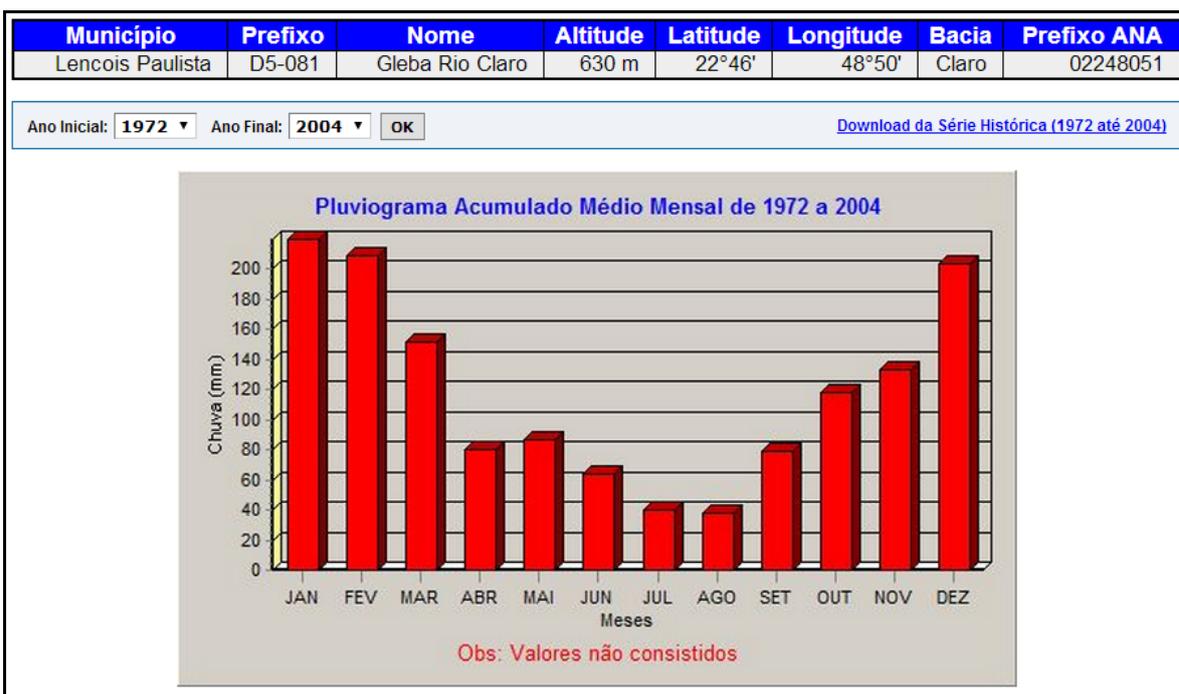


Gráfico 17 – Pluviograma acumulado médio mensal – Posto: D5–081 Gleba Rio Claro



3.7.2 – Fluviometria

Já em relação aos dados Fluviométricos, que medem as vazões dos rios, o município de Lençóis Paulista não apresenta postos fluviométricos. Os postos de medição mais próximos se localizam no município de Macatuba, sendo assim, segundo dados do DAEE, existe apenas 01 posto de medição

Tabela 08 – Vazões máximas mensais – Posto: 5D-012 Usina Lençóis

Município	Prefixo	Nome	Latitude	Longitude	Área (Km ²)	Curso d'Água	Prefixo ANA					
Macatuba	5D-012	Usina Lencois	22°30'46"	48°38'38"	957,00	Lencois/Taperao,rio	062728000					
VAZÕES MÁXIMAS MENSAIS (m ³ /s)												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1960	31,25	28,31	29,12	17,97	15,17	16,38	10,79	9,06	7,37	10,43	13,16	35,35
1961	21,74	16,64	19,19	27,67	16,38	9,85	8,41	7,17	7,17	17,16	13,95	22,77
1962	33,28	28,15	74,57	23,66	22,18	24,26	12,26	11,88	9,97	28,95	15,31	17,16
1963	31,42	23,66	13,81	13,55	9,29	8,41	8,20	7,07	6,39	15,87	---	15,87
1964	8,41	33,96	7,99	7,17	8,41	8,20	9,51	6,39	11,88	10,67	10,67	36,75
1965	37,64	72,26	59,00	35,00	32,26	22,03	21,31	15,87	10,67	13,68	---	---
1966	---	---	---	---	---	---	---	11,88	13,81	15,59	18,92	14,08
1967	18,51	21,31	12,64	8,41	8,41	8,41	7,57	5,84	---	---	15,59	16,90
1968	22,33	22,47	---	---	10,67	8,41	7,57	6,78	7,37	7,57	10,67	7,37
1969	---	---	---	---	---	5,55	4,64	3,83	4,31	7,55	---	---
1970	---	---	---	---	10,92	8,44	8,68	11,57	10,28	10,15	7,97	8,44
1971	18,02	7,74	18,33	6,38	8,44	17,41	6,74	5,65	5,12	10,41	4,60	8,21
1972	27,00	50,19	22,52	21,20	15,91	8,68	23,87	10,66	13,61	45,42	14,46	15,62
1973	13,89	22,85	24,55	17,11	12,24	12,51	15,03	7,52	11,18	10,92	15,32	24,55
1974	22,85	22,85	68,91	21,86	12,78	27,00	11,44	11,71	11,71	16,21	11,44	56,97
1975	29,53	45,84	18,02	14,75	10,41	8,92	9,65	6,93	8,68	11,18	---	---
1976	30,57	24,05	32,87	17,16	38,43	48,22	27,25	27,25	36,01	30,57	34,43	63,05
1977	47,77	36,01	26,88	30,95	15,94	17,47	13,59	10,33	13,88	13,03	13,03	81,84
1978	20,34	16,54	49,10	13,31	40,08	17,78	15,94	9,56	13,31	11,11	20,01	22,00
1979	21,66	19,69	15,64	11,38	15,94	7,39	8,81	17,16	15,64	12,75	10,59	15,04
1980	29,82	32,48	27,25	21,00	14,46	16,24	10,33	8,57	10,07	10,85	16,54	37,22

Fonte DAEE

3.7.3 – Disponibilidade Hídrica

De acordo com os Relatórios de Situação dos Recursos Hídricos, bem como no Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (CBH-TJ), o município de Lençóis Paulista encontra-se inserido na Sub-Bacias do Rio Lençóis, apresentando uma tendência de redução ao longo dos anos, em relação a quantidade de água, devido ao crescimento populacional, conforme podemos observar no quadro seguinte:



Tabela 09 – Disponibilidade de Recursos Hídricos – UGRHI 13

Disponibilidade das águas							Síntese da Situação e Orientações para gestão
Parâmetros	Situação						
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Disponibilidade per capita - $Q_{médio}$ em relação à população total ($m^3/hab.ano$)							<p>• Síntese da situação: A disponibilidade de água per capita apresenta tendência de redução ao longo dos anos principalmente devido ao crescimento populacional, já que a demanda que mais cresceu foi a urbana, motivo pelo qual disponibilidade de água subterrânea sofreu maior impacto, ainda assim, existe uma grande diferença entre a demanda urbana outorgada e a estimada.</p> <p>• Orientações para gestão: Definir critérios específicos para controle da concessão de outorga aos usuários principalmente para água subterrânea que não possui nenhum critério técnico de controle dos limites de exploração. Exigir dos serviços de abastecimento de água municipais que implantem, o mais rápido possível, sistemas de controle de perdas.</p>
Disponibilidade per capita de água subterrânea ($m^3/hab.ano$)	2.132	2.110	2.089	2.068	2.050	2.033	
	220	218	215	213	211	210	

Fonte: Relatório de Situação dos Recursos Hídricos – CBH-TJ/2013

3.8 – CLIMA

A região do Estado de São Paulo, na qual se localiza a bacia do Tietê-Jacaré, mais precisamente o município de Lençóis Paulista, caracteriza-se, por clima tropical com estação seca de inverno (Aw-KOEPPEM) com forte precipitação anual, climas megatérmicos e apresenta estação invernososa ausente, temperatura média em torno de $21,8^\circ$, onde a pluviosidade média anual é 1313,9mm, sendo Agosto o mês mais seco (32,4mm) e Janeiro o mês com maior precipitação (215,1mm). O mês mais quente do ano é Fevereiro, podendo atingir a marca de $30,3^\circ$. Em Julho pode atingir a temperaturas baixas de $10,9^\circ$. É denominado de Clima de Monção, onde o regime de pluviosidade, e a conseqüente alternância entre estações seca e chuvosa, é governado pela monção, cujo efeito é causado pelo aparecimento sazonal de grandes diferenças térmicas entre os mares e as regiões continentais adjacentes nas zonas próximas dos bordos externos das células de circulação fechada da



atmosfera terrestre, predominante nas latitudes equatoriais e tropicais (células de Hadley).

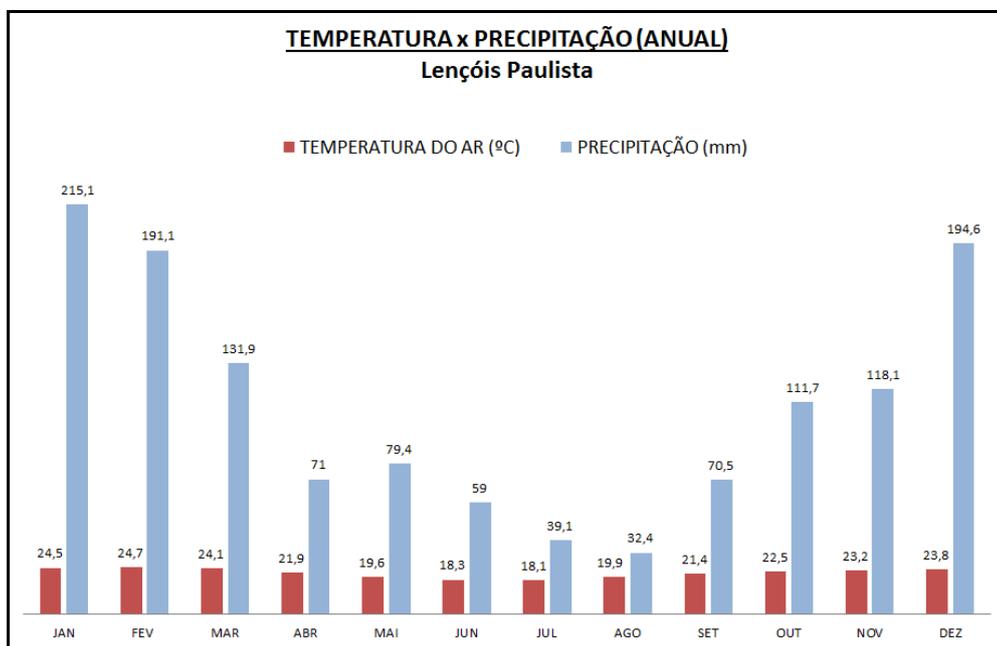


Gráfico 18 – Temperatura x Precipitação (anual) – Município de Lençóis Paulista

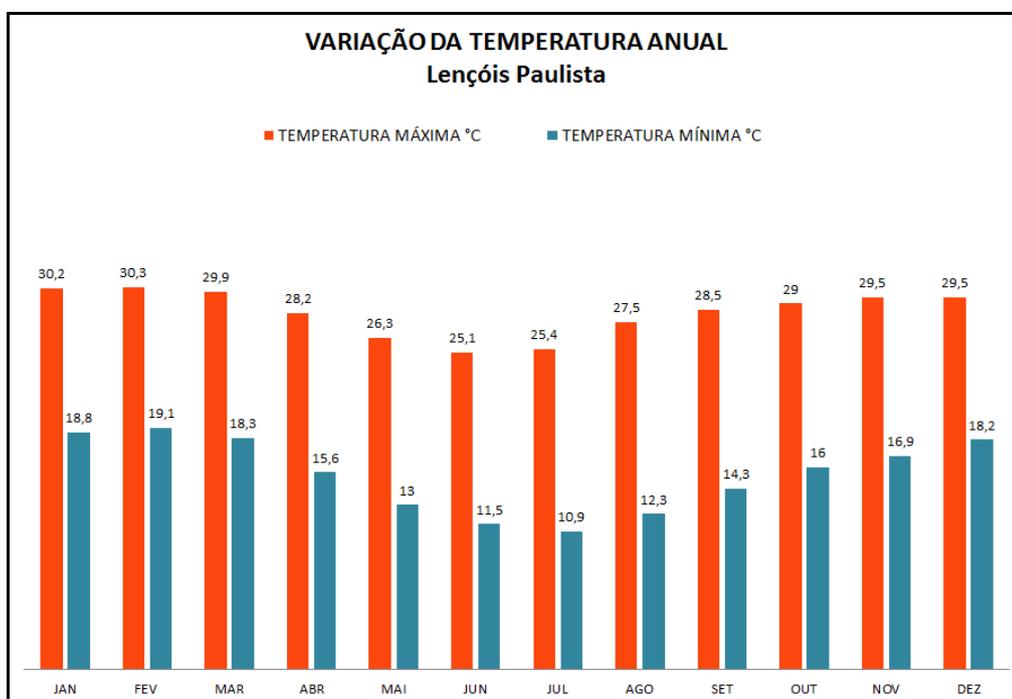


Gráfico 19 – Variação de Temperatura Anual – Município de Lençóis Paulista



Tabela 10 – Classificação Climática de Koeppen

Lençóis Paulista				
Latitude: 22º 21m		Longitude: 48º 28m		Altitude: 560 metros
Classificação Climática de Koeppen: Aw				
MÊS	TEMPERATURA DO AR (C)			CHUVA (mm)
	mínima	média	máxima	
JAN	18.8	24.5	30.2	215.1
FEV	19.1	24.7	30.3	191.1
MAR	18.3	24.1	29.9	131.9
ABR	15.6	21.9	28.2	71.0
MAI	13.0	19.6	26.3	79.4
JUN	11.5	18.3	25.1	59.0
JUL	10.9	18.1	25.4	39.1
AGO	12.3	19.9	27.5	32.4
SET	14.3	21.4	28.5	70.5
OUT	16.0	22.5	29.0	111.7
NOV	16.9	23.2	29.5	118.1
DEZ	18.2	23.8	29.5	194.6
Ano	15.4	21.8	28.3	1313.9
Min	10.9	18.1	25.1	32.4
Max	19.1	24.7	30.3	215.1

Fonte: CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura

4 – DEFINIÇÃO DAS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO

Uma bacia hidrográfica ou bacia de drenagem de um curso de água é o conjunto de terras que fazem a drenagem da água das precipitações para esse curso de água e seus afluentes.

A formação da bacia hidrográfica dá-se através dos desníveis dos terrenos que orientam os cursos da água, sempre das áreas mais altas para as mais baixas.

Essa área é limitada por um divisor de águas que a separa das bacias adjacentes e que pode ser determinado nas cartas topográficas. As águas



superficiais, originárias de qualquer ponto da área delimitada pelo divisor, saem da bacia passando pela seção definida e a água que precipita fora da área da bacia não contribui para o escoamento na seção considerada.

5 – CONSEQUÊNCIAS DA URBANIZAÇÃO NA DRENAGEM DAS BACIAS DE LENÇÓIS PAULISTA

O comportamento do escoamento superficial direto sofre alterações substanciais em decorrência do processo de urbanização de uma bacia hidrográfica, principalmente como consequência da impermeabilização da superfície, o que produz maiores picos e vazões.

O desmatamento causa aumento dos picos e volumes de cheias e, conseqüentemente, da erosão do solo; se o desenvolvimento urbano posterior ocorrer de forma desordenada, estes resultados deploráveis podem ser agravados com o assoreamento em canais e galerias, diminuindo suas capacidades de condução do excesso de água. Além de degradar a qualidade da água e possibilitar a veiculação de moléstias, a deficiência de redes de esgoto contribui também para aumentar a possibilidade de ocorrência de inundações. Uma coleta de lixo ineficiente, somada a um comportamento indisciplinado dos cidadãos, acaba por entupir bueiros e galerias e deteriorar ainda mais a qualidade da água. A estes problemas soma-se a ocupação indisciplinada das várzeas, que também produz maiores picos, aumentando os custos gerais de utilidade pública e causando maiores prejuízos. Os problemas advindos de um mau planejamento não se restringem ao local de estudo, uma vez que a introdução de redes de drenagem ocasiona uma diminuição considerável no tempo de concentração e maiores picos a jusante.

Estes processos estão inter-relacionados de forma bastante complexa, resultando em problemas que se referem não somente as inundações, como também a poluição, ao clima e aos recursos hídricos de uma maneira geral.

Os problemas de controle de poluição diretamente relacionados a drenagem urbana têm sua origem na deterioração da qualidade dos cursos receptores das águas pluviais, no caso da área central do município de Lençóis Paulista, que além de aumentar o volume do escoamento superficial direto, a

Página 47 de 280



impermeabilização da superfície também faz com que a recarga subterrânea, já reduzida pelo aumento do volume das águas servidas (consequência do aumento da densidade populacional), diminua ainda mais, restringindo as vazões básicas a níveis que podem chegar a comprometer a qualidade das águas pluviais.

Logo se vê que estes problemas são inerentes ao processo de urbanização em si, como também ao manejo do solo rural, formando um emaranhado complexo de causas e efeitos, relacionados de forma não biunívoca. Portanto, tal complexidade não permite que possa haver soluções eficientes e sustentáveis que não abranjam todos os processos e suas inter-relações, o que exige que se atue sobre as causas.

Entretanto, os impactos decorrentes do processo de ocupação em uma bacia hidrográfica não são apenas de origem hidrológica. Não menos importantes são os impactos não-hidrológicos que, no caso específico de Lençóis Paulista, possuem relevância bastante significativa. Devido a suas características particulares, os impactos não-hidrológicos mais importantes no que concerne a drenagem urbana em Lençóis Paulista são provenientes da falta de drenagem Urbana.

Dentre os problemas relativos a ocupação do solo, sobressaem-se as consequências diretas da ausência absoluta da observação de normas que impeçam a ocupação de cabeceiras íngremes e de várzeas de inundação, isto tanto na área urbana quanto na zona rural, onde nesta última, por muitas vezes, não são respeitadas nem as Área de Proteção Permanentes definidas na Legislação Nacional.

A inexistência de controle técnico da distribuição racional da população, assim como do manejo adequado do solo rural, dificulta a construção de canalizações e de plantio de vegetação para que se possam eliminar áreas de armazenamento.

O desenvolvimento de um município exige que a capacidade dos condutos seja ampliada, o que aumenta os custos e acirra a disputa por recursos financeiros entre os diversos setores da administração pública, fazendo com que prevaleça, quase sempre, a tendência viciosa de se atuar corretivamente em pontos isolados da bacia hidrográfica, sendo que a escolha desses locais é frequentemente desprovida de quaisquer critérios técnicos.



A drenagem secundária é, então, sobrecarregada pelo aumento da vazão, fazendo com que ocorram impactos maiores na macrodrenagem.

Nota-se que os impactos de características não hidrológicas nas drenagens urbanas e rural se originam, em sua totalidade, nos problemas sociais brasileiros, consequência dos interesses políticos locais e, em última instância, da estrutura organizacional cultural das pessoas. No entanto, cabe aos técnicos propor soluções para esses problemas de origem alheia a engenharia, mesmo em condições adversas, de difícil solução a curto e médio prazos.

Das fases básicas do ciclo hidrológico, talvez a mais importante para o engenheiro seja a do escoamento superficial, que é a fase que trata da ocorrência e transporte da água na superfície terrestre, pois a maioria dos estudos hidrológicos está ligada ao aproveitamento da água superficial e a proteção contra os fenômenos provocados pelo seu deslocamento.

Como já foi visto a existência de água nos continentes é devida a precipitação. Assim, da precipitação que atinge o solo, parte fica retida quer seja em depressões quer seja como película em torno de partículas sólidas. Quando a precipitação já preencheu as pequenas depressões do solo, a capacidade de retenção da vegetação foi ultrapassada e foi excedida a taxa de infiltração, começa a ocorrer o escoamento superficial. Inicialmente, formam-se pequenos filetes que escoam sobre a superfície do solo até se juntarem em corredeiras, canais e rios. O escoamento ocorre sempre de um ponto mais alto para outro mais baixo, sempre das regiões mais altas para as regiões mais baixas.

O processo do escoamento inclui uma série de fases intermediárias entre a precipitação e o escoamento em rios. Para entender o processo do escoamento é necessário entender cada uma destas fases. Esta sequência de eventos é chamada de ciclo do escoamento.

O ciclo do escoamento pode ser descrito em três fases: na primeira fase o solo está seco e as reservas de água estão baixas; na fase seguinte, iniciada a precipitação, ocorrem interceptação, infiltração e escoamento superficial; na última fase o sistema volta a seu estado normal, após a precipitação. Fatores como tipo de vegetação, tipo de solo, condições topográficas, ocupação e uso do solo, são fatores que determinam a relação entre vazão e precipitação.



1ª Fase:

Após um período de estiagem, a vegetação e o solo estão com pouca umidade. Os cursos d'água existentes estão sendo alimentados pelo lençol d'água subterrâneo que mantém a vazão de base dos cursos d'água. Quando uma nova precipitação se inicia, boa parte da água é interceptada pela vegetação, e a chuva que chega ao chão é infiltrada no solo. Exceto pela parcela de chuva que cai diretamente sobre o curso d'água, não existe nenhuma contribuição para o escoamento nesta fase. Parte da água retida pela vegetação é evaporada.

2ª Fase:

Com a continuidade da precipitação, a capacidade de retenção da vegetação é esgotada, e a água cai sobre o solo. Se a precipitação persistir, a capacidade de infiltração do solo pode ser excedida, e a água começa a se acumular em depressões rasas, que em seguida se unem formando um filme de água sobre o solo, começando, então, a mover-se como escoamento superficial, na direção de um curso d'água. A água infiltrada no solo começa a percolar na direção dos aquíferos subterrâneos. Finalmente, se a chuva continuar, o escoamento superficial ocorrerá de forma contínua, na direção de um rio. O nível do lençol freático poderá subir, fornecendo uma contribuição extra de água subterrânea ao escoamento.

Na maioria dos casos, a contribuição das águas subterrâneas para o escoamento superficial, devido a recarga pela chuva, ocorre quando a precipitação já cessou, devido à baixa velocidade do escoamento subterrâneo.

3ª Fase:

Quando a precipitação para, o escoamento superficial rapidamente cessa, a evaporação e a infiltração continuam a retirar água da vegetação e de poças na superfície do solo. O nível do rio está agora mais alto do que no início da precipitação. A água que se infiltrou nas margens do rio, lentamente é liberada, na medida em que o nível do rio baixa até o nível em que permanece nos períodos secos.

O ciclo do escoamento em uma região árida ou semiárida é diferente do que ocorre em uma região úmida. Nas regiões árida e semiárida, a água



subterrânea costuma estar em camadas muito profundas do solo, bem abaixo do leito dos rios. Por isso, a maior parte da vazão dos rios depende apenas da precipitação e, como longos períodos de estiagem separam os períodos chuvosos, os rios são intermitentes.

6 – O ESTUDO DA MACRODRENAGEM DE LENÇÓIS PAULISTA

Uma estratégia essencial para a obtenção de soluções eficientes para o município de Lençóis Paulista é a presente elaboração do Estudo de Macrodrenagem. É altamente recomendável que um estudo deste porte evite medidas locais de caráter restritivo (que frequentemente deslocam o problema para outros locais, chegando mesmo a agravar as localidades a jusante), através de um estudo da bacia hidrográfica como um todo; no que diz respeito às normas e aos critérios de projeto adotados, deve-se considerar a bacia homogênea, através do estabelecimento de período de retorno uniforme, assim como dos gabaritos de pontes, travessias, etc.

O Estudo de Macrodrenagem do município de Lençóis Paulista deverá possibilitar a identificação das áreas a serem preservadas e em se tratando da área urbana, a seleção das que possam ser adquiridas pelo poder público antes que sejam ocupadas, loteadas ou que seus preços se elevem e tornem a aquisição proibitiva. É também fundamental a elaboração do zoneamento da várzea de inundação e o estabelecimento de um escalonamento cronológico e espacial da implantação das medidas necessárias, de forma tecnicamente correta e de acordo com os recursos disponíveis.

O Estudo de Macrodrenagem de Lençóis Paulista deverá ser articulado com as outras atividades urbanas (abastecimento de água e de esgoto, transporte público, planos viários, instalações elétricas, tipo de manejo do solo, etc.) de forma a possibilitar o desenvolvimento da forma mais harmonizada possível. Do estudo deverá também constar a elaboração de campanhas educativas que visem a informar a população sobre a natureza e a origem do problema das degradações ambientais, sua magnitude e consequências, principalmente nos cursos d'água do município.



É de capital importância, principalmente em se tratando da população mais carente, o esclarecimento da comunidade sobre as formas de solução existentes e os motivos da escolha de uma solução. A solicitação de recursos deve ser respaldada técnica e politicamente, dando sempre preferência à adoção de medidas preventivas de maior alcance social e menor custo.

Para tanto, são aqui sugeridas as seguintes etapas para a implantação com sucesso do Estudo de Macrodrenagem de Lençóis Paulista:

- 1-). Determinação das características das bacias de drenagem do município;
- 2-) Simulação do comportamento hidrológico das bacias para condições atuais e futuras;
- 3-) Identificação das possíveis medidas estruturais e não estruturais cabíveis por parte da Prefeitura de Lençóis Paulista;
- 4-) Elaboração de diferentes cenários que quantifiquem os resultados da atuação do Poder Público local;
- 5-) Delineação das várzeas de inundação e áreas de APPs, visando o plantio de árvores e outras medidas técnicas;

6.1 – PRINCÍPIOS BÁSICOS

Dado seu caráter técnico-político, o Estudo de Macrodrenagem de Lençóis Paulista conta com o apoio dos poderes decisórios e da comunidade em geral, por se constituir em um documento político importante.

Nunca se pode esquecer que o sistema de drenagem não é isolado dos diversos sistemas que constituem a organização das atividades do município de Lençóis Paulista, fazendo parte de uma rede complexa, devendo, portanto, ser articulado com os outros sistemas, possibilitando a melhoria do ambiente urbano e rural de forma ampla e harmônica. A ocupação das várzeas de



inundação, áreas de armazenamento e escoamento cuja conformação foi delimitada naturalmente pelo curso d'água em seu estado primitivo, somente deve ocorrer após a adoção de medidas compensatórias, que são, geralmente, onerosas. A solução mais racional é a preservação das várzeas, não apenas visando problemas de inundação, como também no que diz respeito à preservação do ecossistema.

Uma vez que as águas pluviais atinjam o solo, irá escoar, infiltrar ou ficar armazenada na superfície, independentemente da existência, ou não, de um sistema de drenagem adequado. Se armazenamento natural for eliminado pela implantação de uma rede de drenagem sem a adoção de medidas compensatórias eficientes, o volume eliminado acabará sendo conduzido para outro local.

Em outras palavras, os canais, as galerias, os desvios e as reversões deslocam a necessidade de espaço para outros locais, ou seja, transportam o problema para baixo (jusante).

Em se tratando de gestão ambiental, deve-se levar em conta que a qualidade e a quantidade da água são variáveis indissociáveis e que devem sempre ser consideradas em conjunto. As consequências das degradações ambientais em áreas onde a água está deteriorada são muito mais graves, pois estes locais podem se transformar em fontes propagadoras de moléstias e enfermidades. Ademais, a boa qualidade das águas pluviais pode proporcionar recursos utilizáveis para a recarga de aquíferos, irrigação, abastecimento industrial, combate a incêndios e recreação, entre outros benefícios.

Estas observações são princípios essenciais à elaboração do Estudo de Macrodrenagem de Lençóis Paulista, e constituem a base fundamental sobre a qual devem ser orientadas todas as fases do processo.

7 – HIDROLOGIA URBANA DE LENÇÓIS PAULISTA

Normalmente, as bacias ocupadas pelo processo de urbanização são de porte pequeno e médio. Devido a variação natural dos parâmetros que influem no comportamento hidrológico da bacia, a distinção entre bacias pequenas e



médias é imprecisa e até mesmo subjetiva. Comumente, bacias com tempo de concentração inferior a 1 hora e/ou área de drenagem não superior a 2,5 km² são classificadas como pequenas. Bacias com tempo de concentração superior a 12 horas e/ou área de drenagem maior que 1.000 km² se classificam como grandes; bacias médias se situam entre esses dois tipos.

Normalmente, as bacias ocupadas pelo processo de urbanização são de portes pequeno e médio. Devido a variação natural dos parâmetros que influem no comportamento hidrológico da bacia, a distinção entre bacias pequenas e médias é imprecisa e até mesmo subjetiva.

Na grande maioria das vezes, não se dispõe de registros de vazão nas áreas nas quais se pretende realizar obras de drenagem. No entanto, pode-se sintetizar as vazões de projeto por meio dos dados de precipitação. É nesse contexto que a classificação da bacia em pequena ou média é fundamental. Embora se possa utilizar o método racional em bacias pequenas, não é recomendável que o mesmo seja usado para o cálculo das vazões em bacias de porte médio. Devido a necessidade de se considerar a variação temporal da intensidade da chuva e o amortecimento na bacia de porte médio, são usadas, normalmente, técnicas baseadas na teoria do hidrograma unitário, pois do contrário as vazões de pico seriam superestimadas. A escolha do método de cálculo pode ser auxiliada por meio do quadro seguinte, o qual aponta alguns atributos das bacias pequenas e médias.

Tabela 11 – Classificação de Bacias

Característica	Bacia pequena	Bacia média
Varição temporal da intensidade de chuva	Constante	Variável
Varição espacial da intensidade de chuva	Uniforme	Uniforme
Escoamento superficial	Predominante em superfícies	Em superfícies e canais
Armazenamento na rede de canais	Desprezível	Desprezível



7.1 – PERÍODO DE RETORNO

Para se decidir o grau de proteção conferido a população de Lençóis Paulista com a construção das obras de drenagem, deve-se determinar a vazão de projeto. Deve-se, também, conhecer a probabilidade P de o valor de uma determinada vazão ser igualado ou superado em um ano qualquer. A vazão de projeto é imposta de tal forma que sua probabilidade P não exceda um determinado valor pré-estabelecido.

É difícil avaliar os danos resultantes de uma inundação, principalmente quando esses danos não passam de mero transtorno. Os prejuízos decorrentes de inundações (mesmo que não frequentes) de sarjetas e cruzamentos em áreas residenciais da cidade de Lençóis Paulista, podem até mesmo ser desprezíveis, se o acúmulo de água durar pouco de cada vez. Já na uma zona comercial da cidade, esse mesmo tipo de ocorrência pode causar transtornos mensuráveis.

A aplicação de métodos puramente econômicos para o estabelecimento do período de retorno é limitada pela impossibilidade de levar em conta aspectos que não podem ser expressos em termos monetários, por motivos éticos. Além disso, a relação benefício/custo é de difícil quantificação. Quanto maior o período de retorno adotado, maior será a proteção conferida a população de Lençóis Paulista; por outro lado não só o custo, como também o porte das obras e sua interferência no ambiente urbano serão maiores.

Devido a essas dificuldades em estabelecer o período de retorno de forma objetiva, sua escolha acaba recaindo sobre critérios técnicos. Quando a escolha do período de retorno adequado fica a critério exclusivo do projetista, pode-se usar os valores do quadro seguinte, que são valores aceitos de forma mais ou menos ampla pelos técnicos e gozam de certo consenso.

Tabela 12 – Períodos de retorno em função da ocupação da área

Tipo de obra	Tipo de ocupação	Período de retorno (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
Microdrenagem	Comercial	5
Microdrenagem	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5-10
Macro-drenagem	Áreas Comerciais e residenciais	50-100



Para que se possa escolher o valor desejado, é fundamental a distinção entre *risco* e *período de retorno*. A probabilidade P da vazão de projeto ser igualada ou superada durante a vida útil da obra (N anos) é o inverso do período de retorno T, ou seja: $P=1/T$. Há portanto, a cada ano, uma probabilidade de que a obra não falhe igual a $1-1/T$. Portanto, a possibilidade de que ela não venha a falhar em toda sua vida útil é $(1-1/T)^N$, o que implica que o risco, ou probabilidade de que a obra falhe pelo menos uma vez durante sua vida útil é $R=1-(1-1/T)^N$.

Uma vez obtido o período de retorno, conhece-se a tormenta de projeto e a chuva excedente. São, então, aplicadas técnicas que determinam o hidrograma de projeto através do hietograma da chuva excedente.

7.2 – TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

- - *Tempo de retardo* (t_i). É o intervalo de tempo entre os centros de gravidade do hietograma e do hidrograma.
- - *Tempo do pico* (t_p). É o intervalo entre o centro de massa do hietograma e o tempo em que ocorre o pico do hidrograma.
- - *Tempo de ascensão* (t_m). É o intervalo de tempo decorrido entre o início da chuva e o pico do hidrograma.
- - *Tempo de base* (t_b). É o tempo entre o início da precipitação e aquele em que a precipitação ocorrida já escoou através na superfície, ou que a superfície volta as condições anteriores a ocorrência da precipitação.
- - *Tempo de recessão* (t_e). É o tempo necessário para a vazão baixar até o ponto C, quando cessa o escoamento superficial.
- - *Tempo de concentração* (t_c). É o tempo necessário para que a água precipitada no ponto mais distante da bacia participe na vazão do fundo do vale. Esse tempo também é definido como o intervalo de tempo entre o fim da precipitação e o ponto de inflexão do hidrograma.



Entretanto, esses parâmetros estão inter-relacionados através de fórmulas empíricas o que torna suficiente o conhecimento apenas do tempo de concentração.

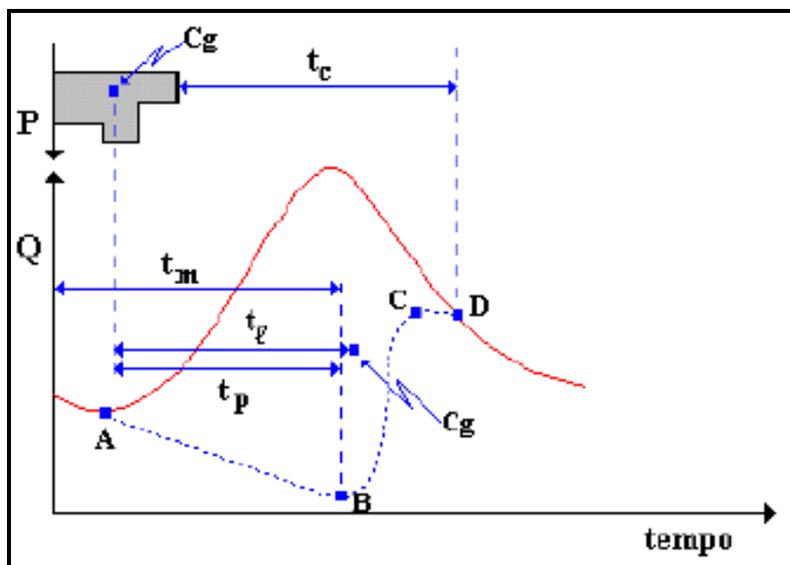


Figura 05 – Hidrograma típico

A grande quantidade de fórmulas que fornecem o valor do tempo de concentração em função das características da bacia e da intensidade de precipitação se originam de estudos experimentais e devem ser aplicadas em condições aproximadas aquelas para as quais foram determinadas. Cada fórmula procura representar um tipo diferente de escoamento, que podem ser classificados em três grupos:

- *Escoamentos em superfícies.* Prevalcem em bacias diminutas e são constituídos de lâminas que escoam a baixa velocidade sobre planos. Dependem sobretudo da intensidade da chuva e da rugosidade e declividade da superfície. A extensão deste tipo de escoamento é raramente superior a 100 metros e, portanto, as fórmulas que os refletem podem ser aplicadas a aeroportos, parques de estacionamento, etc.

- *Escoamentos em canais naturais.* As velocidades são maiores que no caso anterior, pois prevalecem em bacias de maior porte, nas quais os canais são bem delineados, implicando em um escoamento mais eficiente.



Escoamentos que se encaixam nesta categoria dependem menos da intensidade da chuva e da rugosidade do terreno, pois o tempo que a água demora para escoar no canal é maior que na superfície.

- *Escoamentos em canais artificiais e galerias.* As velocidades são ainda mais altas, pois este tipo de escoamento ocorre em bacias que tiveram suas condições primitivas modificadas por obras de drenagem, de maneira significativa.

Com maior ou menor predominância, as três categorias de escoamento ocorrem simultaneamente em uma mesma bacia, dependendo das características da mesma. Com certeza, na área urbana de Lençóis Paulista teremos essas ocorrências. As fórmulas mais usuais são apresentadas a seguir. Em todas elas, o tempo de concentração é obtido em minutos, a declividade S da bacia é dada em m/km e o comprimento L do talvegue, em km. Todas as fórmulas apresentam resultados semelhantes para L = 10 km, a partir do qual passam a divergir.

- **Fórmula de Kirpich.** Para ser utilizada em bacias não maiores que 0,5 km² e declividades entre 3 e 10%.

$$t_c = 3,989 \frac{L^{0,770}}{S^{0,385}}$$

Onde L é o comprimento do talvegue e S é sua declividade. Esta fórmula foi obtida para bacias com canais bem definidos e declividades altas. No entanto, o fato de ter sido desenvolvida para bacias tão pequenas, parece indicar que reflete o escoamento do primeiro tipo.

- **SCS Lag Formula.** Desenvolvida para bacias rurais com áreas de drenagem inferiores a 8 km².

$$t_c = 3,42 \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7} \frac{L^{0,8}}{S^{0,5}}$$



Onde CN é o número da curva (curve number) do método desenvolvido pelo Soil Conservation Service. Deve-se ajustar o valor de CN para bacias urbanas em função da parcela dos canais que foram modificados e da área impermeabilizada. Para uma ocupação não-homogênea do solo urbano, o SCS recomenda que seja feita uma média ponderada dos números da curva.

$$CN = \frac{\sum_{i=1}^k A_i \cdot CN_i}{A}$$

Como as velocidades de escoamento também se alteram, o SCS propõe que o tempo de concentração seja ajustado através da seguinte expressão:

$$F_a = 1 + PRCT(0,02185CN^3 + 0,4298CN^2 - 335CN + 6789) \times 10^6$$

Onde F_a é o fator de correção e PRCT é a porcentagem impermeabilizada da bacia.

- **Método Cinemático do SCS.** Para bacias compostas de trechos de declividades variáveis, esta fórmula se baseia no fato de que a somatória dos tempos de trânsito em cada trecho nada mais é que o tempo de concentração.

-

$$t_c = \frac{100}{6} \sum \frac{L}{V}$$

Do ponto de vista conceitual, este método é o mais correto, pois permite que se leve em conta as características específicas da bacia. O SCS propõe que se use o conteúdo do quadro seguinte para o cálculo das velocidades na parte superior da bacia onde há predominância de escoamento em superfície.

O quadro seguinte apresenta as velocidades médias para os diversos tipos de escoamentos.



Tabela 13 – Velocidades médias (m/s)

Tipo de escoamento	0% ≤ S ≤ 3%	4% ≤ S ≤ 7%	8% ≤ S ≤ 11%	S ≥ 12%
<i>Em superfície de:</i>				
-Florestas	0-0,5	0,5-0,8	0,8-1,0	1,0
-Pastagens	0-0,8	0,8-1,1	1,1-1,3	1,3
-Áreas cultivadas	0-0,9	0,9-1,4	1,4-1,7	1,7
-Pavimentos	0-2,6	2,6-4,0	4,0-5,2	5,2
<i>Em canais:</i>				
-Mal definidos	0-0,6	0,6-1,2	1,2-2,1	***
-Bem definidos	Manning	Manning	Manning	Manning

- **Fórmula de Dooge.** Foi determinada para bacias rurais com áreas de drenagem variando de 140 a 930 km², servindo para os três tipos de escoamento descritos, embora seja mais apropriada para escoamentos em canais.

$$t_c = 21,88 \frac{A^{0,41}}{S^{0,17}}$$

Onde A é a área de drenagem da bacia em km².

É recomendável que se calcule a velocidade média e compare o valor encontrado com os do quadro anterior. Também se recomenda que seja feita uma análise de sensibilidade do hidrograma de projeto com relação a rugosidade, número da curva e outros parâmetros que são determinados com alto grau de incerteza.

7.2.1 - Precipitação Máxima Pontual: IDF

A IDF Intensidade- duração - frequência de um determinado local é obtida a partir de registros históricos de precipitação de pluviógrafos. Esta precipitação é o máximo pontual que possui abrangência espacial reduzida.

A curva IDF de determinado local fornece a intensidade da chuva (mmh-1) para uma dada duração t (horas) e período de retorno Tr (anos).



Para o tempo de retorno escolhido, calcular através da IDF selecionada a precipitação correspondente a duração, espaçadas pelo intervalo de tempo até a duração total. Por exemplo, sendo a duração total de 60 min e o intervalo de tempo de 10 min, calcula-se a partir da IDF as precipitações de 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos. Estes valores são precipitações acumuladas, $P_a(t)$, para cada duração.

Considerando que a precipitação em cada intervalo de tempo é a diferença entre dois intervalos de tempo, obtém-se a primeira versão do hietograma. Por exemplo, $P_i(t=30 \text{ min}) = P_a(30 \text{ min}) - P_a(20 \text{ min})$. Geralmente este resultado mostrará o valor máximo no primeiro intervalo de tempo, portanto o hietograma deve ser reordenado para buscar cenários mais desfavoráveis; 3. Para reordenar o hietograma posicione o maior (primeiro) valor a 50% da duração, o segundo logo após ao anterior e o terceiro antes do maior valor e assim, sucessivamente.

8 – ELEMENTOS DE MICRODRENAGEM URBANA DE LENÇÓIS PAULISTA

Os elementos principais da Microdrenagem que certamente deverão compor os sistemas da área urbana de Lençóis Paulista são: os meio-fio, as sarjetas, as bocas-de-lobo, os poços de visita, as galerias, os condutos forçados, as estações de bombeamento e os sarjetões.

- *Meio-fio*: São constituídos de blocos de concreto ou de pedra, situados entre a via pública e o passeio, com sua face superior nivelada com o passeio, formando uma faixa paralela ao eixo da via pública.

- *Sarjetas*: São as faixas formadas pelo limite da via pública com os meio-fio, formando uma calha que coleta as águas pluviais oriundas da rua.

- *Bocas-de-lobo*: São dispositivos de captação das águas das sarjetas.

- *Poços de visita*: São dispositivos colocados em pontos convenientes do sistema, para permitir sua manutenção.



- **Galerias:** São as canalizações públicas destinadas a escoar as águas pluviais oriundas das ligações privadas e das bocas-de-lobo.

- **Sarjetões:** São formados pela própria pavimentação nos cruzamentos das vias públicas, formando calhas que servem para orientar o fluxo das águas que escoam pelas sarjetas.

8.1 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS COMPONENTES

- **Traçado preliminar das galerias:** O traçado das galerias deve ser desenvolvido simultaneamente com o projeto das vias públicas e parques, para evitar imposições ao sistema de drenagem que geralmente conduzem a soluções mais onerosas. Deve haver homogeneidade na distribuição das galerias para que o sistema possa proporcionar condições adequadas de drenagem a todas as áreas da bacia.

- **Coletores:** A rede coletora pode se situar sob o meio-fio ou sob o eixo da via pública, com recobrimento mínimo de 1,00 m e possibilitar a ligação das tubulações de escoamento das bocas-de-lobo, ligações estas que devem ter um recobrimento mínimo de 60 cm.

- **Bocas-de-lobo:** Recomenda-se que as localizações das bocas-de-lobo obedeçam aos seguintes critérios: Quando for ultrapassada sua *capacidade de engolimento*, ou houver saturação da sarjeta, deve haver bocas-de-lobo em ambos os lados da via. Deverá haver bocas-de-lobo nos pontos mais baixos de cada quadra. Se não se dispuser de dados sobre a capacidade de escoamento das sarjetas, recomenda-se um máximo espaçamento de 60 m entre as bocas-de-lobo. Não se recomenda colocar bocas-de-lobo nas esquinas, pois os pedestres teriam de saltar a torrente em um trecho de descarga superficial máxima para atravessar a rua, além de ser um ponto onde duas torrentes



convergentes se encontram. A melhor localização das bocas-de-lobo é em pontos um pouco à montante das esquinas.

▫ **Poços de visita.** Sugere-se o uso das medidas constantes do quadro seguinte, que apresenta o espaçamento máximo recomendado para os poços de visita. Deve haver poços de visita nos pontos onde há mudança de direção, de declividade e de diâmetro e nos cruzamentos de vias públicas.

Tabela 14 – Espaçamentos entre poços de visita

Diâmetro do conduto (cm)	Espaçamento (m)
30	120
50 - 90	150
100 ou mais	180

▫ **Caixas de ligação:** Quando é necessária a construção de bocas-de-lobo intermediárias ou para evitar que mais de quatro tubulações cheguem em um determinado poço de visita, utilizam-se as chamadas caixas de ligação. A diferença entre as caixas de ligação e os poços de visita é que as caixas não são *visitáveis*.

9 – DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

9.1 – RUAS E SARJETAS

A capacidade de descarga das sarjetas depende de sua declividade, rugosidade e forma. Se não houver vazão excessiva, o abaulamento das vias públicas faz com que as águas provenientes da precipitação escoem pelas sarjetas. O excesso de vazão ocasiona inundação das calçadas, e as velocidades altas podem até erodir o pavimento. Pode-se calcular a capacidade de condução das ruas e sarjetas sob duas hipóteses:

- a) *Água escoando por toda a calha da rua.* Admite-se que a declividade da via pública seja de 3% e que a altura da água na sarjeta seja de 15 cm;



b) *Água escoando somente pelas sarjetas.* Neste caso se admite que a declividade da via seja também de 3%, porém com 10 cm de altura da água na sarjeta. Para os dois casos, usa-se normalmente a fórmula de Chézy com coeficiente de Manning:

$$V = \frac{\sqrt{S}}{n} R_h^{2/3}$$

Onde V é a velocidade na sarjeta em m/s, S é a declividade longitudinal da rua em m/m, R_h é o raio hidráulico e n é o coeficiente de rugosidade de Manning, adotado como 0,013 para pavimentos comuns de vias públicas.

Deve-se levar em conta que as tensões de cisalhamento junto às paredes da sarjeta são irregulares, devido à profundidade transversalmente variável, o que ocasiona um escoamento não-uniforme, mesmo quando em regime permanente. Se a água da sarjeta se acumula em torno da boca-de-lobo, as características da boca-de-lobo serão mais determinantes na altura do escoamento que a sarjeta.

9.2 – BOCAS-DE-LOBO

Há três tipos principais de bocas coletoras, como pode ser visto na figura seguinte.

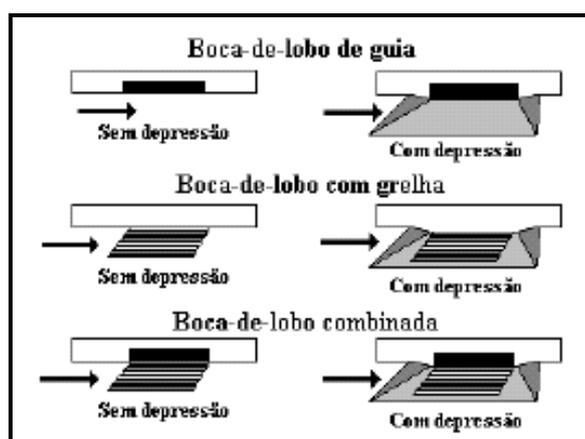


Figura 06 – Tipos de bocas-de-lobo

A água, ao se acumular sobre a boca-de-lobo com entrada pela guia, gera uma lâmina d'água mais fina que a altura da abertura no meio-fio, fazendo



com que a abertura se comporte como um vertedouro de seção retangular, cuja *capacidade de engolimento* é:

$$Q = 1,7Ly^{3/2}$$

Onde Q é a vazão em m³/s, y é a altura da lâmina d'água próxima à abertura da guia e L é o comprimento da soleira em metros.

Se a altura da água superar o dobro da abertura no meio-fio, a vazão é calculada pela seguinte expressão:

$$Q = 3,101Lh^{3/2} \sqrt{\frac{2y-h}{2h}}$$

Onde h é a altura do meio-fio em metros. A opção por uma ou outra fórmula para $h < y < 2h$, fica a critério do projetista.

Para lâminas d'água de profundidade inferior a 12 cm, as bocas-de-lobo com grelha funcionam como um vertedouro de soleira livre, cuja equação é:

$$Q = 1,7Py^{3/2}$$

Onde P é o perímetro do orifício. Se um dos lados da grelha for adjacente ao meio-fio, o comprimento deste lado não deve ser computado no cálculo do valor de P.

Se a profundidade da lâmina for maior que 42 cm, a vazão deve ser calculada por:

$$Q = 2,91A\sqrt{y}$$

Onde A é a área livre da grade em m², ou seja: as áreas das grades devem ser excluídas. Como no caso anterior, o projetista deve se encarregar do critério a ser adotado para $12 \text{ cm} < y < 42 \text{ cm}$.



Teoricamente, a capacidade de engolimento das bocas-de-lobo combinadas é aproximadamente igual à soma das vazões pela abertura na guia e pela grelha. A seguinte mostra detalhes de bocas-de-lobo em corte longitudinal.

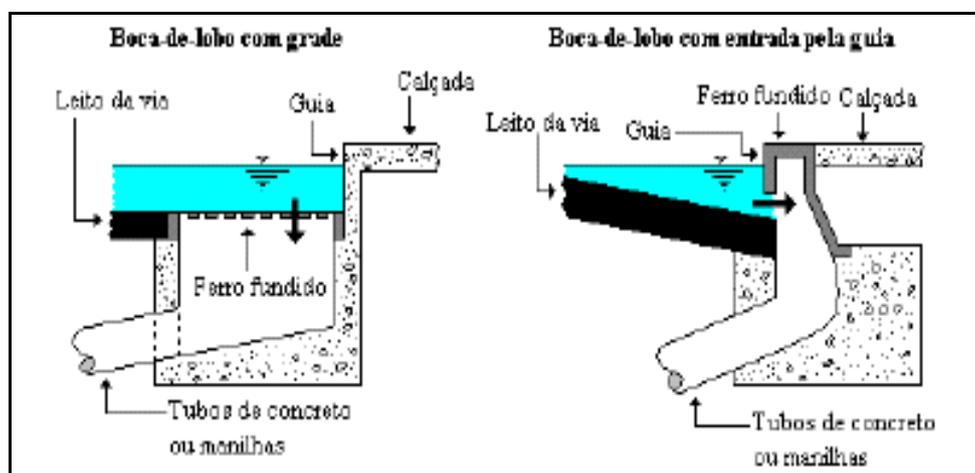


Figura 07 – Bocas-de-lobo

9.3 – GALERIAS

O dimensionamento das galerias é feito através das equações de Chézy, Manning e outras expressões adotadas para o escoamento da vazão de projeto em regime permanente uniforme. O problema principal é a determinação das declividades e dimensões mais econômicas. No entanto, as normas seguintes podem orientar a escolha desses parâmetros:

- ✓ Os condutos devem ser calculados para escoamento permanente e uniforme a seção plena, e com velocidade não inferior a 76 cm/s;
- ✓ Deve-se adotar condutos de no mínimo 60 cm de diâmetro para evitar obstruções;



✓ Nunca se deve diminuir as seções à jusante, pois qualquer detrito que venha a se alojar na tubulação deve ser conduzido até a descarga final;

✓ Para que se minimize o volume de escavação, a declividade dos condutos deve se adaptar o mais que for possível à declividade do terreno;

✓ Os ajustes nas conexões de condutos de seções diferentes devem ser feitos pela geratriz superior interna. Porém, isto não se aplica a junções de ramais secundários que afluem em queda aos poços de visita.

✓ Coeficiente de rugosidade de Manning para Tubos de concreto:

0,012 muito boa;

0,013 boa; (Sistema adotado)

0,015 regular;

0,016 má;

9.4 – POÇOS DE VISITA

Além de proporcionar acesso aos condutos para sua manutenção, os poços de visita também funcionam como caixas de ligação aos ramais secundários. Portanto, sempre deve haver um poço de visita onde houver mudanças de seção, de declividade ou de direção nas tubulações e nas junções dos troncos aos ramais.

Geralmente, os poços são construídos de concreto, tijolos, blocos de concreto ou metal corrugado. A seguinte ilustra a forma mais usual de poços de visita de concreto ou de tijolos. O fundo do poço é, geralmente, de concreto e possui uma canaleta de seção semicircular para o escoamento da água. Os



ramais podem ser ligados diretamente ao poço, ou pode-se, através de uma queda externa, ligá-los ao fundo do poço. Quando a queda exceder 60 cm, normalmente, adota-se esta última solução. Se os condutos tiverem diâmetro superior a 1,20 m, o poço deve ser construído como esquematizado na figura seguinte.

As tampas dos poços, assim como as molduras onde se encaixam, devem ser de ferro fundido com peso variando entre 90 kg (quando submetida a tráfego leve) e 270 kg (em vias principais). As tampas não podem ser lisas para evitar que os veículos derrapem ao trafegar sobre elas. É aconselhável que as tampas sejam aferrolhadas, se houver possibilidade de saltarem por pressão de águas refluídas ou por explosão de gás de esgoto.

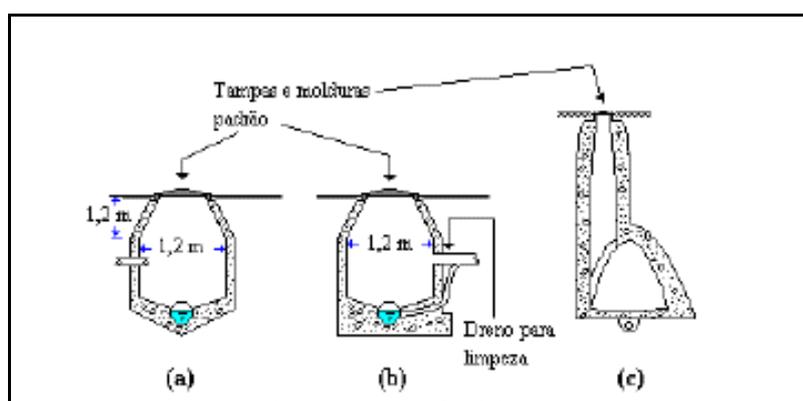


Figura 08 – Poços de visita.

9.5 – REDUÇÃO DA CAPACIDADE DE ESCOAMENTO

No caso das sarjetas de pequena declividade, multiplica-se o valor da capacidade calculada por um fator de redução que considera a obstrução por sedimentos. Recomenda-se o uso dos dados constantes do quadro seguinte:



Tabela 15 – Fatores de redução do escoamento nas sarjetas

Declividade da sarjeta	Fator de redução
0,4 %	0,50
1,0 % a 3,0 %	0,80
5,0 %	0,50
6,0 %	0,40
8,0 %	0,27
10,0 %	0,20

Tanto a obstrução ocasionada por detritos como a irregularidade do pavimento das vias públicas próximo às sarjetas fazem com que a capacidade real de engolimento das bocas-de-lobo seja inferior à calculada. Esta redução pode ser estimada por meio do quadro seguinte:

Tabela 16 – Fatores de redução da capacidade das bocas-de-lobo

Localização na sarjeta	Tipo de boca-de-lobo	Fator de redução
Ponto baixo	De guia	0,80
	Com grelha	0,50
	Combinada	0,65
Ponto intermediário	De guia	0,80
	Com grelha longitudinal	0,60
	Com grelha transversal ou longitudinal com barras transversais combinada	0,60
		110% dos valores indicados para a grelha correspondente

Para as fases seguintes do projeto, estão previstos todos os dimensionamentos hidráulicos/hidrológicos, bem como o detalhamento de todo o sistema de drenagem existente e proposto, considerando os diâmetros apropriados para cada situação.

Será apresentado também um esboço das eventuais soluções encontradas para os possíveis problemas de criticidade que ocorrem no município de Lençóis Paulista, enfocando a melhor solução a ser adotada, bem como as respectivas estimativas de custos.



10 – PROGRAMAS DE DRENAGENS

O Programa deve prever a implantação de medidas imediatas, de curto prazo (até 5 anos), considerando ações como remoção de interferências, desobstrução de galerias e recuperação e adequação de estruturas hidráulicas deficientes ou condenadas estruturalmente; de médio (até 15 anos) e de longo prazo (até 30 anos), desenvolvendo propostas de expansão de capacidade de controle de cheias nos intervalos de tempo citados, avaliadas com a aplicação de análises de benefício/custo, com elementos tangíveis e intangíveis, considerando também sua avaliação ambiental estratégica (AAE).

10.1 – ATIVIDADES TÉCNICAS DE UM PROGRAMA DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Para o desenvolvimento de um Programa de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais deve-se prever o desenvolvimento do conjunto de atividades apresentadas a seguir.

Atividade 1 – Plano de Trabalho

O Plano de Trabalho, que deve detalhar as metodologias a serem empregadas, bem como a estrutura organizacional prevista para o desenvolvimento das atividades técnicas. O Plano de Trabalho constituirá o documento-base norteador de todo o desenvolvimento das atividades que se seguirem.

Atividade 2 – Levantamento de Informações Básicas

Recomenda-se que no levantamento do conjunto de cartografias temáticas das bacias considerem-se também os levantamentos mais antigos, pois serão importantes para o estudo das intervenções já realizadas nas bacias. Ressalta-se que nos planos e projetos desenvolvidos anteriormente encontram-se registros de inundações e propostas de intervenções que devem



ser consolidadas e consideradas nas análises que vierem a ser desenvolvidas. Trata-se de material indispensável para ter conhecimento dos problemas a serem tratados.

Deve-se considerar e analisar detalhadamente os projetos mais relevantes para o controle de cheias na bacia hidrográfica e que se refletiram na configuração atual dos sistemas de macro e de Microdrenagem da cidade. Em especial, naquelas bacias onde já existirem planos e projetos de ações pertinentes ao Programa de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais é essencial que se leve em consideração estes estudos.

Deve-se ter o cuidado para que os estudos existentes estejam em conformidade com os critérios e diretrizes gerais do Programa.

Devem-se analisar planos, estudos e projetos considerados pertinentes, propondo-se medidas de integração com as instituições responsáveis pelo seu desenvolvimento.

Entre as informações básicas a serem levantadas e utilizadas, destacam-se:

- Levantamentos cadastrais dos sistemas de drenagem.
- Uso e Ocupação do Solo Atual (elementos que permitam caracterizar o grau de impermeabilização da bacia e a ocupação das áreas marginais aos corpos de água principais).
- Geologia e geotécnica.

Nesta atividade deve-se realizar o mapeamento das áreas de risco geológico e geotécnico, cruzando-se essas informações com as áreas inundáveis que serão obtidas pelo Programa. Considerar os potenciais de produção de assoreamento e erosão nas bacias onde for aplicável e possibilitar o estudo da capacidade de infiltração e armazenamento das diversas feições pedológicas e geológicas para que seja possível determinar os parâmetros de escoamento que serão utilizados na modelagem hidrológica.

- Caracterização da cobertura vegetal atual e passada.
- População atual e previsão de seu crescimento realizada por estudos recentes.



- Dados pluviométricos e dados fluviométricos (níveis d'água e descargas) oriundos de programa de monitoramento das bacias.
- Dados atualizados das obras hidráulicas (cadastros da micro e da macrodrenagem).
- Estudos hidrológicos e hidráulicos das obras executadas e das previstas.
- Dados de curvas de descarga das estruturas (“as built”) hidráulicas existentes.
- Pontos de alagamento e de inundação observados para os eventos selecionados.

Neste caso os pontos de alagamento referem-se aos sistemas de Microdrenagem e os pontos (ou manchas) de inundação referem-se aos sistemas de macrodrenagem. Recomenda-se que os pontos levantados sejam caracterizados quanto a sua frequência e impactos, e sejam inseridos em um banco de dados Georreferenciado.

- Projetos mais recentes relativos ao setor habitacional, ao setor viário e de transporte e aos serviços de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgotos.
- Projetos Integrados de Controle de Cheias das Bacias Hidrográficas.
- Dados de monitoramento da qualidade da água.
- Dados de monitoramento hidrológico e hidráulico.

Atividade 3 – Levantamento de Campo para Complementação dos Cadastros

Em conjunto com o levantamento e a análise dos dados cadastrais, referentes ao sistema de macrodrenagem das bacias, devem-se levantar os dados e elementos topológicos adicionais que forem necessários a modelagem hidráulico-hidrológica do sistema. Devem ser considerados os diversos cenários que serão estudados no Programa.

O cadastro final deve apresentar seções transversais suficientes para bem caracterizar o leito de escoamento do canal ou galeria, incluindo todas as



singularidades existentes, tais como: curvas, inflexões, transições, estreitamentos bruscos, mudanças de declividades, entradas de afluentes, desemboques, etc.

Deve-se incluir ainda a caracterização topológica de reservatórios de amortecimento de cheias, lagos e represas que, de alguma forma, interfiram no regime hidráulico-hidrológico do sistema.

Também se devem cadastrar os trechos críticos dos sistemas de Microdrenagem que drenam áreas sujeitas a inundação ou que de, alguma forma, interfiram no desempenho do sistema de macrodrenagem.

Os traçados e principais características das redes existentes devem ser indicados em planta.

Aconselha-se que a precisão do cadastro seja compatível com a precisão dos demais dados de entrada dos modelos de simulação. Sugere-se também que os cadastros e nivelamentos sejam georreferenciados ao mesmo sistema de referência da base cartográfica adotada.

Atividade 4 – Cartografia das Bacias a serem Estudadas

Nesta atividade deve ser preparada a cartografia básica de referência para os planos de informação (“layers”) georreferenciados dos diversos temas que devem ser abordados na elaboração do Programa de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais.

Recomenda-se que os dados e informações coletados, bem como os produtos gerados nas demais atividades do Programa, sejam armazenados e tratados em bancos de dados georreferenciados.

Para a modelagem hidráulico-hidrológica do sistema de macrodrenagem, associado ao cadastro do sistema de canais/galerias/estruturas existentes devem ser utilizados mapas em escala compatível como padrão de documentação exigido pelo Programa. Os estudos hidrodinâmicos devem ser realizados em escala mais detalhada compatível com a delimitação precisa da planície de inundação.

Para os estudos de ocupação territorial devem ser utilizadas imagens recentes de satélite, retificadas e georreferenciadas.



Atividade 5 – Diagnóstico Hidrológico e Hidráulico – Desenvolvimento dos modelos Computacionais de Simulação

Sugere-se a utilização dos modelos computacionais de simulação hidrológica e hidráulica para a verificação do desempenho do sistema de drenagem atual, para o dimensionamento das obras futuras e para verificar os resultados das diversas alternativas de intervenção estudadas.

Para o horizonte de planejamento, o sistema de drenagem deve ser dimensionado para um risco hidrológico equivalente ao período de retorno. Para as etapas intermediárias de implantação deve ser feita a verificação dos riscos hidrológicos correspondentes.

A seguir são descritas as atividades que compreendem o desenvolvimento dos modelos de simulação.

Atividade 5.1 – Monitoramento Hidráulico-Hidrológico da Bacia

Deve ser realizado um programa de monitoramento, iniciando pela especificação detalhada dos pontos de instalação das estações para coleta de dados pluviométricos e fluviométricos. Devem ser adquiridas, instaladas e operadas as estações de monitoramento, as quais devem ser integradas ao sistema de alerta a inundações da cidade.

Na Atividade 2 (Levantamento de Informações Básicas) deve ser pesquisado o que existe de monitoramento hidráulico e hidrológico nas bacias. Caso exista monitoramento, deve ser analisada a consistência dos dados, períodos de observação, localização das estações e a possibilidade de se utilizar esses dados para a calibração e validação dos modelos hidrológicos e hidráulicos.

Se a série de dados disponíveis no início dos trabalhos não permitir a calibração precisa dos modelos, a calibração dos parâmetros de interesse na bacia deve ser em passos sequenciais, a medida da obtenção de novos dados monitorados. Complementarmente, podem-se utilizar dados de outras bacias monitoradas da cidade, com características físicas e hidrológicas semelhantes.



Atividade 5.2 – Desenvolvimento de Modelo Hidrológico para Simulação de Eventos Contínuos no Tempo

A modelagem hidrológica das bacias, assim como a modelagem hidrodinâmica dos respectivos sistemas de drenagem, deve utilizar o estado da arte em ferramentas computacionais conforme apresentado no Volume Tecnologia Aplicada a Drenagem Urbana deste Manual.

O modelo hidrológico deve ter concepção física que permita simular os diversos cenários estudados, caracterizados pelo padrão de uso do solo e pelo conjunto de obras existentes e propostas. Este deve também ser capaz de simular condições de armazenamento naturais em várzeas, bem como o efeito de medidas estruturais de controle na fonte que forem propostas, tais como estruturas de retardamento, interceptação, armazenamento e infiltrações avaliadas no Programa. Os parâmetros de transformação chuva-vazão devem pressupor condição de saturação das bacias. Os critérios de desagregação temporal e de distribuição espacial das chuvas críticas devem ser fundamentados em observações das séries dos eventos críticos nas bacias em estudo.

Atividade 5.3 – Desenvolvimento de Modelo Hidráulico para Simulação de Linhas de Inundação

O modelo hidráulico será utilizado para simulações hidrodinâmicas (regime de escoamento não permanente) e deve ser capaz de gerar linhas de inundação em áreas drenadas por redes de canais abertos e fechados, considerando todos os termos das equações de conservação da massa e de quantidade de movimento.

As linhas de inundação devem ser geradas, ao longo do sistema de macrodrenagem, para cada cenário estudado.



Atividade 6 – Programa de Controle de Cheias (PARTE I)

Atividade 6.1 – Definição de Componentes Básicos do Planejamento

Nesta atividade devem ser definidos horizonte e grau de proteção, considerando-se o dimensionamento das intervenções associadas a eventos produzidos por chuvas com período de retorno previamente determinado na sua configuração final de implantação.

Sugere-se que o horizonte de planejamento seja subdividido em etapas intermediárias sucessivas assim moduladas:

- Etapa de implantação imediata, para sanar os pontos de inundações que forem considerados, em comum acordo com a administração, os mais críticos na bacia.
- Etapa de curto prazo (5 anos).
- Etapa de médio prazo (15 anos).
- Etapa de longo prazo, horizonte de planejamento (30 anos).

Atividade 6.2 – Prospecção do Crescimento Populacional e do Uso e da Ocupação do Solo na Bacia

Esta atividade compreende o desenvolvimento de projeções de crescimento populacional e de uso e ocupação do solo para o horizonte de planejamento considerado, conforme os critérios de construção de cenários de planejamento. Deve ser efetuada a delimitação das áreas atuais e futuras a serem ocupadas pela urbanização, relacionando para cada bacia as respectivas áreas urbanizadas e discriminando-se as suas densidades populacionais.

Devem ser identificadas as áreas de várzea atualmente invadidas e estimadas as tendências da expansão e adensamento urbano em cada bacia, com estimativa das variações de áreas decorrentes dessas expansões, em valores absolutos e relativos.



Os estudos dos cenários futuros devem ser precedidos de estudos demográficos que estimem as populações das bacias até o horizonte do Programa.

Recomenda-se que os resultados dos estudos demográficos sejam apresentados em planos de informação (“layers”) de um banco de dados georreferenciados contendo os seguintes elementos:

- Limites da área urbanizada atual com a distinção das diferentes faixas de densidade.
- Limites das áreas urbanizadas projetados para os anos referentes a etapa de implantação imediata, etapa de curto prazo, etapa de médio prazo e horizonte de planejamento, com a distinção das diferentes faixas de densidade.
- Distribuição espacial da população atual e futura.
- Índices de impermeabilização atuais e futuros.

A expansão e o adensamento da mancha urbana devem ser avaliados considerando as projeções dos estudos demográficos, os novos loteamentos aprovados ou em fase de aprovação, e os limites de ocupação (umbrais de expansão) definidos pela legislação de uso e ocupação do solo, bem como os planos urbanísticos.

Os índices de impermeabilização podem ser determinados a partir da relação entre área impermeável e densidade demográfica. Opcionalmente podem ser usadas curvas propostas em literatura especializada, desde que ajustadas as condições específicas de cada bacia.

Atividade 6.3 – Cenários Hidrológicos

O Programa deve levar em consideração os seguintes cenários:

- Cenário Atual, no qual deve ser estudado o impacto da urbanização atual sobre o sistema de drenagem existente. As simulações deste cenário devem representar, na modelagem, as situações caracterizadas em diagnóstico prévio.



- Cenário Tendencial, no qual deve ser estudado o impacto da urbanização futura sobre o sistema de drenagem existente. Este cenário representará a tendência de aumento dos prejuízos provocados pelas inundações considerando-se a expansão da mancha urbana sem a implantação das medidas de controle propostas pelo Programa. Fornecerá elementos para os estudos de benefícios quando for aplicada a metodologia de custos evitados.
- Cenários Alternativos de Planejamento, que devem representar os efeitos das diversas alternativas de controle estudadas no Programa. Estes cenários devem estar associados as medidas estruturais e não estruturais.

Nestas simulações devem ser concebidas distribuições temporais e espaciais das tormentas com base em referências de eventos observados, maximizados com a proposição de técnicas que levem em conta o estado da arte na Hidrologia e na Hidrometeorologia.

Para possibilitar a avaliação da eficiência das medidas de controle a serem propostas, devem ser calculadas através dos modelos hidráulico-hidrológicos as ondas de cheia e linhas d'água ao longo das bacias correspondentes a chuvas de diversos períodos de retorno (sugere-se 5, 10, 25, 50 e 100 anos).

Atividade 6.4 – Mapeamento das Áreas de Inundação para Diferentes Riscos Hidrológicos

O mapeamento das áreas de inundação nas condições atual e futura para diferentes riscos hidrológicos deve ser realizado com base tanto em levantamentos de campo como também fundamentado nas resultantes do conjunto de simulações que forem desenvolvidas para os diferentes cenários hidrológicos.



Atividade 7 – Programa de Controle de Cheias (PARTE II)

Atividade 7.1 – Proposição de Medidas Estruturais

Nesta atividade devem ser propostas medidas estruturais de proteção das bacias em nível de projeto preliminar coerentes com as medidas globais de controle de cheias.

As bacias estudadas no Programa não devem exportar impactos, o que significa que as vazões de seus exutórios serão limitadas. Para cada bacia, portanto, deve ser definida uma vazão de restrição que não deve ser ultrapassada.

A vazão de restrição de cada bacia é definida em função das suas características, das condições a jusante e do uso e ocupação do solo. Além disso, deve-se considerar a análise de zoneamento das áreas com risco de inundação.

Como princípio geral a vazão de restrição deve ser igual a capacidade máxima de suporte dos trechos a jusante. A determinação da vazão de restrição deve obedecer as seguintes etapas básicas, ilustradas na Figura seguinte:

- a) Determinação da capacidade (C) do trecho de jusante da bacia, que corresponde a vazão máxima suportada pelo trecho sem que provoque inundações para o período de retorno pré-estabelecido.
- b) Determinação do hidrograma de cheias da bacia para as condições futuras de urbanização.
- c) Determinação do volume excedente calculado pela integração do trecho da curva do hidrograma acima da linha correspondente a capacidade C.



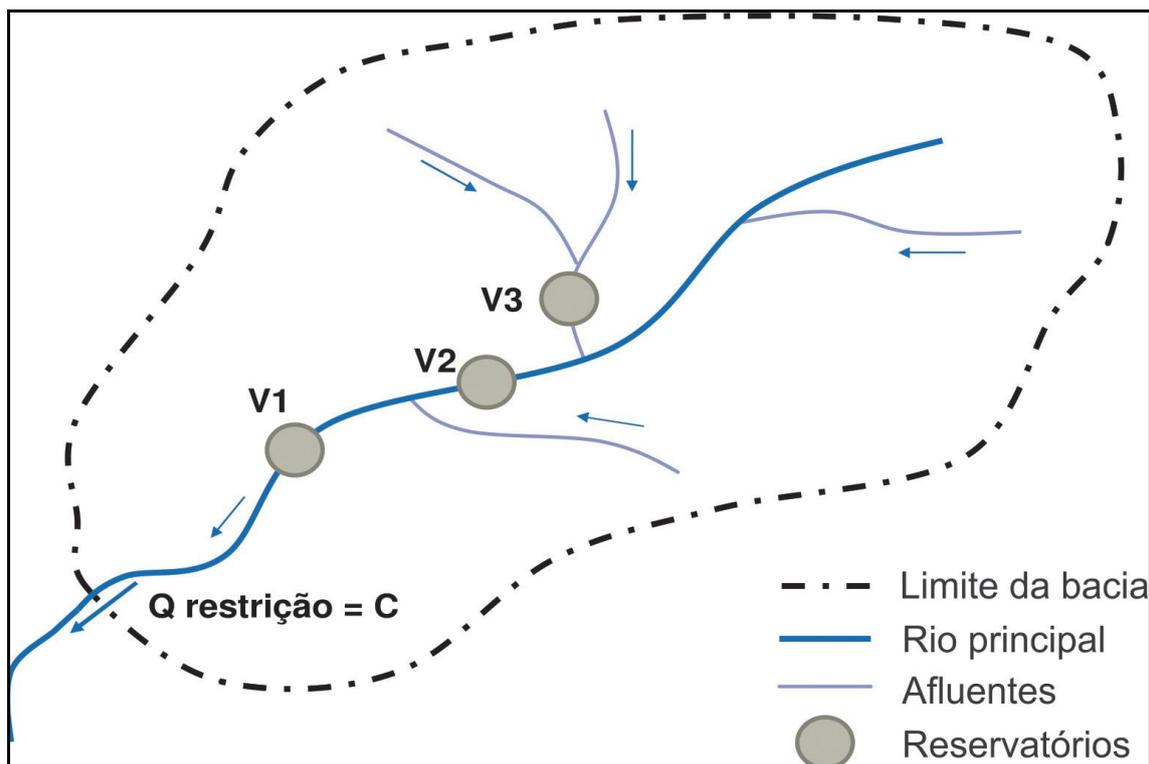


Figura 09: Representação esquemática de um conjunto de medidas estruturais de controle.

No exemplo da Figura 06, a vazão na saída da bacia é controlada através do armazenamento temporário dos volumes V1, V2 e V3 ao longo do sistema hídrico da bacia. A vazão de restrição corresponde a capacidade C do trecho a jusante.

Atividade 7.2 – Medidas Estruturais de Controle na Fonte

Incluem-se no rol das medidas estruturais de controle na fonte as ações que, além de complementar e melhorar o desempenho das demais medidas estruturais e não estruturais, promovam consideráveis melhorias ao meio ambiente urbano.

As bases dessas medidas são a preservação e a restauração, sempre que viável, das áreas ribeirinhas e da vegetação das bacias hidrográficas.

Na fase de aquisição de dados devem ser identificadas as áreas onde essas medidas podem ser aplicadas. Essas áreas incluem trechos do sistema hídrico e áreas públicas passíveis de restauração e de recuperação da



vegetação. Podem ser também incluídas áreas privadas que, dependendo dos recursos destinados a implantação do Programa, possam ser desapropriadas em função do interesse público.

Entre as medidas a serem estudadas ou propostas, destacam-se:

- Recuperação da vegetação ciliar tanto na área urbana como ao longo dos trechos dos rios situados na zona rural, a montante do perímetro urbano.
- Criação de parques lineares para uso como áreas de lazer e de contemplação que, além de retardar o escoamento e melhorar a qualidade das águas, impedem a ocupação irregular das áreas ribeirinhas. Estas medidas devem ser desenvolvidas em paralelo com medidas de reassentamento de famílias vivendo em áreas marginais (considerar viabilidades técnica e econômica) e coerentes com outras intervenções urbanísticas previstas.
- Criação de parques isolados integrados a sistemas de amortecimento e infiltração de águas pluviais.
- Implantação de alagados (“wetlands”) em áreas de várzeas.
- “Renaturalização” de trechos de córregos sujeitos a erosão, com a recomposição das matas ciliares.
- Aplicação de pavimentos permeáveis e de outras medidas estruturais de controle na fonte para a redução de descargas de cheias, possíveis de serem implantadas tanto em áreas públicas quanto privadas na bacia. Além dessas medidas sugere-se um programa de preservação das várzeas alagáveis existentes através da sua incorporação aos parques lineares e um programa de arborização e recomposição da vegetação das áreas urbanas já consolidadas.

A seleção e definição das medidas e ações a serem adotadas devem ser obtidas a partir dos resultados das simulações hidráulico-hidrológicas, referidas na Atividade Cenários Hidrológicos, e considerando as análises benefício/custo das diversas alternativas.

Deve-se prever a implantação gradativa das medidas estruturais e medidas estruturais de controle na fonte em função de análises



benefício/custo e de outras métricas, como por exemplo, aumento gradativo do grau de proteção (25, 50 e 100 anos) – expansão de capacidade do sistema (hierarquização das obras) e da avaliação ambiental.

Deve ser apresentado um resumo de implantação das medidas escalonadas no tempo com os respectivos orçamentos e benefícios (em cada bacia) – benefícios avaliados pela redução e ou eliminação das áreas inundadas.

Atividade 7.3 – Proposição de Medidas Não Estruturais

Dentre as medidas não estruturais a serem consideradas, deve ser proposto esquema de monitoramento hidrológico em tempo real para integração com outros sistemas já existentes. Observa-se que o monitoramento hidrológico referido deverá ser compatibilizado com o monitoramento já existente ou proposto nas bacias em estudo.

Atividade 8 – Anteprojetos das Medidas Estruturais

O nível de detalhamento dos anteprojetos deve ser compatível com o nível de planejamento. Os anteprojetos devem ser utilizados para a previsão de áreas a serem reservadas para as medidas de controle e para a elaboração de orçamentos estimativos que servirão de referência para o planejamento da implantação dessas medidas que farão parte do Programa.

Como sugestão devem ser elaborados projetos com nível de detalhamento suficiente para a execução de orçamentos com precisão de 25% para mais ou para menos. No Plano de Trabalho, deve ser descrito sucintamente a metodologia que se propõem a utilizar para garantir essa precisão.



11. – CONSOLIDAÇÃO DA LEGISLAÇÃO APLICAVEL A DRENAGEM URBANA

11.1 – CONSTITUIÇÃO FEDERAL

11.1.1 – DIREITO AO MEIO AMBIENTE ECOLOGICAMENTE EQUILIBRADO

O art. 225 da CF/88 marcou uma inovação no direito, pois, valendo-se de instrumentos que já constavam da Lei no 6.938/81 (Política Nacional do Meio Ambiente), elevou ao nível da Constituição a temática ambiental.

O fundamento do direito ambiental brasileiro consiste em todos terem “direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial a sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e a coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

O meio ambiente é definido na Constituição como bem de uso comum do povo, expressão que se refere muito mais a interesse, ou necessidade, que a domínio ou a propriedade. Sendo o meio ambiente um objeto do interesse de todos, insere-se no rol dos bens tutelados pelo Poder Público, a quem cabe intervir nas atividades públicas, ou particulares, com vistas a assegurar a sadia qualidade de vida.

11.1.2 – GARANTIA DA FUNÇÃO SOCIOAMBIENTAL DA PROPRIEDADE URBANA

A propriedade é aqui abordada em razão dos efeitos do uso do solo, sobretudo no que tange a sua impermeabilização, ao lançamento das águas da chuva nas ruas e a conseqüente inundação. Daí tratar dos limites do exercício do direito a propriedade.

O art. 5o da CF/88 garante a propriedade privada, atendida a sua função social. Essa determinação indica uma evolução ocorrida no que tange ao conceito de propriedade que, de exercício pleno, passou, ao longo dos séculos, a possuir uma relação intrínseca com seu entorno, de modo a compartilhar

Página 83 de 280



benefícios e garantir a não ocorrência de danos a terceiros. A função social, pois, adicionada ao interesse privado que reveste a propriedade, explicita o interesse público incorporado em seu conteúdo.

A regra da proteção ambiental permeia todo o texto constitucional, ficando muito clara a profunda alteração trazida pelo texto de 1988 no que se refere aos recursos ambientais: de uma situação de exploração ilimitada para outra em que se impõem limites as atividades humanas, condicionando-as as normas ambientais.⁴ Um dos casos desse tipo de limitação trazidos pela CF/88 é o princípio da função social da propriedade. De acordo com essa previsão constitucional, o direito de propriedade deve ser exercido com vistas a atender ou a não prejudicar o interesse público, em que se insere a proteção do meio ambiente e o uso racional dos recursos hídricos e do solo. Daí a existência de normas impondo recuos, gabaritos e coeficientes de aproveitamento; e estabelecendo zoneamento, restrições ao uso das APPs, obrigação de reservar a água da chuva no interior da propriedade, entre outras regras e normas ambientais.

A CF/88 definiu função social da propriedade rural no art. 1866. No que se refere a propriedade urbana, a CF/88 remeteu-se ao Plano Diretor de cada município para tal definição. Ou seja, a política urbana, a ser definida pelos poderes públicos municipais, estabelece quais regras são necessárias para garantir que o direito a propriedade urbana seja exercido em observância a sua função social. Nesse sentido, considerando que o Plano Diretor deve ser guiado pela sustentabilidade e pela proteção ambiental, incluída a segurança pela redução dos riscos de danos causados pelas inundações, a propriedade urbana também deve observar tais parâmetros.

Além disso, o Código Civil determina, no § 1º do art. 1.228 que “o direito de propriedade deve ser exercido em consonância com as suas finalidades econômicas e sociais e de modo que sejam preservados, em conformidade com o estabelecido em lei especial, a flora, a fauna, as belezas naturais, o equilíbrio ecológico e o patrimônio histórico e artístico, bem como evitada a poluição do ar e das águas.” Comparado com as disposições contidas no caput do artigo, que concede ao proprietário a faculdade de “usar, gozar e dispor da coisa, e o direito de reavê-la do poder de quem injustamente a possua ou detenha”, fica clara a imposição de uma restrição ao exercício do direito da



propriedade, com vistas a proteger valores como o meio ambiente e o desenvolvimento sócio econômico.

11.1.3 – O PAPEL DO MUNICÍPIO NA TUTELA DO MEIO AMBIENTE URBANO

A defesa e a preservação do meio ambiente são atribuições do Poder Público – União, Estados, Distrito Federal, Municípios e os respectivos órgãos e entidades – e também da coletividade, que pode ser entendida, nesse caso, como a sociedade em geral.

O art. 182 da Constituição dispõe que a política de desenvolvimento urbano tem por objetivo “ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes”.

Entende-se que as questões relativas a drenagem estão intimamente ligadas a manutenção do desenvolvimento da cidade.

A Constituição estabelece, ainda, o plano diretor como “o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana” e determina que “a propriedade urbana cumpre a sua função social quando atende as exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no plano diretor”. Cabe ao município formular a política urbana, seu plano diretor e, conseqüentemente, determinar a função social da propriedade.

11.1.4 – DOMÍNIO DA ÁGUA

As águas pertencem a União ou aos Estados e ao Distrito Federal, de acordo com a localização dos corpos hídricos. São bens da União “os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio”. São também de domínio da União os lagos, rios e quaisquer correntes que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais.



Ao domínio dos Estados cabem as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União.

O município não é detentor do domínio hídrico. Essa classificação, que vigorava no Código de Águas, modificou-se com a Constituição de 1946, alterando o domínio para a União e os Estados e, por analogia, ao Distrito Federal. O mesmo se pode afirmar com referência as águas particulares.

11.1.5 - SANEAMENTO BÁSICO

A competência legislativa para instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, incluindo habitação, saneamento básico e transportes urbanos, pertence a União. Independentemente disso, o art. 24 da Constituição Federal estabelece a competência legislativa concorrente da União, Estados e Distrito Federal para legislar sobre temas correlatos ao saneamento, como a proteção da saúde e do meio ambiente.

No que se reporta as competências administrativas, é competência comum da União, dos Estados e dos Municípios a promoção de programas de saneamento básico. O saneamento possui uma interface marcante com a saúde, cabendo ao Sistema Único de Saúde (SUS) participar da formulação da política e da execução das ações de saneamento básico.

11.2 – ESTATUTO DAS CIDADES

O Estatuto da Cidade, Lei no 10.257/01, regulamentou os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelecendo normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental, o que significa a confirmação da preocupação com o meio ambiente nas discussões relativas as cidades, em nível de norma geral.



O Estatuto da Cidade se aplica a todo o território nacional, devendo os municípios, responsáveis pela definição das respectivas políticas de desenvolvimento urbano, buscar obrigatoriamente o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade – conforme definido no Plano Diretor e demais normas municipais – e o bem-estar dos seus habitantes.

As diretrizes gerais de política urbana estabelecidas pela lei, relacionando normas urbanísticas e proteção do meio ambiente urbano, atribuem uma função ambiental a propriedade urbana, bem como os instrumentos para sua efetivação.

No tocante ao planejamento, o Estatuto da Cidade fixou diretrizes gerais de política urbana, relacionando as normas de natureza urbanística com as de proteção ambiental. Para tanto, não apenas atribuiu uma função ambiental a propriedade urbana, como também estabeleceu os respectivos instrumentos para a sua consecução. Seu objetivo é regular o uso da propriedade urbana em favor do equilíbrio ecológico e da sadia qualidade de vida, que desempenhará sua função socioambiental de forma a evitar a poluição e a degradação ambiental.

11.3 – POLITICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

A Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, refletiu a preocupação da sociedade brasileira em assegurar o desenvolvimento do país, garantindo a preservação dos recursos naturais. Essa norma mudou definitivamente a forma de tratar as atividades humanas, estabelecendo-se um vínculo de natureza legal entre o desenvolvimento e a proteção do meio ambiente.

11.3.1 - CONCEITOS

O conceito de meio ambiente – “conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a



vida em todas as suas formas” – refere-se fundamentalmente aos conceitos de vida e equilíbrio. Esse equilíbrio inclui o fluxo das águas, inclusive na estação das cheias. Mesmo considerando a ocupação antrópica ao longo dos corpos hídricos, há que manter, na organização das cidades, condições mínimas de sustentabilidade e mesmo de sobrevivência das populações, na ocorrência de fortes chuvas.

Na fixação dos conceitos, a Lei no 6.938/81 identificou a figura do poluidor e causador da degradação ambiental. A pessoa jurídica, de direito público ou privado, foi introduzida no conceito de poluidor. Até então, não estava claro que o Poder Público, ao implantar empreendimentos públicos como estradas, usinas hidroelétricas e loteamentos, poderia ser responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental. Reforçando essa ideia, a lei determina que as atividades empresariais públicas ou privadas serão exercidas em consonância com as diretrizes da Política Nacional do Meio Ambiente.

Tanto as inundações são formas de degradação ambiental como as obras destinadas a evitá-las podem causar, efetiva ou potencialmente, danos.

A poluição foi definida como a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- Prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- Criem condições adversas as atividades sociais e econômicas;
- Afetem desfavoravelmente a biota;
- Afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- Lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

A caracterização da poluição é feita, pois, pela descrição do fato ocorrido, relativo a poluição e a correspondente previsão legal. É o que acontece com uma atividade que tenha prejudicado a saúde, a segurança e o bem-estar da população, ou que tenha criado condições adversas as atividades sociais e econômicas, que tenha afetado desfavoravelmente a biota ou que ainda tenha causado danos as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente. Todas essas situações devem ser comprovadas no respectivo



processo – administrativo ou judicial –, destinado a apurar a ocorrência de um dano ambiental.

Além das situações acima descritas, lançar substâncias fora dos padrões legalmente fixados também caracteriza a poluição. Mas há uma diferença entre essa situação e as demais: neste caso, a poluição ocorre pelo simples fato de haver despejos fora dos padrões legalmente estabelecidos, independentemente dos efeitos que efetivamente ocorram na água, no ar ou no solo. Aplicou-se na alínea e do inciso III do art. 3º da Lei no 6.938/81 a presunção legal de ocorrência de poluição.

Já a degradação da qualidade ambiental consiste na alteração adversa das características do meio ambiente, o que remete para o entendimento de ser a poluição uma espécie do gênero degradação ambiental.

A degradação da qualidade ambiental, da qual uma das causas é a poluição, refere-se justamente a um desequilíbrio provocado pela atividade humana e é definida no art. 3º, II, da Lei no 6.938/81. Trata-se de “alteração adversa das características do meio ambiente”.

11.4 - LICENCIAMENTO AMBIENTAL

As obras a serem realizadas no âmbito de um plano de drenagem devem ser licenciadas, quando couber. O art. 10 da Lei no 6.938/81 determina que a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, considerados efetiva e potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento.

O procedimento administrativo do licenciamento ambiental é formado por um conjunto de atos sucessivos, ora da parte da Administração, ora da parte do empreendedor, cumprindo-se uma série de requisitos que podem, ou não, resultar na expedição das licenças ambientais. Nos termos do art. 10 da Resolução CONAMA no 237/97, esse procedimento obedecerá as seguintes etapas:



- Definição pelo órgão ambiental competente, com a participação do empreendedor, dos documentos, projetos e estudos ambientais necessários ao início do processo de licenciamento correspondente a licença a ser requerida;
- Requerimento da licença ambiental pelo empreendedor, acompanhado dos documentos, projetos e estudos ambientais pertinentes, dando-se a devida publicidade;
- Análise pelo órgão ambiental competente, integrante do SISNAMA, dos documentos, projetos e estudos ambientais apresentados e a realização de vistorias técnicas, quando necessárias;
- Solicitação de esclarecimentos e complementações pelo órgão ambiental competente, integrante do SISNAMA, uma única vez, em decorrência da análise dos documentos, projetos e estudos ambientais apresentados, quando couber, podendo haver a reiteração da mesma solicitação caso os esclarecimentos e complementações não tenham sido satisfatórios;
- Audiência pública, quando couber, de acordo com a regulamentação pertinente;
- Solicitação de esclarecimentos e complementações pelo órgão ambiental competente, decorrentes de audiências públicas, quando couber, podendo haver reiteração da solicitação quando os esclarecimentos e complementações não tenham sido satisfatórios;
- Emissão de parecer técnico conclusivo e, quando couber, parecer jurídico;
- Deferimento, ou indeferimento, do pedido de licença, dando-se a devida publicidade.

O procedimento acima descrito aplica-se, no que couber, aos três tipos de licenças estabelecidos pelo art. 19 do Decreto no 99.274/90, que regulamentou a Lei no 6.938/81:

- Licença Prévia (LP) na fase preliminar do planejamento da atividade, contendo requisitos básicos a serem atendidos nas fases de



localização, instalação e operação, observados os planos municipais, estaduais ou federais de uso do solo;

- Licença de Instalação (LI) autorizando o início da implantação, de acordo com as especificações constantes do Projeto Executivo aprovado;
- Licença de Operação (LO) autorizando, após as verificações necessárias, o início da atividade licenciada e o funcionamento de seus equipamentos de controle de poluição, de acordo com o previsto nas licenças: Prévia e de Instalação.

A LP refere-se a uma fase anterior a qualquer ato material em relação ao empreendimento. Existe um projeto e um local pretendido para a sua implantação. Nesse passo, deve ser analisado o empreendimento a luz dos planos municipais, estaduais ou federais de uso do solo. Após a emissão da LP, a critério do órgão licenciador, estabelece-se uma série de requisitos a serem observados pelo empreendedor e cujo cumprimento será fiscalizado quando das fases de licenciamentos posteriores.

A finalidade da LI é autorizar o início da implantação do projeto, de acordo com o projeto executivo aprovado. No que se refere aos projetos básicos e executivos, mencionados na legislação sobre licenciamento, cabe lembrar que a Lei no 8.666, de 21 de junho de 1993, que trata das licitações e dos contratos com a Administração Pública, estabelece definições que, embora se destinem aos fins daquela lei, constituem um parâmetro de caráter legal.

Nessa linha, projeto básico consiste no conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base em estudos técnicos que assegurem viabilidade técnica e adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento e possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução, devendo conter os seguintes elementos:

- Desenvolvimento da solução escolhida de forma a fornecer visão global da obra e identificar os seus elementos constitutivos com clareza;



- Soluções técnicas globais e localizadas, suficientemente detalhadas, de forma a minimizar a necessidade de reformulação ou de variantes durante as fases de elaboração do projeto executivo e de realização das obras de montagem;
- Identificação dos tipos de serviços a executar e de materiais e equipamentos a incorporar a obra, bem como suas especificações que assegurem os melhores resultados para o empreendimento, sem frustrar o caráter competitivo para sua execução;
- Informações que possibilitem o estudo e a dedução de métodos construtivos, instalações provisórias e condições organizacionais para a obra, sem frustrar o caráter competitivo para sua execução;
- Subsídios para montagem do plano de licitação e gestão da obra compreendendo sua programação, a estratégia de suprimentos, as normas de fiscalização, e outros dados necessários em cada caso;
- Orçamento detalhado do custo global da obra, fundamentado em quantitativos de serviços e fornecimentos propriamente avaliados.

E, de acordo com o inciso X do mesmo artigo, define-se o Projeto Executivo:

- O conjunto dos elementos necessários e suficientes a execução completa da obra, de acordo com as normas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Na fase da Licença de Instalação de um empreendimento, será verificada a observância as exigências fixadas na Licença Prévia como condição essencial de sua concessão. Além disso, será aferido se houve cumprimento das normas e dos padrões de qualidade e emissões estabelecidos pela legislação federal ou estadual. O mesmo ocorre na LO. Após as verificações necessárias, é autorizado o início da atividade.



11.5 - CÓDIGO FLORESTAL, PLANO DE DRENAGEM E APP URBANA

O tema em foco são as APPs em áreas urbanas, objeto do art. 2o, § único da Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965, (Código Florestal) e as suas relações com os planos de drenagem, que preveem as obras e demais medidas necessárias para redução dos riscos de danos causados pelas inundações.

Mas, para que plano de drenagem urbana se refere a matéria ambiental e as APPs? Qual o ponto de intersecção entre essas matérias? Tendo em vista essas questões, um ponto a esclarecer, de antemão, é a pertinência do tratamento das APPs em um plano de drenagem urbana. As respostas encontram-se nas políticas públicas de meio ambiente, recursos hídricos e urbanismo.

Primeiramente, a Lei no 6.938/81, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, determina que “as atividades empresariais públicas ou privadas serão exercidas em consonância com as diretrizes da Política Nacional do Meio Ambiente” (grifo nosso). Drenagem urbana é atividade da administração pública; faz parte do rol de obrigações do município para garantir saúde e segurança aos munícipes; e é serviço público legalmente definido como tal. Assim, além das questões da engenharia – como os projetos e as obras civis e hidráulicas – deve ser considerada a vertente ambiental na arquitetura dos planos de drenagem, incluindo, portanto a consideração das APPs.

Em segundo lugar, quando o município organiza seu plano de drenagem urbana, não deixa de causar um impacto – negativo ou positivo – na situação dos recursos hídricos, com a finalidade de controlar eventos catastróficos e diminuir os danos a pessoas e bens decorrentes de inundações. Portanto, tal atividade mantém relação direta com “[a] prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrente do uso inadequado dos recursos naturais”,⁵⁸ um dos princípios da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei no 9.433/97. Nessa esteira, embora o município não seja detentor do domínio dos recursos hídricos, exerce um papel fundamental para assegurar o princípio acima mencionado.



Esta última questão também está diretamente relacionada com as APPs na medida em que um dos tipos de APP previstos no Código Florestal, conforme será analisado mais detalhadamente adiante, tem justamente a função de assegurar a proteção e a função ambiental dos corpos d'água.

Ambas as leis urbanísticas que envolvem o tratamento jurídico do saneamento e da drenagem – a Lei no 10.257/01 (Estatuto da Cidade) e a Lei no 11.445/07 – são guiadas por princípios ambientais.

Assim, não só a saúde e a segurança da população urbana estão asseguradas, mas também a sustentabilidade ambiental. Desse modo, mais uma vez, a questão ambiental e, portanto, das APPs, permeia as políticas urbanas.

As normas aplicáveis as margens de rios possuem objetivos distintos da necessidade de criação de áreas de drenagem, sobretudo em fundos de vale, que sejam capazes de conter, temporariamente, as enchentes dos rios.

No âmbito da vegetação localizada nas margens dos corpos hídricos, foi editada recentemente a Lei federal no 12.651, de 25-5-2012 que incorpora a Medida Provisória no 571, dispondo sobre a proteção da vegetação nativa. Essa norma altera, entre outras, as Leis no 6.938/81, e 11.428/06 e revoga as Leis no 4.771/1965, e 7.754/1989, bem como a Medida Provisória no 2.166-67/2001. Essa norma encontra-se ainda em discussão no Congresso Nacional, em face da apresentação de novas emendas, não se tendo, até o presente, um cenário concreto de como será delineada a proteção das florestas no país.

Independentemente da edição dessa nova norma federal, e das incertezas e conflitos que revestem esse tema, têm sido inúmeras as dificuldades de aplicabilidade do Código Florestal, principalmente em face das diversas alterações ao longo de sua vigência e da consolidação de construções nesses espaços.

No caso da drenagem, o foco da atuação do Poder Público encontra-se sobre a necessidade de tratar dos aspectos técnicos envolvidos com a ocupação urbana dos fundos de vale, instituindo, por exemplo, o zoneamento das áreas inundáveis, com a definição, em cada caso, dos usos possíveis, que não comprometam a vida e o patrimônio das pessoas que venham a ocupar esses espaços.



11.6 - ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)

As APPs são definidas nos seguintes termos:

- Área protegida nos termos dos arts. 2o e 3o do Código Florestal, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

O Código Florestal atual prevê diversas espécies de APP: ao longo das margens de cursos d'água (art. 2o, "a", "b", e "c"), em áreas topográficas (art. 2o, "d", "e", "g", e "h"), de áreas de vegetação específica (art. 2o, "f") e de destinação por ato do Poder Público (art. 3o).⁶¹ No Manual, o foco consiste nas APPs as margens de cursos d'água e, mais especificamente, conforme já mencionado, nas áreas urbanas.

11.7 - RIOS, CURSOS D'ÁGUA E NASCENTES

Rio vem do latim rivus, que significa "corrente de água". Pode ser classificado segundo seu potencial de utilização ou sua grandeza em extensão e caudal. Assim, o rio pode ser entendido como um curso considerável de água (de grande monta) que tem origem nas montanhas. Recebe águas de regatos e ribeiras e se lança por uma ou outra embocadura, no mar ou noutro rio. De acordo com o Glossário da ANA, rio é "curso de água de grande dimensão que serve de canal natural para a drenagem de uma bacia". Conforme o Glossário da UNESCO trata-se de um "grande curso de água que serve de canal natural de drenagem a uma bacia hidrográfica". Independentemente da diversidade dos conceitos, a essência do que se entende por rio repousa, conforme Antônio de Pádua Nunes, "no volume de água e na sua extensão".

É importante notar que a água que corre nos rios está, necessariamente, em uma calha, ou seja, sobre um leito – ou álveo – e entre margens, onde justamente se localizam as APPs. Segundo Pádua Nunes, citando Daniel de



Carvalho, “a água corrente, as margens e o leito são os três elementos que formam o rio, como partes integrantes de um todo”. O termo corrente vem do latim *currensentis*, que quer dizer “curso de água”. É a água dos rios, córregos ou ribeirões. Ou ainda “água corrente; parte do escoamento que entra num curso d’água depois de queda de chuva ou de fusão de neve”; “igual a soma do escoamento superficial, subsuperficial e da precipitação direta sobre a calha fluvial”.

Curso de água, por sua vez, é, segundo a Instrução Normativa MMA 04/2000, o “canal natural para drenagem de uma bacia, tais como: boqueirão, rio, riacho, ribeirão, córrego ou vereda”. A UNESCO utiliza a seguinte definição:

“Canal natural ou artificial através do qual a água pode fluir”. A Norma da Portaria DAEE72 no 717/96 define como “qualquer corrente de água, canal, rio, riacho, ribeirão ou córrego”.

Por fim, para a ANA, a definição é a seguinte:

“Canal natural ou artificial pelo qual a água escoia contínua ou intermitentemente (por exemplo, sazonalmente)”;

“rio natural mais ou menos importante, não totalmente dependente do escoamento superficial da vizinhança imediata, correndo em leito entre margens visíveis, com vazão contínua ou periódica, desembocando em ponto determinado numa massa de água corrente (curso de água ou rio maior) ou imóvel (lago, mar), podendo também desaparecer sob a superfície do solo”; “massa de água escoando geralmente num canal superficial natural”; “água que escoia num conduto aberto ou fechado”; “jato de água que flui de um orifício ou massa de água corrente subterrânea”.

Convém ainda esclarecer o significado de alguns elementos utilizados na definição de rios e cursos d’água. O canal é a “parte mais profunda do leito de um curso de água pela qual flui o caudal principal; curso de água natural ou artificial, claramente diferenciado, que permanece ou periodicamente contém água em movimento ou que forma uma ligação entre duas linhas de água”



Ribeira é “pequeno curso de água superficial, geralmente com escoamento contínuo e, de certo modo, turbulento”, ou “curso de água natural em geral menor do que um rio; curso de água natural, normalmente pequeno e tributário de um rio” . Riacho é um “pequeno rio, córrego”, ou ainda “curso d’água natural, normalmente pequeno e tributário de um rio; pequeno curso d’água que serve como canal de drenagem natural para uma bacia vertente de pequena extensão”. Córrego é o mesmo que “riacho; via estreita e funda entre montanhas; desfiladeiro”.

Como se pode verificar, os termos rio, ribeirão, ribeira, riacho e arroio são empregados de forma geral e não possuem critérios técnicos de diferenciação. O que se pode inferir é que o vocábulo rio refere-se a um curso de água de maior caudal, em relação aos demais termos.

Nascentes, por sua vez, é o “ponto no solo ou numa rocha de onde a água flui naturalmente para a superfície do terreno ou para uma massa de água” ou “local onde a água emerge naturalmente, de uma rocha ou do solo, para a superfície do solo ou para uma massa de água superficial”.

Olhos d’água são considerados sinônimo de *nascentes* e definidos como o “local onde se verifica o aparecimento de água por afloramento do lençol freático”, ou “designação dada aos locais onde se verifica o aparecimento de uma fonte ou mina d’água”; “as áreas onde aparecem olhos d’água são, geralmente, planas e brejosas”.

Note-se que o sistema de drenagem natural é formado por corpos d’água, cujas águas fluem de um ponto mais alto para um ponto mais baixo. O curso d’água origina-se em uma nascente e tem seu destino em uma foz.

11.8 - PLANO DIRETOR ESTRATÉGICO

A Lei no 13.430, de 13 de setembro de 2002, institui o Plano Diretor Estratégico (PDE) e o Sistema de Planejamento e Gestão do Desenvolvimento Urbano.

O Plano Diretor Estratégico é instrumento global e estratégico da política de desenvolvimento urbano, determinante para todos os agentes públicos e privados que atuam no Município. O Plano Diretor Estratégico é parte



integrante do processo de planejamento municipal, devendo o Plano Plurianual, as Diretrizes Orçamentárias e o Orçamento Anual incorporar as diretrizes e as prioridades nele contidas. Além do Plano Diretor Estratégico, o processo de planejamento municipal compreende, nos termos do art. 4º da Lei Federal no 10.257, de 10 de julho de 2001 – Estatuto da Cidade, os seguintes itens: disciplina do parcelamento, do uso e da ocupação do solo e zoneamento ambiental.

Segundo parágrafo único da Política Urbana do Município são funções sociais dos Municípios de São Paulo proporcionar condições gerais para melhor habitar e desempenhar atividades econômicas e sociais e o pleno exercício da cidadania, bem como prover infraestrutura básica e de comunicação.

A Política Urbana do Município deverá obedecer as seguintes diretrizes: implantação do direito a infraestrutura urbana, a ordenação e controle do uso do solo, de forma a combater e evitar o parcelamento do solo, a edificação ou o uso excessivo ou inadequado em relação a infraestrutura urbana; a poluição e a degradação ambiental; e a excessiva ou inadequada impermeabilização do solo.

Quanto as questões do meio ambiente e desenvolvimento urbano o PDE, em seu art. 54, destaca que a Política Ambiental no Município se articula as diversas políticas públicas de gestão e proteção ambiental, de áreas verdes, de recursos hídricos, de saneamento básico, de drenagem urbana e de coleta e destinação de resíduos sólidos.

Os objetivos da Política Ambiental do PDE estão profundamente relacionados ao manejo das águas pluviais do Município, sendo eles:

- Implantar as diretrizes contidas na Política Nacional do Meio Ambiente, Política Nacional de Recursos Hídricos, Política Nacional de Saneamento, Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar, Lei Orgânica do Município e demais normas correlatas e regulamentares da legislação federal e da legislação estadual, no que couber;
- Proteger e recuperar o meio ambiente e a paisagem urbana;



- Controlar e reduzir os níveis de poluição e de degradação em quaisquer de suas formas;
- Pesquisar, desenvolver e fomentar a aplicação de tecnologias orientadas ao uso racional e a proteção dos recursos naturais;
- Ampliar as áreas integrantes do Sistema de Áreas Verdes do Município;

As diretrizes da Política Ambiental do Município, as quais se vinculam aos objetivos da gestão da drenagem urbana, constituem-se em:

- Aplicação dos instrumentos de gestão ambiental, estabelecidos nas legislações federal, estadual e municipal, bem como a criação de outros instrumentos, adequando-os as metas estabelecidas pelas políticas ambientais;
- Estabelecimento do zoneamento ambiental compatível com as diretrizes de ocupação do solo;
- Controle do uso e da ocupação de fundos de vale, áreas sujeitas a inundação, mananciais, áreas de alta declividade e cabeceiras de drenagem;
- Ampliação das áreas permeáveis no território do Município;
- Controle da poluição da água, do ar e a contaminação do solo e subsolo;
- Definição de metas para redução da poluição

Outro tópico de interesse para o controle e gestão das águas pluviais do PDE é a ação estratégica para a gestão da Política Ambiental em observar a Lei Federal no 9605, de 12 de fevereiro de 1998 – de Crimes Ambientais; e a implantação de parques lineares dotados de equipamentos comunitários de lazer, como forma de uso adequado de fundos de vale, desestimulando invasões e ocupações indevidas;

Em relação as questões do saneamento básico o PDE estabelece os objetivos para os Serviços de Saneamento (art. 64 da Lei no 13.430/02). Dentre estes objetivos são de interesse da drenagem urbana: despoluir os



cursos d'água, recuperar talvegues e matas ciliares e ainda reduzir a poluição afluente aos corpos d'água através do controle de cargas difusas.

Entre as ações estratégicas para os serviços de saneamento o PDE ainda estabelece no art. 66:

- Priorizar a implantação de sistemas de captação de águas pluviais para utilização em atividades que não impliquem em consumo humano;
- Promover a instalação de grelhas em bocas de lobo do Município.

Em relação a drenagem urbana o PDE apresenta os objetivos do sistema de drenagem urbana do Município, entre os quais estão:

- Equacionar a drenagem e a absorção de águas pluviais combinando elementos naturais e construídos;
- Garantir o equilíbrio entre absorção, retenção e escoamento de águas pluviais;
- Interromper o processo de impermeabilização do solo;
- Conscientizar a população quanto a importância do escoamento das águas pluviais;
- Criar e manter atualizado cadastro da rede e instalações de drenagem em sistema georreferenciados.

O PDE estabelece que as diretrizes para o Sistema de Drenagem Urbana são:

- O disciplinamento da ocupação das cabeceiras e várzeas das bacias do Município, preservando a vegetação existente e visando a sua recuperação;
- A implantação da fiscalização do uso do solo nas faixas sanitárias, várzeas, fundos de vale e nas áreas destinadas a futura construção de reservatórios;
- A definição de mecanismos de fomento para usos do solo compatíveis com áreas de interesse para drenagem, tais como



parques lineares, áreas de recreação e lazer, hortas comunitárias e manutenção da vegetação nativa;

- O desenvolvimento de projetos de drenagem que considerem, entre outros aspectos, a mobilidade de pedestres e portadores de deficiência física, a paisagem urbana e o uso para atividades de lazer;
- A implantação de medidas não estruturais de prevenção de inundações, tais como controle de erosão, especialmente em movimentos de terra, controle de transporte e deposição de entulho e lixo, combate ao desmatamento, assentamentos clandestinos e a outros tipos de invasões nas áreas com interesse para drenagem;
- O estabelecimento de programa articulando os diversos níveis de governo para a implantação de cadastro das redes e instalações.

O Sistema de Drenagem Urbana tem como ações estratégicas as seguintes medidas:

- Elaborar e implantar o Plano Diretor de Drenagem do Município de Lençóis;
- Preservar e recuperar as áreas com interesse para drenagem, principalmente várzeas, faixas sanitárias e fundos de vale;
- Implantar sistemas de retenção temporária das águas pluviais (reservatórios de detenção);
- Desassorear, limpar e manter os cursos d'água, canais e galerias do sistema de drenagem;
- Implantar os elementos construídos necessários para complementação do sistema de drenagem na Macrozona de Estruturação Urbana;
- Introduzir o critério de “impacto zero” em drenagem, de forma que as vazões ocorrentes não sejam majoradas;
- Permitir a participação da iniciativa privada na implantação das ações propostas, desde que compatível com o interesse público;



- Promover campanhas de esclarecimento público e a participação das comunidades no planejamento, implantação e operação das ações contra inundações;
- Regulamentar os sistemas de retenção de águas pluviais nas áreas privadas e públicas controlando os lançamentos de modo a reduzir a sobrecarga no sistema de drenagem urbana;
- Revisar e adequar a legislação voltada a proteção da drenagem, estabelecendo parâmetros de tratamento das áreas de interesse para drenagem, tais como faixas sanitárias, várzeas, áreas destinadas a futura construção de reservatórios e fundos de vale;
- Adotar, nos programas de pavimentação de vias locais e passeios de pedestres, pisos drenantes e criar mecanismos legais para que as áreas descobertas sejam pavimentadas com pisos drenantes;
- Elaborar o cadastro de rede e instalações de drenagem.

O PDE apresenta a questão do manejo dos resíduos sólidos que possui ligação direta com a adequada gestão da drenagem urbana. Dentre os objetivos da Política de Resíduos Sólidos listados no PDE são de interesse para o município os incisos II, V, VI, XI e XII, conforme listados a seguir:

- Promover um ambiente limpo e bonito por meio do gerenciamento eficaz dos resíduos sólidos e recuperação do passivo paisagístico e ambiental;
- Preservar a qualidade dos recursos hídricos pelo controle efetivo do descarte de resíduos em áreas de mananciais;
- Implantar uma gestão eficiente e eficaz do sistema de limpeza urbana;
- Controlar a disposição inadequada de resíduos pela educação ambiental, oferta de instalações para disposição de resíduos sólidos e fiscalização efetiva;
- Recuperar áreas públicas degradadas ou contaminadas.

O Plano conceitua, na base da construção lógica deste conjunto que constitui seu eixo estratégico de desenvolvimento urbano e ordenação do



território, quatro redes estruturais de suma importância para a definição dos vetores de crescimento, adensamento e mobilidade do Município, sob a noção de “elementos estruturadores” (art. 101, I):

- Rede Hídrica Estrutural;
- Rede Viária Estrutural;
- Rede Estrutural de Transporte Público Coletivo;
- Rede Estrutural de Eixos e Polos de Centralidades.

Estas redes estruturais formam “o arcabouço permanente da Cidade, os quais, com suas características diferenciadas, permitem alcançar progressivamente maior aderência do tecido urbano ao sítio natural, melhor coesão e fluidez entre suas partes, bem como maior equilíbrio entre as áreas construídas e os espaços abertos (...)”. (Art. 101, § 1o). Destacam-se as definições dadas, no mesmo parágrafo, a essas quatro redes:

“I – a Rede Hídrica Estrutural é constituída pelos cursos d’água e fundos de vale, eixos ao longo dos quais serão propostas intervenções urbanas para recuperação ambiental – drenagem, recomposição de vegetação e saneamento ambiental – conforme estabelecido no Plano de Recuperação Ambiental de Cursos d’água e Fundos de Vale;

II – a Rede Viária Estrutural, constituída pelas vias que estabelecem as principais ligações entre as diversas partes do Município e entre este e os demais municípios e estados;

III – a Rede Estrutural de Transporte Público Coletivo que interliga as diversas regiões da Cidade atende à demanda concentrada e organiza a oferta de transporte, sendo constituída pelos sistemas de alta e média capacidade, tais como o metrô, os trens urbanos e os corredores de ônibus;

IV – a Rede Estrutural de Eixos e Polos de Centralidades, constituída pelo centro histórico principal e pelos centros e eixos de comércio e serviços consolidados ou em consolidação, e pelos grandes equipamentos urbanos, tais



como parques, terminais, centros empresariais, aeroportos e por novas centralidades a serem criadas.” (Art. 101, § 1o)

No que respeita a rede hídrica estrutural, aplicam-se as diretrizes estratégicas contidas nos arts. que institui o Programa de Recuperação Ambiental de Cursos d’Água e Fundos de Vales, que estabelece os objetivos do Programa e que estabelece as Áreas de Intervenção Urbana para a implantação dos parques lineares.

O conjunto dessas disposições não deixa dúvidas quanto a determinação do Plano em garantir a integridade da rede hídrica, principalmente mediante o desenvolvimento de parques lineares e a preservação de faixas non aedificandi. Caminhos de circulação de pedestre e ciclovias, juntamente com a promoção de ações em saneamento e preservação do sistema de drenagem pluvial em relação aos lançamentos de esgotos compõem uma concepção de conjuntos urbano-ambientais, lindeiros a rede hídrica estrutural, diametralmente oposta ao padrão das avenidas de fundos de vale.

O Programa de Recuperação Ambiental de Cursos d’Água e Fundos de Vale tem como objetivos, com interesse para o sistema de gestão da drenagem urbana:

- Ampliar progressiva e continuamente as áreas verdes permeáveis ao longo dos fundos de vale da Cidade, de modo a diminuir os fatores causadores de inundações e os danos delas decorrentes, aumentando a penetração no solo das águas pluviais e instalando dispositivos para sua retenção, quando necessário;
- Ampliar os espaços de lazer ativo e contemplativo, criando progressivamente parques lineares ao longo dos cursos d’água e fundos de vale não urbanizados;
- Garantir a construção de habitações de interesse social para reassentamento, na mesma sub-bacia, da população que eventualmente for removida;



- Integrar as áreas de vegetação significativa de interesse paisagístico, protegidas ou não, de modo a garantir e fortalecer sua condição de proteção e preservação;
- Recuperar áreas degradadas, qualificando-as para usos adequados ao Plano Diretor Estratégico;
- Integrar as unidades de prestação de serviços em geral e equipamentos esportivos e sociais aos parques lineares previstos;
- Construir, ao longo dos parques lineares, vias de circulação de pedestres e ciclovias;
- Mobilizar a população envolvida em cada projeto de modo a obter sua participação e identificar suas necessidades e anseios quanto as características físicas e estéticas do seu bairro de moradia;
- Motivar programas educacionais visando ao correto manejo do lixo domiciliar, a limpeza dos espaços públicos, ao permanente saneamento dos cursos d'água e a fiscalização desses espaços;
- Criar condições para que os investidores e proprietários de imóveis beneficiados com o Programa de Recuperação Ambiental forneçam os recursos necessários a sua implantação e manutenção, sem ônus para a municipalidade;
- Promover ações de saneamento ambiental dos cursos d'água;
- Implantar sistemas de retenção de águas pluviais;
- Buscar formas para impedir que as galerias de águas pluviais sejam utilizadas para ligações de esgoto clandestino.

11.9 - LEI DAS PISCININHAS

A Lei Municipal no 13.276, de 4 de janeiro de 2002, representa um grande marco na legislação municipal para o controle do escoamento pluvial em lote. Esta Lei, conhecida como Lei das Piscininhas, torna obrigatória a execução de reservatório de armazenamento para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes edificados ou não.

Conforme consta na Lei no 13.276/02, deverão ser executados reservatórios para acumulação das águas pluviais nos lotes edificados ou não



que tenham área impermeabilizada superior a 500 m², como condição para obtenção do Certificado de Conclusão ou Auto de Regularização previstos na Lei no 11.228, de 26 de junho de 1992169.

A capacidade do reservatório deverá ser calculada com base na equação abaixo:

$$V = 0,15 \cdot A_i \cdot IP \cdot t$$

Onde:

V = volume do reservatório (m³);

A_i = área impermeabilizada (m²);

IP = índice pluviométrico igual a 0,06 m/h;

t = tempo de duração da chuva igual a uma hora.

A Lei das Piscininhas estabelece a necessidade de instalação de um sistema que conduza ao reservatório toda água captada por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos, e ainda que a água armazenada no reservatório deverá preferencialmente infiltrar-se no solo, podendo ser despejada na rede pública de drenagem após uma hora de chuva ou ser conduzida para outro reservatório para ser utilizada para finalidades não potáveis.

As áreas de estacionamentos deverão ter 30% de sua área com piso drenante ou com área naturalmente permeável. Em caso de descumprimento do estabelecido neste artigo, o estabelecimento infrator não obterá a renovação do seu alvará de funcionamento.

11.10 - OUTORGA DE RECURSOS HÍDRICOS

A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei no 9.433/97) estabeleceu a outorga de direitos de uso de recursos hídricos, com o objetivo de assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso a água.



A outorga de direito de uso de recursos hídricos é um ato administrativo, de autorização ou concessão, mediante o qual o Poder Público faculta ao outorgado fazer uso da água por determinado tempo, finalidade e condição expressa no respectivo ato.

A drenagem urbana, conforme o estabelecido no Art. 12 da Lei no 9.433/97, está sujeita a outorga pelo Poder Público, uma vez que se enquadra nos seguintes itens da Lei:

- Lançamentos em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final.
- Outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

O Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE é a entidade do Estado de São Paulo competente para efetuar o controle dos recursos hídricos de domínio estadual, incluindo a outorga do direito de uso de recursos hídricos.

Nos termos da Lei no 7.663/91, compete ao Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, no âmbito do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SIGRH, exercer as atribuições que lhe forem conferidas por lei, especialmente:

1. Autorizar a implantação de empreendimentos que demandem o uso de recursos hídricos, sem prejuízo da licença ambiental;
2. Cadastrar os usuários e outorgar o direito de uso dos recursos hídricos e
3. Efetuar a cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

Desta forma, o usuário que pretender fazer uso das águas de um corpo hídrico deve solicitar a outorga (autorização, concessão ou licença) ao DAEE. Deve solicitar a outorga aquele que fizer o uso ou interferir nos recursos hídricos das seguintes formas:

- Na implantação de qualquer empreendimento que demande a utilização de recursos hídricos (superficiais ou subterrâneos);



- Na execução de obras ou serviços que possam alterar o regime (barramentos, canalizações, travessias, proteção de leito, etc.);
- Na execução de obras de extração de águas subterrâneas (poços profundos);
- Na derivação de água de seu curso ou depósito, superficial ou subterrâneo (captações para uso no abastecimento urbano, industrial, irrigação, mineração, geração de energia, comércio e serviços, etc.);
- No lançamento de efluentes nos corpos d'água.

Para obter a outorga de obras hidráulicas novas ou a regularização de obras existentes deverão ser observadas as seguintes instruções técnicas:

- Instrução técnica DPO – N° 001, de 30/07/2007: Estabelece instruções sobre a apresentação de requerimentos e relatórios técnicos.
- Instrução técnica DPO – N°002, de 30/07/2007: Estabelece critérios para a elaboração de estudos hidrológicos e hidráulicos.
- Instrução técnica DPO – N° 003, de 30/07/2007: Estabelece conteúdos mínimos para apresentação de estudo técnicos para fins de emissão de outorga de implantação do empreendimento.
- Instrução técnica DPO – N° 004, de 30/07/2007: Estabelece conteúdos mínimos para apresentação de estudos técnicos para fins de emissão de outorga de regularização de obras hidráulicas existentes.

Nesta contextualização, cabe destacar a Resolução Conjunta SMA/SERHS no 1, de 23 de Fevereiro de 2005, que “Regula o Procedimento para o Licenciamento Ambiental Integrado as Outorgas de Recursos Hídricos”. Esta resolução, ao estabelecer os procedimentos para a integração das autorizações ou licenças ambientais com as outorgas de recursos hídricos, entre os órgãos e entidades componentes do Sistema Estadual de Meio Ambiente e do Sistema Estadual de Recursos Hídricos, promove a efetiva e



necessária integração dos instrumentos das Políticas Estaduais do Meio Ambiente e de Recursos Hídricos.

Conforme consta no Art. 6o da Resolução SMA/SERHS no 1/05, nos casos sujeitos a licença ambiental, a emissão da Licença Prévia (LP) pela Coordenadoria de Licenciamento Ambiental e de Proteção de Recursos Naturais – CPRN ou pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB, para os empreendimentos que tenham interface com recursos hídricos, terá como pré-requisito a outorga de implantação de empreendimento emitida pelo DAEE.

Para emissão da outorga de direito de uso ou interferência nos recursos hídricos, o DAEE solicitará como pré-requisito a Licença de Instalação (LI), para as atividades sujeitas ao licenciamento ambiental¹⁷⁹.

A emissão da Licença de Operação (LO), em empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental, e que tenham interface com os recursos hídricos, terá como pré-requisito a outorga de direito de uso emitida pelo DAEE.

12 – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO DOS PONTOS DE INUNDAÇÃO

Aqui são apresentadas algumas fotos que identificam os problemas mais agudos com relação a drenagem do município de Lençóis Paulista, tanto na questão das erosões, como também na questão de pontos de alagamentos e dissipação das águas de chuva coletadas. Uma observação a ser feita é que, as fotos foram tiradas por integrantes da Prefeitura no período de chuvas intensas que ocorreram no município no ano de 2011.



TRANSBORDAMENTO DO RIO LENÇÓIS E RIO DA PRATA

















CONTENÇÃO COM TERRAÇOS



ROMPIMENTO DOS TERRAÇOS



LAGO DA PRATA





13. - RELATÓRIO TOPOGRÁFICO

Introdução:

Este Relatório Técnico contém informações gerais sobre o levantamento e processamento dos dados levantados na malha urbana da cidade, com a finalidade de Elaboração do Estudo de Macrodrenagem de Lençóis Paulista.

Finalidade:

O presente trabalho tem a finalidade em efetuar a Planta Topográfica da malha urbana, onde demonstra através deste relatório, que utilizando equipamentos de alta tecnologia e como resultado as peças técnicas, que ao final juntadas ao mesmo, colocarão de forma clara a posição do imóvel, através de pontos seguros e precisos, referenciado ao novo Sistema de Referência Geocêntrico SIRGAS2000, pós processado pelo IBGE-PPP, a planta e demais documentos elaborados com suficiente qualidade técnica e provável ausência de erros, servirão para atender os objetivos de uma forma mais confiável e segura.

Metodologia:

Para o presente levantamento foi utilizado um aparelho GPS RTK L1/L2, onde a base foi deixada no almoxarifado localizado nas coordenadas UTM X: 725725, Y: 7498596 fuso 22. Foram coletados pontos para o cadastramento de todas as bocas de lobo com precisão horizontal de 3 mm. As ruas foram desenhadas a partir dos pontos coletados na guia de cada esquina.

As coordenadas corrigidas pelo RTK e pelo PPP foram descarregadas no software TopoEVN, onde foi possível gerar as curvas de nível para a representação topográfica da área.

Da maneira como foi executado o transporte de coordenadas e o levantamento dos pontos no imóvel, a precisão dos pontos é considerada bem melhor que a precisão requerida para a finalidade.



Quanto a rede de drenagem existente, foram cadastrados pontos onde possível ou obtidos dados em mapas quando existentes ou informações verbais de funcionários da Prefeitura Municipal.



Figura 10: Localização da base

Período de Execução:

Os trabalhos de campo se iniciaram no dia 05/08/2014 e finalizados no dia 06/08/2014.

No escritório houve o descarregamento de dados em micro computador para processamento e verificação do trabalho executado e elaboração das peças técnicas.

Origem (datum):

O Datum geodésico SIRGAS tem como origem os parâmetros do elipsóide GRS80, (Geodetic Reference System 1980), sendo considerado idêntico ao WGS84 para efeitos práticos da cartografia.



As constantes dos dois elipsóides são praticamente idênticas, com exceção de uma pequena variação no achatamento terrestre ($WGS84=1/298,257223563$; $GRS80=1/298,257222101$), as diferenças apresentadas são na ordem de um centímetro.

Devidas as características do sistema GPS, às coordenadas podem ser aplicadas diretamente aos levantamentos cartográficos, evitando a necessidade de transformação e integração entre os referenciais.

O SAD-69 é um sistema topocêntrico que tem como referência uma origem na superfície terrestre, enquanto o WGS84 e SIRGAS são sistemas geocêntricos que tem como referencial um ponto no centro de massa da terra. O ponto de origem do geóide coincide com o do elipsóide geocêntrico conforme mostrado na figura abaixo.

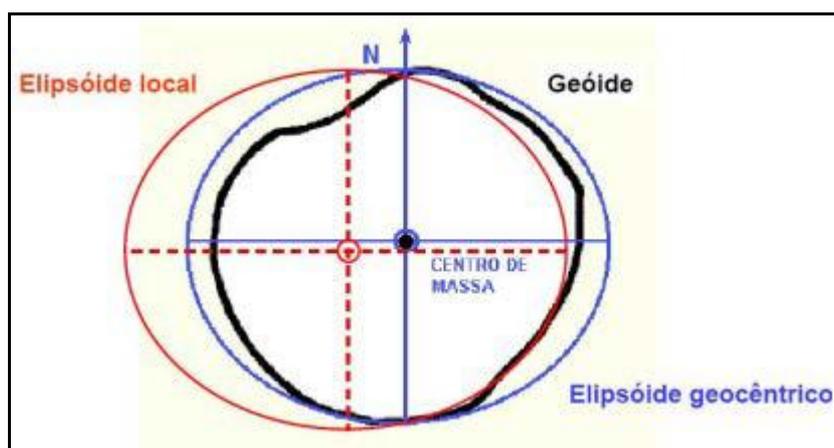


Figura 11: Ponto de origem do referencial geocêntrico



Utilização do Pós Processamento por PPP.

O IBGE-PPP (Posicionamento por Ponto Preciso ou Posicionamento Absoluto Preciso) é um serviço on-line para o pós-processamento de dados GPS (Global Positioning System). Ele permite aos usuários de GPS, obterem coordenadas de boa precisão no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000) e no International Terrestrial Reference Frame (ITRF). No posicionamento com GPS, o termo Posicionamento por Ponto Preciso normalmente refere-se à obtenção da posição de uma estação utilizando as observáveis fase da onda portadora coletadas por receptores de duas frequências e em conjunto com os produtos do IGS (International GNSS Service).

No referente trabalho realizado obtemos os seguintes dados de pós processamento.

Coordenadas corrigidas pelo PPP.

Tabela 17: Coordenadas Sirgas

Coordenadas Sirgas						
	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada) ⁴	-22° 36' 16,2566"	-48° 48' 14,8730"	591,26	7498596.011	725725.414	-51
Na data do levantamento ⁵	-22° 36' 16,2512"	-48° 48' 14,8742"	591,26	7498596.177	725725.382	-51
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,002	0,004	0,014			
Modelo Geoidal	MAPGEO2010					
Ondulação Geoidal (m)	-5,70					
Altitude Ortométrica (m)	596,96					

Nos gráficos abaixo segue o desvio padrão da latitude, longitude e altitude levando em consideração as horas do dia.

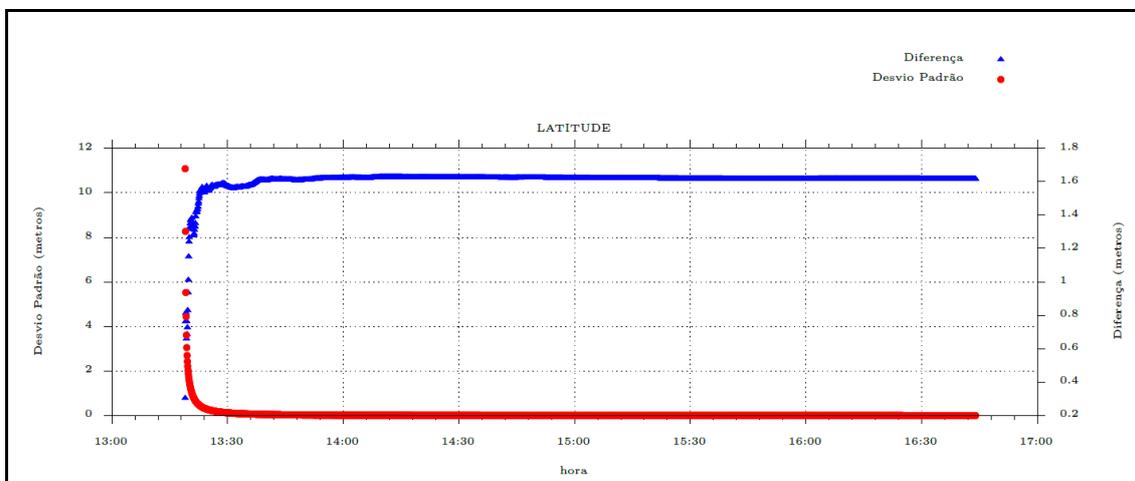


Gráfico 20 - Desvio padrão x coordenada da latitude



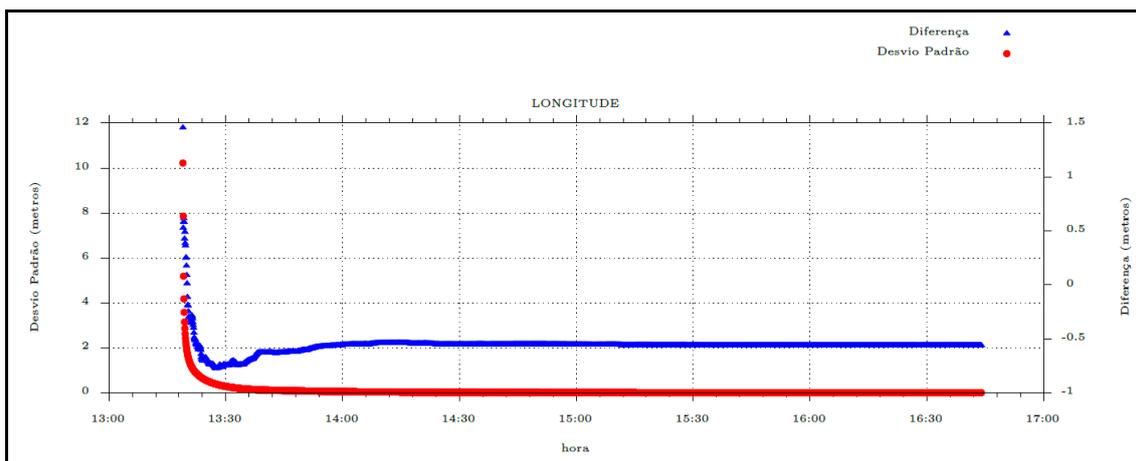


Gráfico 21 - Desvio padrão x coordenada da longitude

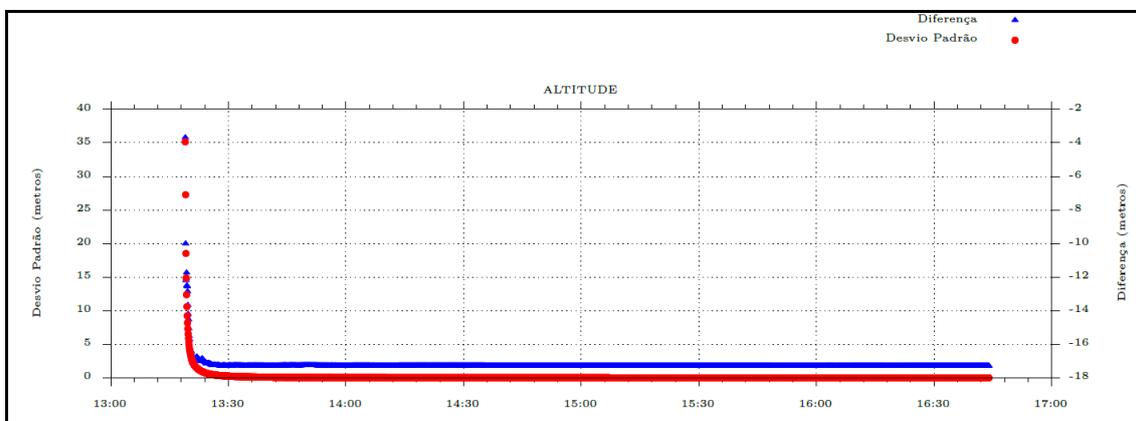


Gráfico 22 - Desvio padrão x coordenada da altitude

Dificuldades encontradas para execução deste trabalho

A Prefeitura disponibilizou mapas quando existentes e informações verbais. Somente não foi executado o cadastramento preciso do sistema de galerias de águas pluviais onde o sistema não é visível, há falta de cadastros, conhecimento do sistema pelos funcionários e inexistência de poços de visita de galeria de águas pluviais (Caixa de passagem oculta).



Equipe Técnica

Pela sistemática e metodologia aplicada, a equipe foi composta por Engenheiro Civil, Técnicos em Topografia que operaram o equipamento e auxiliaram em todo o processo de levantamento e técnicos em Geoprocessamento que elaboraram todas as plantas técnicas.

Documentos produzidos

Planta Topográfica, Mapa de Declividades e Relatório Técnico.



14 – MACRODRENAGEM

A intensa urbanização desordenada dos últimos anos tem agravado muito os problemas de drenagem urbana e de gerenciamento dos recursos hídricos. Um dos principais impactos tem ocorrido na forma de aumento da frequência e magnitude das inundações e deterioração ambiental.

A elaboração de Planos Diretores de Drenagem Urbana (PDDU) é medida altamente recomendável e constitui estratégia essencial para a obtenção de boas soluções de drenagem urbana.

Este trabalho tem o intuito auxiliar os Planos Diretores de Drenagem Urbana.

Os objetivos deste projeto atendem à pergunta: Quais estratégias metodológicas podem-se avaliar no ciclo hidrológico e que auxiliem o gerenciamento ambiental da drenagem?

Bacia Urbana é uma infraestrutura de apoio, onde a pesquisa científica e o desenvolvimento tecnológico na área de recursos hídricos urbanos abrem as possibilidades para a participação social.

Os princípios ligados à conservação da água no meio urbano são:

- (1) o monitoramento dos recursos hídricos urbanos,
- (2) a hidrosolidariedade induzida pelos setores da sociedade de trechos de jusante e de montante, e
- (3) o planejamento que a sociedade realiza através de seu nível de participação nos Comitês de Bacias. Colabora-se, então, com o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos e uma melhor qualidade de vida dos moradores.

A metodologia inicialmente proposta para o desenvolvimento do projeto de Bacia Urbana estava dividida nas seguintes atividades:

- (1) caracterização de bacias urbanas;
- (2) estudo de caso em Bacia urbana;
- (3) estratégias de abordagem para comitês de bacias urbanas, e
- (4) disponibilidade de dados para a sociedade.



Seguindo essa metodologia, foi realizado um diagnóstico das bacias urbanas da cidade de Lençóis Paulista, levantando dados de características físicas e condições de urbanização das bacias. No item relativo a estudo de caso em Bacia urbana, inicialmente foram feitos estudos, para as bacias urbanas, de cálculo de tempo de concentração a partir de diversas fórmulas empíricas e previsão de vazões para chuvas de projeto. Posteriormente, aprofundou-se o estudo de caso para as bacias com a realização de simulações hidrológicas com software específico.

Outras atividades importantes para o estudo do gerenciamento ambiental foram participações em algumas reuniões de elaboração do Plano Diretor da Cidade de Lençóis Paulista.

15. – ELEMENTOS DA MACRODRENAGEM

As obras de macrodrenagem compreendem as estruturas de condução principais da bacia e, em geral, originam-se nos elementos de drenagem, como rios e córregos naturais e suas ampliações e canalizações.

A macrodrenagem tem o papel concentrador e condutor das águas pluviais da bacia, recebendo as contribuições de diversos subsistemas de microdrenagem.

O sistema de macrodrenagem é constituído, em geral, por estruturas de maiores dimensões, sendo elas, canais naturais ou construídos, reservatórios de detenção, reservatórios de retenção e de galerias de maiores dimensões.

15.1. – DIMENSIONAMENTO DAS OBRAS

15.1.1 – GALERIAS E CANAIS

Canais Abertos

Dentro de uma concepção geral, das mais comuns em drenagem urbana, que trata do aumento da condutividade hidráulica, a adoção de canais



abertos em projetos de drenagem urbana sempre e uma solução que deve ser cogitada como primeira possibilidade pelas seguintes principais razões:

- 1) Possibilidade de veiculação de vazões superiores a de projeto mesmo com prejuízo da borda livre;
- 2) Facilidade de manutenção e limpeza;
- 3) Possibilidade de adoção de seção transversal de configuração mista com maior economia de investimentos;
- 4) Possibilidade de integração paisagística com valorização das áreas ribeirinhas, quando há espaço disponível;
- 5) Maior facilidade para ampliações futuras caso seja necessário.

Os canais abertos apresentam, por outro lado, restrições a sua implantação em situações em que os espaços disponíveis sejam reduzidos, como e o caso de áreas de grande concentração urbana.

A escolha do tipo de seção transversal de um canal a ser projetado depende de fatores fundamentais, como o espaço disponível para implantação, as características do solo de apoio, a declividade e condições de operação.

A configuração ideal para um canal de drenagem urbana é a seção trapezoidal simplesmente escavada com taludes gramados, pela sua simplicidade de execução e manutenção, assim como pelo menor custo de implantação.

O canal simplesmente escavado, por admitir normalmente velocidades máximas relativamente reduzidas, exige maior espaço para sua implantação, assim como declividades mais reduzidas.

Um dos principais méritos dos canais simplesmente escavados consiste no fato de permitirem futuras remodelações para aumento de capacidade mediante revestimento, além de preservarem faixas maiores para futuras intervenções que se façam necessárias.



Os canais simplesmente escavados constituem uma alternativa de canalização adequada para cursos d'água em áreas ainda em processo de urbanização e para as quais sejam previsíveis incrementos futuros das vazões de pico de escoamento superficial.

Quando, por outro lado, o espaço disponível para implantação do canal é limitado, o canal revestido poderá ser inevitável para garantir maiores velocidades de escoamento e, conseqüentemente, necessidade de menores seções transversais.

Na prática usual de projeto de canais urbanos em nosso meio técnico, é comum conceber canais visando apenas a veiculação de vazões de cheias, o que leva a sérios problemas de assoreamento e deposição de detritos para condições de operação de vazões de média intensidade, também conhecidas como vazões formativas ou modeladoras, que são as mais frequentes. Esses canais, sejam eles trapezoidais ou retangulares, normalmente tem fundos largos e incompatíveis com as vazões modeladoras. É comum ocorrer em canais nessas condições a formação de pequenos leitos meandrados, seja em meio aos sedimentos depositados, seja nos próprios fundos de canais em terra.

Para evitar tais problemas, ou pelo menos reduzi-los, a solução recomendável é adotar seções compostas, dimensionadas no seu conjunto, para veicular as vazões máximas previstas e que permitam conduzir as vazões modeladoras em subleitos menores em condições adequadas de velocidade.

Nos casos de canais trapezoidais simplesmente escavados, é possível prever um leito menor, trapezoidal ou retangular, em concreto; nos casos de canais revestidos, sejam eles de seção trapezoidal ou retangular, é possível um fundo com configuração triangular, mediante simples rebaixo do fundo ao longo do eixo.



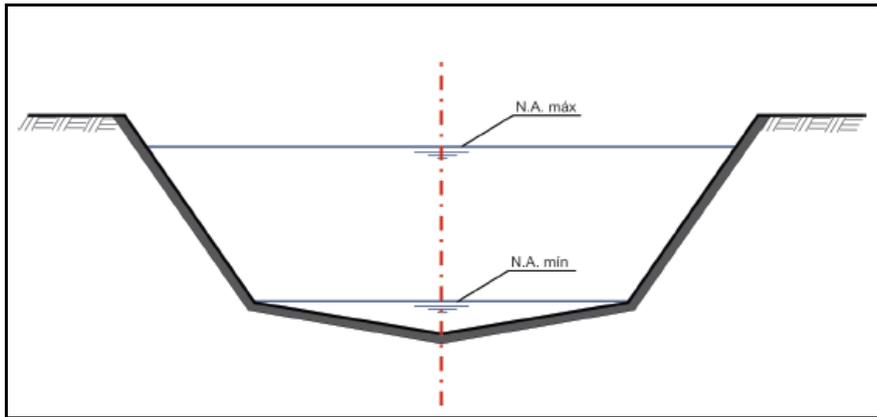


Figura 12: Canal em concreto – Seção trapezoidal mista

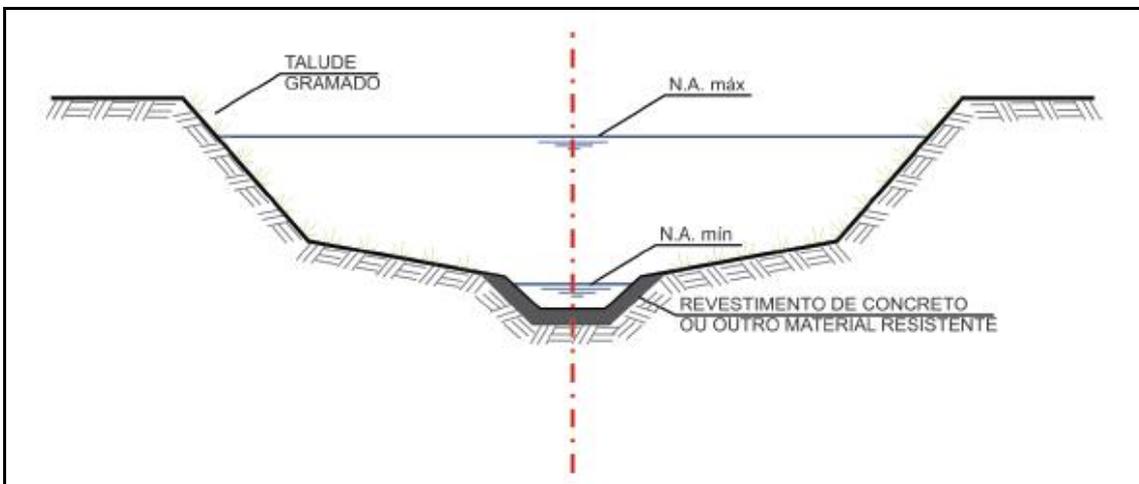


Figura 13: Canal escavado – Seção mista

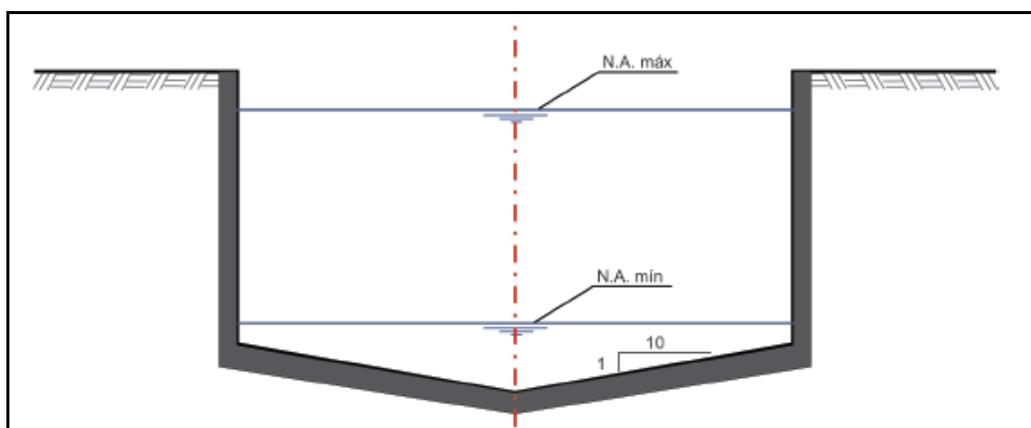


Figura 14: Canal em concreto – Seção retangular mista



Galerias de grandes dimensões

Em projetos de drenagem urbana a utilização de galerias de grandes dimensões faz se necessária em áreas densamente urbanizadas em virtude principalmente da limitação de espaço e das restrições impostas pelo sistema viário.

Ao projetar uma galeria de grandes dimensões é muito importante ter presente as limitações desse tipo de conduto que, em linhas gerais, são as seguintes:

1) As galerias têm capacidade de escoamento limitada ao seu raio hidráulico relativo a seção plena, que é inferior a sua capacidade máxima em regime livre. Em outras palavras, as galerias ao passarem a operar em carga, sofrem uma redução de capacidade que, muitas vezes, pode estar aquém das necessidades do projeto;

2) Por serem fechadas, as galerias sempre apresentam condições de manutenção mais difíceis que os canais abertos, sendo relativamente grande a probabilidade de ocorrência de problemas de assoreamento e deposição de detritos, que resultam sempre em perda de eficiência hidráulica;

3) Em determinadas circunstâncias, as galerias exigem a adoção de seção transversal de células múltiplas. Apesar desse tipo de configuração de seção transversal apresentar vantagens sob o ponto de vista estrutural, em termos de desempenho hidráulico e de manutenção e bastante problemática. O principal inconveniente de natureza hidráulica consiste no fato de ser necessária a introdução de “janelas” ao longo das paredes internas para que haja uma equalização de vazões entre as células. Essas “janelas”, além de introduzir perdas localizadas não desprezíveis, constituem pontos de acúmulos de lixo e detritos que, além de reduzirem a seção livre para escoamento, causam perturbações no fluxo d’água que resultam em perda de energia, contribuindo para aumentar o coeficiente global de rugosidade, fato normalmente não considerado no projeto. Além disso, as galerias de células



múltiplas existentes mostram, invariavelmente, a tendência de o escoamento das vazões menores se concentrar em apenas uma célula, com assoreamento mais acentuado nas demais, resultando em perda de eficiência na veiculação de vazões próximas a de projeto em virtude da redução da seção útil.

Pelas razões apontadas, sempre que possível, é de toda conveniência adotar galerias de célula única que permite, inclusive, prever o fundo em forma de triângulo para permitir a concentração das vazões menores em sua parte central, favorecendo o carregamento natural do material sedimentava.

Nos casos em que não seja possível evitar a utilização de galerias de células múltiplas, julga-se razoável propor as recomendações a seguir com o propósito de melhorar a sua eficiência, ou de pelo menos minimizar seus inconvenientes:

- Introduzir trechos em canal aberto que atuam como elementos de homogeneização do fluxo d'água, situando-os principalmente nos locais de entrada das principais contribuições laterais, de modo a evitar a necessidade de janelas nas paredes internas dos ramos de galeria. Além da sua função hidráulica, os trechos em canal aberto, conforme proposto, constituiriam pontos de acesso para manutenção e limpeza em condições mais razoáveis de acesso do que no caso de galeria fechada;

- Nos casos em que as galerias de células múltiplas não possam ser evitadas, é preferível optar por galeria de apenas duas células. Se for necessária a utilização de janelas de equalização, estas devem ser dimensionadas considerando as diferenças das afluências em cada célula, por trecho de galeria, que deverão transpassar de lado. Para simplificação na execução, esse dimensionamento deve ser encarado basicamente como uma verificação das dimensões e espaçamento entre janelas, de modo que a transferência de vazões de uma célula para outra seja assegurada. Julga-se também recomendável, no sentido de reduzir o problema de retenção de detritos nas janelas, que o seu bordo vertente esteja situado de 1/2 a 2/3 da altura livre da galeria;



Conforme já destacado, as galerias celulares, em virtude da necessidade de janelas nas suas paredes internas, possuem coeficiente de rugosidade global maior do que as galerias de células simples.

15.2. – METODOLOGIA DE CÁLCULO DE GALERIAS E CANAIS

A partir dos estudos hidrológicos, que fornecerão hidrogramas ou picos de vazões de projeto ao longo da canalização, podem-se utilizar equações de regime uniforme para a definição de um pré-dimensionamento de seções. Em casos específicos de canalizações de menor importância, estes valores poderão ser considerados como definitivos de projeto, desde que se prove que a linha d'água em regime gradualmente variável estará sempre abaixo dos valores calculados em regime uniforme. Esta consideração, no entanto, não isenta que se façam todos os procedimentos de cálculo de perdas localizadas, sobreleva coes e borda-livre.

A partir do pré-dimensionamento, deve-se fazer o cálculo da linha d'água em regime permanente. Deve-se tomar, como condição de projeto, as vazões de pico do hidrograma de projeto de cada trecho.

Esta condição de cálculo é conservativa e atende as necessidades de grande parte dos projetos. É possível utilizar técnicas simples de cálculo, porém deve-se ter o cuidado de inserir os cálculos de variações da linha d'água nas singularidades e verificar possibilidades de mudanças de regime. No caso de mudança de regime, mudam as condicionantes de cálculo. Deve-se, portanto, interromper o cálculo, retomando-o para a nova condição. Existem métodos, como o caso particular de modelos hidrodinâmicos, que possibilitam avançar com o cálculo sem interrupções, uma vez que faz todos os cálculos de singularidades, verificações do regime de escoamento e eventuais mudanças no sentido do cálculo automaticamente.

A utilização de uma modelação hidrodinâmica se faz necessária quando se pretende otimizar um projeto que tenha um porte que justifique tal procedimento, ou de antemão já apresente limitações externas importantes. Como exemplo, pode-se citar o caso de canalizações que cruzem regiões baixas, já bastante ocupadas, onde se deseja verificar manchas de inundações



potenciais para elevados períodos de retorno, ou nos casos em que se deseja verificar o efeito de amortecimento na propagação de cheias.

15.2.1 – DEFINIÇÃO DOS FATORES DE ATRITO

Existem inúmeras equações que expressam o fator de resistência ao escoamento. Uma simplificação que representa um recurso bastante interessante e a equação de Manning-Strickler, que não é nada mais que um ajuste numérico da equação derivada da distribuição logarítmica de velocidades (válida para o regime turbulento rugoso), segundo a estrutura da equação de Manning. Por ter uma estrutura monomial torna mais fácil o seu uso. O fato de todas estas equações serem de uso restrito ao regime turbulento rugoso não representa qualquer problema na utilização em projetos de drenagem, uma vez que os efeitos da viscosidade não são significativos. Assim sendo, a determinação do fator de atrito de Manning é feita pela seguinte expressão:

$$n_e = \left(\frac{\sum_{i=1}^N A_i n_i^2}{A} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Onde:

n – coeficiente de rugosidade de Manning

A – área da seção

P – perímetro molhado

R – raio hidráulico

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

Portanto, a única dificuldade neste tipo de equação é a definição adequada da rugosidade das paredes.



Dentro do que é usual em projetos de drenagem urbana, serão considerados os casos de canalizações em concreto, gaviões, enrocamentos, canais escavados em terra com taludes gramados, combinações de todos estes e, finalizando, os canais naturais, sem qualquer tratamento.

Os canais de concreto (com revestimento em todo o seu perímetro molhado), apresentam normalmente um baixo valor de fator de resistência ao escoamento. A literatura especializada indica, para revestimentos lisos bem acabados, valores de n variando entre 0,012 a 0,014, que correspondem a um valor de K_s da ordem de 1 a 2 mm. Estes valores são compatíveis com o tipo de acabamento de revestimento em concreto, desde que atendam a cuidados construtivos rigorosos.

A realidade, no entanto, mostra que mesmo se tomando todos os cuidados na fase construtiva, no decorrer da vida útil da canalização ocorrem naturalmente desgastes na superfície do concreto devido a abrasão natural, principalmente no período de cheias. Nestas ocasiões as solicitações hidrodinâmicas são mais intensas e as velocidades são mais elevadas com um conseqüente transporte de grande quantidade de material de trítico pesado, capaz de produzir um efeito de “martela mento” sobre a superfície de concreto.

Além destes fatores, ocorrem os desgastes naturais do intemperismo, eventuais recalques localizados ou deformações, produzindo desalinhamentos, principalmente nos pontos de juntas. Finalizando, há que se considerar o apreciável incremento da rugosidade decorrente de depósitos localizados de sedimentos, lixo e vegetação nativa ou transportada, que se acumulam ao longo da canalização.

Na fase de projeto e praticamente impossível a avaliação dos efeitos de depósitos localizados e estes devem ser resolvidos a partir de serviços de manutenção adequados já na fase operacional. Porém, os efeitos naturais de desgastes devem ser previstos, devendo-se adotar para o fator de atrito valores mais realistas. Uma prática que tem sido recomendada e a de utilizar um fator de atrito de Manning igual a 0,018, que representa uma rugosidade absoluta da ordem de 10 mm, que é um valor bastante razoável, pensando-se numa condição futura. Esta rugosidade seria explicada pela remoção de parte dos agregados miúdos, deixando em exposição os agregados graúdos junto a superfície, bem como outras eventuais perdas já explicadas anteriormente.



Para o caso de canais revestidos com pedra lançada, ou gaviões, pode-se utilizar a proposta de Meyer- Peter Muller que considera $K_s = d_{90}$, onde d_{90} é o diâmetro da distribuição granulométrica acumulada correspondente a frequência de 90%. Há outras variantes que ao final resultam valores muito semelhantes.

No caso de revestimentos com enrocamento, desde que bem construídos, podem ter o fator de atrito de Manning variando entre valores da ordem de 0,026 ($d_{90} = 0,10$ m) e 0,031 ($d_{90} = 0,30$ m). Já no caso dos gaviões estes valores podem ser reduzidos, uma vez que o material acaba tendo um arranjo melhor, não apresentando tantas protuberâncias como ocorre com as soluções em enrocamento.

Assim sendo, canais revestidos com colchoes tipo Reno, com material bem selecionado e colocado na obra com muito cuidado, podem apresentar um fator de atrito da ordem de 0,022, enquanto que, se for revestido com gaviões enchidos com material não selecionado e colocados na obra sem cuidado, o fator de atrito passa a ser da ordem de 0,029. Segundo os fabricantes, pode-se conseguir uma rugosidade de até 0,016 em revestimentos com colchoes tipo Reno perfeitamente impermeabilizados com mastique de betume hidráulico aplicado com métodos apropriados para obter uma superfície plana e bastante lisa.

Não se recomenda a adoção deste valor extremamente reduzido pelos mesmos motivos já apresentados no que se refere aos acabamentos em concreto. Numa condição futura o acabamento superficial deteriora-se, aumentando o valor do fator de atrito adotado em projeto. Neste caso convém superestimar o valor do fator de atrito, a exemplo do que se aconselha para revestimentos em concreto, prevendo uma deterioração natural da superfície de acabamento.

O fator de atrito para canais escavados em terra depende muito da técnica utilizada na construção, dos cuidados com o acabamento da obra, da sua manutenção e cuidados com a vegetação ribeirinha.

De maneira geral, nas obras correntes com um bom cuidado no acabamento, pode-se ter um fator de atrito em torno de 0,030, o que corresponde a uma rugosidade média de 0,22 m. Em canais naturais, desde que em condições razoáveis, sem vegetação obstruindo o canal, depósitos



importantes de detritos, irregularidades de seções ou outras anomalias, e razoável que o fator de atrito se situe numa faixa entre 0,030 e 0,035, o que corresponde a uma rugosidade média variando entre 0,22 m e 0,57 m. Estes valores são bastante compatíveis com as rugosidades de forma que se encontram em rios aluvionares com fundo arenoso.

Nos canais escavados em terra com cobertura de grama, a rugosidade depende não só da espécie plantada mas da condição em que é mantida. Existem alguns trabalhos que tratam exclusivamente do assunto, como por exemplo o do Geological Survey Water Supply (apud Wright-Mclaughlin -1979), que recomenda para canais revestidos com gramas curtas, de profundidades superiores a 1,0 metro, um fator de atrito de Manning da ordem de 0,030. Para profundidades inferiores a 0,5 metro, deve-se adotar um fator de atrito variando entre 0,035, para gramas com alturas de 5 cm, e 0,040, para gramas com altura entre 10cm e 15 cm. No caso de espécies gramíneas mais alongadas, com comprimento superior a 30 cm, recomenda um fator de atrito da ordem de 0,035 para profundidades superiores a 1,0 metro e da ordem de 0,070 para profundidades inferiores a 0,5 metro. Neste último caso o fator de atrito pode chegar a um valor da ordem de 0,100 para vegetação densa e longa, superior a 60 cm de comprimento.

15.2.2 – COMPOSIÇÃO DA RUGOSIDADE

É normal que ocorram soluções de projeto que empreguem diferentes tipos de revestimento ao longo do perímetro molhado, como os casos de paredes laterais em concreto ou gabião e fundo em terra, ou outros tantos tipos de combinações. Em casos como este é necessário fazer algum tipo de ponderação do fator de atrito. Existem alguns métodos difundidos na bibliografia que tratam do assunto, sendo que um dos mais conhecidos, de autoria atribuída a H. Einstein (apud Chow - 1959), é expresso da forma:



$$n_e = \left(\frac{\sum_{i=1}^N A_i n_i^{\frac{2}{3}}}{A} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Ha casos de soluções que atendem aos princípios de estabilidade, que utilizam seções compostas. Estas seções apresentam um leito principal que atende vazões mais frequentes e um leito secundário destinado a vazões excepcionais, produzindo um efeito semelhante ao que ocorre em canais aluvionares naturais. Nestas condições normalmente há diferenças marcantes entre os fatores de atrito do leito principal e do secundário.

A equação de Einstein, vista anteriormente sobre a ponderação do fator de atrito de Manning, parte da suposição de que a seção foi dividida em células de igual velocidade, correspondentes aos diferentes fatores de atrito. Esta equação, no entanto, não pode ser aplicada ao caso em questão dada a diferença de magnitude das velocidades no leito principal e secundário. Neste caso deve-se fazer a subdivisão entre os escoamentos do leito principal e do (s) secundário (s), como se fossem canais distintos. A vazão total passa a ser a soma das vazões parciais em cada uma destas parcelas.

É importante observar que ao considerar a velocidade média em toda a seção mista, deve-se fazer a composição dos coeficientes a da equação da energia e b da equação da quantidade de movimento.

Uma forma de se fazer esta composição pode ser através das seguintes equações (Chow - 1959):



$$\alpha = \frac{\sum_1^N \left(\frac{\alpha_N K_N^3}{\Delta A_N^2} \right)}{\frac{\left(\sum_1^N K_n \right)^3}{A^2}}$$

$$\beta = \frac{\sum_1^N \left(\frac{\beta_N K_N^2}{\Delta A_N} \right)}{\frac{\left(\sum_1^N K_n \right)^2}{A}}$$

Onde:

KN = condutividade hidráulica parcial referente a parcela de área ΔAN . A condutividade hidráulica é definida como sendo a razão Q *i* $0,5$ e sua expressão é função do tipo de equação de resistência ao escoamento com que se esteja tratando. No caso da equação de Manning é expressa da forma:

$$K = \frac{AR_h^{\frac{2}{3}}}{n}$$

15.2.3 – REGIME DE ESCOAMENTO

Os escoamentos supercríticos em canais de drenagem urbana acarretam inconvenientes tais como formação de ondulações produzidas por instabilidades superficiais, níveis elevados de perdas de carga localizadas, necessidade de um cuidado maior quanto a estabilidade do canal, entre outros. Por razões como estas deve-se, sempre que possível, evitar projetos neste regime. Em casos que isto seja inevitável, deve-se ter um cuidado especial tanto nas considerações de cálculos hidráulicos, bem como estruturais, e cuidados construtivos. De uma forma geral os canais de concreto são os mais adequados para o atendimento a todas estas restrições.



Um cuidado especial deve ser tomado para que o número de Froude do escoamento não esteja situado dentro de uma faixa variando entre 0,7 e 1,4, faixa esta correspondente a uma situação de instabilidade de escoamento.

E importante ter bem definidos os pontos de mudança de regime, como, por exemplo, degraus ou pontos de formação de ressalto.

15.2.4 – BORDA LIVRE

Não há um consenso quanto ao dimensionamento da borda livre de canalizações, mesmo porque, dependendo de cada finalidade, podem-se ter critérios mais ou menos restritivos. A título de exemplo, canais de irrigação cujas condições de escoamento são bastante controladas não necessitam dos mesmos níveis de folga que um canal de drenagem ou de navegação. Os critérios encontrados na literatura são apontados a partir de uma experiência prática ou do bom senso. Assim sendo, serão apresentadas a seguir algumas recomendações encontradas e sugere-se que se adote sempre o critério mais restritivo.

De acordo com o U.S. Bureau of Reclamation (apud-Chow-1959), os valores adotados para borda livre em canais, tem variado numa faixa aproximada de 0,3 m a 1,2 m, para canalizações com vazões variando entre 0,5 m³/s a aproximadamente 80 m³/s. Apenas como uma orientação inicial aconselha o uso da seguinte expressão:

$$BL = (ay)^{0,5}$$

Onde:

BL = valor da borda livre;

y = profundidade de escoamento para a vazão de projeto, em metros;

a = constante que varia entre 0,4, para valores baixos de vazão de projeto próximos ao limite inferior de 0,5 m³/s, e 0,8 para valores elevados de vazão e projeto (igual ou superior a 80 m³/s), num limite máximo de 1,2 m.



No caso que seja inevitável o projeto da canalização em regime torrencial, deve-se acrescentar a esses valores propostos o incremento correspondente as ondulações de superfície. Também nos pontos de mudança de direção, deve ser acrescentado o valor correspondente a sobrelevação do nível de água devido ao efeito de curvatura.

Em seções fechadas a determinação da borda livre merece especial atenção, uma vez que em caso de afogamento do conduto há uma brusca redução da condutividade hidráulica. Nos casos convencionais de projeto, com vazão de dimensionamento com período de retorno de 25 anos, convém também fazer a verificação de seu comportamento hidráulico para a vazão com período de retorno de 100 anos. Caso nesta última condição o conduto entre em carga, deve-se impor que a linha piezométrica não ultrapasse os níveis mais baixos dos terrenos laterais. A estrutura deve ser dimensionada para suportar todas as solicitações, bem como se deve tomar todos os cuidados construtivos para atender a esta situação de escoamento em carga.

15.3. – DISPOSITIVOS DE ARMAZENAMENTO

A utilização de dispositivos de armazenamento em projetos de drenagem urbana não é uma tradição no Brasil. A literatura técnica internacional mostra, contudo, que esse tipo de instalação vem sendo crescentemente utilizado praticamente em todos os países de primeiro mundo há mais de vinte anos.

Cabe destacar que, na fase inicial de desenvolvimento das obras de drenagem urbana, o princípio fundamental que norteava os projetos era o de garantir o rápido escoamento das águas. Com o crescimento das áreas urbanas, especialmente nas atuais metrópoles, os picos de cheias dos cursos d'água principais passaram a alcançar níveis extremamente elevados em relação as condições primitivas de ocupação, com graves problemas de inundação. Isso permitiu constatar que a filosofia de projeto de obras de drenagem deveria ser radicalmente alterada, no sentido de propiciar maiores tempos de permanência das águas precipitadas sobre uma dada bacia com o



propósito de reduzir as vazões de pico, excessivamente elevadas, nos seus pontos mais a jusante.

A partir de então, os dispositivos de retenção passaram a ter uma especial importância nos projetos de drenagem urbana.

Além do que já foi dito, acrescentam-se os benefícios de caráter ambiental e estabilidade morfológica dos cursos d'água receptores que, com isto, não tem a mesma amplitude de variação de vazões escoadas, conforme ocorre nos projetos em que se contemplam apenas as soluções de canalização.

A função básica dos dispositivos de armazenamento é a de retardar as águas precipitadas sobre uma dada área, de modo a contribuir para a redução das vazões de pico de cheias em pontos a jusante.

Os dispositivos de armazenamento compreendem dois tipos distintos, que são os de controle na fonte e os de controle a jusante.

Os dispositivos de controle na fonte são instalações de pequeno porte colocadas próximas ao local de origem do escoamento superficial de modo a permitir uma utilização mais eficiente da rede de drenagem a jusante.

Esse tipo de dispositivo possui grande flexibilidade em termos de escolha de local de implantação, apresenta possibilidade de padronização da instalação, permite uma melhoria das condições de drenagem a jusante, bem como do controle em tempo real das vazões. Permite, ainda, um incremento de capacidade de drenagem global do sistema. Por outro lado, dificulta o monitoramento e a manutenção destas pequenas unidades instaladas em grande número e em diferentes locais. Isto implica também em elevados custos de manutenção.

Os dispositivos de controle a jusante, por outro lado, envolvem um menor número de locais de armazenamento. As obras de armazenamento podem, por exemplo, estar localizadas no extremo de jusante de uma bacia de porte apreciável, ou mesmo numa sub-bacia de porte também expressivo.

É necessário destacar que não há uma distinção clara entre os dois tipos de dispositivos mencionados, existindo dispositivos que se enquadram em ambos os tipos.

Para melhor esclarecer a terminologia acima apresentada são descritos adiante, com mais pormenores, os diferentes tipos de dispositivos existentes:



Tabela 18 – Classificação dos dispositivos de armazenamento ou retenção

Controle na fonte	Disposição local	Leitos de infiltração
		Bacias de percolação
	Controle de entrada	Pavimentos porosos
		Telhados
	Detenção na origem	Estacionamentos
		Valas
		Depressões secas
Lagos escavados		
Controle a jusante	Detenção em linha	Reservatório de concreto
		Reservatório tubular
		Rede de galerias
		Reservatório tubular
		Reservatório de concreto
		Túnel em rocha
	Reservatório aberto	
	Detenção lateral	Reservatórios laterais

15.3.1 – DISPOSIÇÃO LOCAL

A disposição local das águas de chuva tem conquistado considerável aceitação nos últimos anos. Algumas comunidades norte-americanas vêm adotando a sua utilização em áreas em processo de urbanização.

O termo disposição local é utilizado para as instalações que se valem da infiltração e da percolação para o afastamento das águas de chuva. Essa prática procura aproveitar as próprias condições naturais de encaminhamento das águas precipitadas para as tormentas de pequena magnitude.

Quando as condições de solo assim o permitirem, as águas precipitadas em áreas impermeáveis são encaminhadas para um local com cobertura vegetal para infiltração no solo.

Caso não haja disponibilidade de local para infiltração, as águas de chuva podem ser conduzidas a um dispositivo subterrâneo de armazenamento para posterior percolação no solo.



15.3.2 – CONTROLE DE ENTRADA

As águas de chuva podem ser controladas em sua origem por meio de retenção no próprio local onde precipitam, mediante estrangulamento das entradas no sistema de escoamento. Dessa maneira, o volume de retenção pode ser obtido em locais adequadamente preparados para isso como telhados, áreas de estacionamento, pátios industriais e outras áreas julgadas adequadas.

15.3.3 – DETENÇÃO NA ORIGEM

A retenção na origem caracteriza-se por um “congestionamento” de todos os dispositivos de armazenamento que se situam a montante do sistema de afastamento das águas.

A primeira diferença entre a retenção na origem, a disposição local e o controle de entrada, consiste na magnitude da área a ser interceptada. A retenção na origem geralmente intercepta o escoamento superficial de várias parcelas isoladas de uma dada área ou mesmo de uma única área dividida em segmentos distintos. A retenção na origem pode ser conseguida a partir da construção adequada de valas, fossos secos, lagos, reservatórios de concreto, reservatórios tubulares (tubos agrupados), entre outros.

15.3.4 – DETENÇÃO EM LINHA

O termo “*em linha*” refere-se a inserção de dispositivos de retenção na própria linha de tubos de um sistema de galerias. A retenção em linha pode utilizar a capacidade excedente existente num dado sistema de galerias, ou exigir a instalação de dispositivos adicionais que permitam obter o volume necessário.

A retenção em linha pode ser conseguida, por exemplo, com a construção de reservatórios de concreto, volumes excedentes nas redes existentes, reservatórios tubulares, tuneis, cavernas subterrâneas, reservatórios de superfície, entre outras formas que poderiam ser citadas.



15.3.5 – DETENÇÃO LATERAL

A detenção lateral consiste em dispor o volume de detenção não alinhado com o sistema de drenagem.

Isso é feito desviando-se o fluxo do sistema de escoamento para o armazenamento lateral quando a descarga veiculada ultrapassa um dado limite previamente estabelecido. A água desviada é retida por um período suficiente para que as aflúncias baixem a magnitudes compatíveis com a capacidade de escoamento a jusante.

Com relação a detenção lateral, é necessário decidir inicialmente a maneira como o reservatório deverá ser enchido e, no projeto dos dispositivos que compõem o conjunto, devem ser considerados os seguintes aspectos: o tempo de detenção adequado para evitar a formação de maus odores ou problemas de saúde pública, a capacidade de escoamento do sistema de descarga a jusante, a possibilidade de contribuições adicionais antes do reservatório estar cheio e as aflúncias que podem ocorrer a jusante em dado intervalo de tempo.

16 – INTERVENÇÕES NÃO-ESTRUTURAIS

As medidas não estruturais podem ser classificadas em: emergencial, temporária e definitiva:

- Emergencial:
 - Instalação de vedação ou elemento de proteção temporária ou permanente nas aberturas das estruturas;
 - Sistema de previsão de cheias e plano de procedimentos de evacuação e apoio à população afetada.

- Temporária:
 - Criar e tornar o Manual de Drenagem um modelo dinâmico de como tratar a drenagem da bacia, para o qual foi definido;



- Regulamentação da área de inundação, delimitar por cercas, por obstáculos, se possível naturais, constante divulgação de alertas, avisos e fiscalização para não ocupação da área de risco, na comunidade, nas escolas e através da mídia local com aplicação de penas alternativas para infratores.
- Definitiva
 - Estudos hidrológicos atualizados da bacia de contribuição e dos efeitos sofridos a jusante;
 - Reserva de área para lazer e atividades compatíveis com os espaços abertos;
 - Seguro inundação;
 - Programa de manutenção e inspeção das estruturas à prova de inundação, juntamente com o acompanhamento da quantidade e qualidade da água drenada;
 - Adequação das edificações ribeirinhas ao convívio de eventuais inundações e/ou alagamentos, como estruturas sobre pilotis;
 - Regulamentação dos loteamentos e códigos de construção;
 - Desocupação de construções existentes em áreas de inundação e realocação de possíveis ocupantes;
 - Política de desenvolvimento adequada ao município, evitando prejuízos da inundação ou alagamento;
 - Educação ambiental dinâmica e constante.

16.1 – CONTROLE DO USO DO SOLO URBANO

O disciplinamento do uso do solo possui como principais medidas:

- Monitoramento das áreas ocupadas;
- Intervenções emergenciais em áreas consideradas de risco;
- Estudos das áreas;
- Criação de leis de ordenamento, controle do uso e ocupação do solo.



O estabelecimento de instrumentos que promovam o aprimoramento da gestão é de suma importância no controle do uso do solo urbano, principalmente em áreas de risco geotécnico e de inundação, garantindo também a preservação ambiental destas áreas.

16.2 – SEGURO INUNDAÇÃO

O seguro contra inundações representa uma saída para a falta de recursos e fiscalização das áreas de risco, possibilidade de uso do poder econômico da iniciativa privada. É uma das modalidades de medidas não estruturais mais aplicadas nos EUA (MELO, 2007).

O seguro inundação pode ser aplicado da seguinte forma:

- Decisão política de se adotar o seguro inundação;
- Elaboração de um trabalho para a definição de critérios, regras, prêmios do seguro, dentre outros;
- Elaboração de um conjunto de requisitos para as comunidades aderirem ao plano de seguros;
- Subsídio governamental aos prêmios dos seguros.

Esse tipo de medida ajudaria a disseminar a delimitação e a regulamentação das áreas potencialmente inundáveis.

16.3 – CONVIVÊNCIA COM AS INUNDAÇÕES

A adoção de dispositivos individuais de combate às inundações, consistem em uma estrutura ou um conjunto delas, bem como de procedimentos de forma a mitigar os estragos das inundações em residências, edifícios comerciais ou industriais, mas, o entorno das edificações expostas às inundações, continuam a sofrer os transtornos.

Estes são classificados em temporários ou permanentes, dependendo do tempo da ascensão da cheia, por exemplo, para córregos, o custo de



implantação seria alto, uma vez que o tempo de resposta da corrente é menor do que em bacias hidrográficas de maior porte, neste caso poderia ser adotado o sistema de alerta.

16.4 – SISTEMA DE ALERTA, SUPERVISÃO E CONTROLE DE CHEIAS

A implantação de um **Sistema de Alerta, Supervisão e Controle de Cheias e Encostas** no município de Lençóis Paulista é indispensável e deverá compor medidas de caráter preventivo. Ele poderá relacionar e compilar informações hidrológicas e geológicas, visto que o município apresenta sérios problemas de voçorocas e de drenagem, por consequência do carreamento dos sedimentos em épocas de chuvas intensas. Esse sistema deverá constar basicamente de **Plano de Ação Emergencial**. Esse plano é composto pelas seguintes etapas:

a) Preparação anterior à inundação:

- Estoque de material para execução de diques;
- Seleção de locais para colocação de equipamentos como guinchos, bombas, escavadeiras e caminhões;
- Programas de inspeção e manutenção de estruturas de combate a enchente; acertos para execução de abrigos de emergência;
- Centro comunitário temporário para a época de inundação com comida água potável, sanitários, abrigos, médicos; durante as épocas secas seria utilizado para serviços de utilidade pública;
- Prevenção com a adoção de medidas individuais como estruturas elevadas, paredes externas à prova d'água e reorganização dos espaços estruturais de trabalho e;
- Preparação da comunidade para antes e depois das inundações ajuda a melhorar a qualidade da assistência externa e a redução de falhas, como a falta de informações, a má avaliação das necessidades e as formas inadequadas de ajuda, reduzindo assim, os problemas de saúde e sobrevivência decorrentes das inundações.



b) Monitoramento e alerta:

- Monitoramento das chuvas e dos níveis d'água a montante das áreas
- Inundáveis;
- Previsão dos níveis d'água e vazões e;
- Informação da previsão da enchente aos órgãos de defesa civil e de controle dos dispositivos de controle das vazões.

c) Combate a inundação:

- Fechamento de ruas;
- Evacuação de residências de áreas críticas;
- Fornecimento de cuidados médicos;
- Reforço do policiamento;
- Utilização de bombas portáteis;
- Construção de diques provisórios;
- Ativação das medidas a prova de inundação e;
- Inspeção das estruturas de drenagem.

d) Limpeza após a cheia:

- Remoção dos diques temporários;
- Ajudas aos refugiados a retornarem para suas residências e negócios e;
- Execução de reparos nas utilidades públicas.

16.5 – PROGRAMAS DE MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO

Todos os sistemas de drenagem devem ser contemplados por planos de manutenção e inspeção, para que o sistema atenda aos seus propósitos, como o desbloqueio da estrutura de entrada e saída de bacias de amortecimento ou o desassoreamento de canais para aumentar a capacidade de vazão.

Para o caso específico do município de Lençóis Paulista aconselha-se a implantação de uma Divisão de Manutenção de córregos e reservatórios, a composição mínima deve ser a seguinte:

- 1 motorista de caminhão;
- 2 operadores de máquinas;



- 2 serventes;
- 1 caminhão basculante;
- 1 pá carregadeira;
- 1 escavadeira hidráulica sobre esteira.

16.6 – IMPLANTAÇÃO DA DIVISÃO DE DRENAGEM

O município precisa criar uma Divisão de Drenagem responsável pelo gerenciamento do sistema de drenagem da cidade, tem como atribuições, a elaboração/fiscalização de projetos e obras, além do fornecimento das diretrizes de drenagem urbana do município. Deverá ser composta no mínimo por:

- 1 engenheiro civil pleno especializado em drenagem e infraestrutura urbana;
- 1 engenheiro civil júnior;
- 1 desenhista cadista;
- 1 topógrafo;
- 1 auxiliar de topografia.

16.7 – IMPLANTAÇÃO DA TAXA DE ÁREA PERMEÁVEL DOS LOTES

As taxas de ocupação e de área permeável em lotes urbanos no município de Lençóis Paulista serão definidas por lei a ser aprovada denominada Plano Diretor do município.

A garantia de espaços livres permeáveis inseridos nos lotes urbanos é extremamente importante no tocante à manutenção das vazões de pré-urbanização. A manutenção de áreas permeáveis, que podem ser constituídas por espaços ajardinados ou simplesmente, executadas com pavimentação ou pisos permeáveis deve ser observada e praticada.

O roteiro a seguir descreve a metodologia utilizada para verificação e definição das porcentagens de áreas permeáveis.



- 1 - Definição da área urbanizada
- 2 - Definição da área total ocupada
- 3 - Definição do CN médio do município
- 4 - Definição da área impermeável do lote
- 5 - Definição do CN médio da zona i
- 6 - Definição do CN ponderado do município
- 7 - Definição da área passível de impermeabilização no município
- 8 - Roteiro de Aplicação

16.8 – LEGISLAÇÕES RELACIONADAS À COBRANÇA DE TAXA DE DRENAGEM

Para o gerenciamento sustentável da drenagem urbana pelo município é necessário que a população beneficiada pela implantação de drenagem passe a contribuir. Essa contribuição pode ser traduzida na cobrança de uma taxa de drenagem que pode ser traduzida como a cobrança pelo gerenciamento da drenagem, incluindo nesse caso a implantação, a operação e a manutenção. Pode ser calculada de várias maneiras, como por exemplo:

- Em função do custo de implantação da macrodrenagem e do número de lotes (por zona) inseridos naquela bacia e;
- Em função do custo de implantação das obras de macrodrenagem nessa bacia, da área total da bacia e da porcentagem de impermeabilização dessa bacia;
- Em função do volume lançado no sistema de drenagem pela área impermeabilizada do imóvel.

16.9 – REGULAMENTAÇÃO PARA ÁREAS EM CONSTRUÇÃO

A licença para obras de construção civil deve incluir a obrigatoriedade de medidas de controle do escoamento superficial em função das vazões de pré-



urbanização. Essa regulamentação deverá ser imposta, para locais destinados principalmente, a implantação de shoppings centers, estacionamentos e hipermercados, que acarretam a impermeabilização de grandes áreas, bem como medidas de controle da produção de sedimentos, com o intuito de diminuir a erosão no local. Como exemplo de medidas de controle de escoamento superficial pode-se citar a legislação paulistana conhecida no meio técnico como a Lei das Piscininhas – SP:

- Decreto Nº 41.814 de 15 de março de 2002 que regulamenta a Lei nº 13.276 de 4 de janeiro de 2002, que torna obrigatória a execução de reservatórios para as águas coletadas por cobertura de pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500,00m².

16.10 – CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO

O Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM) é uma ferramenta importante de gerenciamento municipal das questões urbanas, auxilia os técnicos no conhecimento das particularidades da bacia urbana, seu processo de ocupação, bem como identificar as áreas propícias de inundação e assim ser capaz de controlar por meio da legislação, a ocupação do solo urbano. Esse conhecimento supre a falta de monitoramento das transformações urbanas, a qual conscientizaria o poder público a adotar medidas de ações preventivas e não estruturais de controle da drenagem urbana.

16.11 – MAPEAMENTO

O mapeamento com a localização precisa dos elementos do sistema e das características hidráulicas da superfície da bacia hidrográfica é um material indispensável para os técnicos avançarem nas implantações das medidas não estruturais, os principais componentes de um mapa são:



- Cobertura vegetal;
- Solo de acordo com seu nível de permeabilidade e com vulnerabilidade à erosão;
- Declividade;
- Informações topográficas com linhas mais densas contornando as áreas críticas;
- Redes de drenagem natural e artificial.

16.12 – ÁREAS VERDES

As áreas verdes, por meio da infiltração, reduzem vazões e volumes de escoamento superficial, carga de sedimentos e também a carga de alguns poluentes que interagem com o sedimento. Deve ser incentivada a manutenção de áreas verdes já existentes, áreas de proteção permanente, a criação de novas áreas e a recuperação de áreas degradadas. Técnicas para a preservação de áreas verdes devem ser incentivadas e apresentar as seguintes características:

- Mitigação dos impactos hidrológicos ou manter as funções hidrológicas das áreas verdes;
- Controle do escoamento superficial: adoção de sistemas abertos de drenagem, preservação dos cursos naturais de água e suas áreas de várzea, técnicas que incentivem a infiltração e retardamento do escoamento;
- Gestão integrada dos recursos hídricos: adoção de técnicas individuais integradas nos locais que promovam a retenção, detenção, infiltração, etc.;
- Prevenção contra a poluição das águas: reduzir o aporte de poluentes e melhoria da qualidade da água.

A utilização de sistemas vegetativos para a redução dos escoamentos superficiais por meio da evaporação, transpiração, bem como da infiltração, são sistemas que interagem bem com o local a sua volta, pois se tornam um



atrativo paisagístico. Eles consistem na integração de métodos que reduzem o escoamento superficial, com o armazenamento, tratamento e a infiltração utilizando vegetação.

O exemplo típico são as “wetlands” (alagadiços), artificiais ou naturais, são *habitats* ricos em biodiversidade, dentre outras coisas, são responsáveis pela depuração de forma natural das águas.

16.13 – VARRIÇÃO DE RUAS

A varrição de ruas com a coleta do material grosseiro é importante para a diminuição do depósito de lixo e de material nas estruturas de drenagem, não limitando a capacidade das mesmas quando da ocorrência das chuvas. Não se pode esquecer também, os benefícios à qualidade da água com a diminuição do aporte quando de épocas chuvosas. A época do ano em que a varrição apresenta um benefício maior é o outono, quando há a coleta das folhas que caem das árvores, naquelas cidades onde isto possa ser um problema.

16.14 – CONTROLE DA COLETA E DISPOSIÇÃO FINAL DO LIXO

A adequada coleta e disposição final do lixo produzido nas zonas urbanas é extremamente importante sob o ponto de vista de saúde pública. O mesmo pode-se dizer do controle da poluição e da drenagem urbana. As atividades relacionadas à coleta e disposição final do lixo urbano devem ser fiscalizadas para que não haja lixo derramado nas ruas, pessoas jogando o lixo em locais inadequados devido à ausência da coleta, etc. A consequência de uma disposição inadequada é o comprometimento da qualidade da água do corpo receptor, não somente devido à carga poluidora recebida pelo escoamento superficial, mas também a recebida pelo escoamento subterrâneo,

Além da redução da capacidade de descarga das redes e canais de drenagem.



16.15 – EDUCAÇÃO AMBIENTAL DA POPULAÇÃO

A meta a ser alcançada pela educação da população é a de esclarecê-la sobre os problemas relativos à drenagem urbana e, conscientizá-la para que auxilie nas tarefas de prevenção do uso e/ou disposição final inadequada de poluentes, prevenção do lançamento de lixo nas ruas e preservação das áreas destinadas aos sistemas de drenagem artificiais e naturais, e as calhas de inundação dos canais.

A falta de participação popular é o fator que impede em encontrar soluções para uma drenagem mais sustentável. Silveira (2002) enfatiza que a participação depende da vontade e capacidade de auto-organização dos moradores, bem como da abertura de canais reais de comunicação direta por parte da administração municipal. Esse tipo de entendimento eleva o nível de informação técnica e de educação ambiental, bem como a aceitabilidade da população frente a um novo conceito que é a sustentabilidade ambiental.

17 – INTERVENÇÕES ESTRUTURAIS

No Município de Lençóis Paulista foram diagnosticadas juntamente com o auxílio dos técnicos do município pontos problemáticos relacionados a drenagem urbana.

No projeto apresentado foram levantados e projetados a ampliação da Microdrenagem nas áreas centrais com lançamentos apropriados evitando assim o carreamento de solo aos corpos hídricos, a construção de dissipadores de energia para evitar a erosão devido a velocidade da água e o desvio das águas pluviais com o intuito de diminuir a velocidade com que as águas coletadas chegam ao dispositivo final.

O detalhamento técnico das medidas estruturais a serem tomadas se encontra nas considerações finais e planilha Orçamentária.



18 – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Esta especificação aplica-se à execução de obras e serviços de movimentação de terra, canalização, pavimentação, drenagem superficial para combate às inundações e Controle da Erosão Urbana no Município de Lençóis Paulista.

18.1 – ASPECTOS AMBIENTAIS

18.1.1 – BOTA – FORA

Todo material não aproveitável, e remanescente da obra, deverá ser imediatamente transportado para o bota-fora, cujo local será pesquisado pela Contratada e aprovada pela Fiscalização.

Na conclusão dos trabalhos, se ainda sobrar material nos estoques, as sobras serão levadas pela empreiteira para os bota-foras já existentes e com a licença ambiental atualizada, e as áreas de estoques serão tratadas.

Os materiais resultantes das escavações, inadequados para o uso nas obras, serão depositados em bota-fora, levando-se em conta os cuidados especiais que as argilas moles demandam.

Para as áreas a serem exploradas como bota-fora, deverá ser realizado Levantamentos Planialtimétrico preliminares ao início de seu uso. Uma vez determinado o relevo local, será executado o projeto de terraplanagem, fixando a inclinação do talude, compatível com a natureza e tipo de solo, sistema de drenagem e o acabamento superficial dos taludes. As cotas das plataformas finais deverão estar condizentes com a topografia geral, não devendo formar depressões que venham a causar erosões ou depósitos indesejáveis.

Deverá ser dada especial atenção ao sistema de drenagem, ou seja, todos os taludes deverão ter bermas com largura suficiente para os serviços de manutenção nas valas de drenagem, podendo se fazer o uso de meia cana colocada junto ao talude. As bermas terão uma pequena elevação na borda para impedir que a água de chuva venha a provocar erosão nas encostas, e a



parte central terá vala para coletar e dirigir as águas aos pontos de coleta, devidamente protegidas, para não causar erosão.

As áreas de bota-fora serão escolhidas de maneira a não interferir com a construção e operação da obra e nem prejudicar sua aparência estética, adaptando-se sua forma, tanto quanto possível, ao terreno adjacente.

A Contratada tomará todas as precauções necessárias para que o material em bota-fora não venha a causar danos às áreas e/ou obras circunvizinhas, por deslizamentos, erosão, maus cheiros, etc. Para tanto, deverá a Contratada manter as áreas convenientemente drenadas, a qualquer tempo.

Na conclusão dos trabalhos as superfícies aterradas deverão apresentar bom aspecto visual, estarem limpas e convenientemente drenadas, além de atenderem às exigências ambientais do Município.

18.1.2 – EROSÃO

A execução de terraplanagem terá especial cuidado em prevenir a erosão do solo e o seu possível carreamento para o fio.

As pilhas de estoque de solos e materiais também serão convenientemente afastadas das margens, contando ainda com contenção de forma a prevenir o seu carreamento.

Durante a execução dos serviços, haverá sempre um sistema de drenagem provisório que, além de esgotamento de águas pluviais, também minimize o carreamento de material.

18.1.3 – VEGETAÇÃO

A Contratada cabe o desmatamento e destocamento do terreno. Deverá ser evitada a remoção desnecessária da vegetação. Caso esta seja inevitável, a Contratada fará um levantamento, indicando a localização, dimensões e espécies a serem removidos, os que deverá ser submetido à aprovação previa dos órgãos competentes.

As árvores removidas deverão ser, preferencialmente, transplantadas para locais próximos às obras, seguindo-se as orientações da Fiscalização.



18.2 – LIMPEZA DE ÁREA

A Contratada cabe a limpeza do terreno, demolições das edificações existentes dentro da faixa de desapropriação.

O produto das demolições será de propriedades da Contratada que deverá providenciar sua remoção da área no menor período do tempo.

18.3 – CANTEIRO

Compete à Contratada providenciar, às suas expensas, as áreas, a construção, operação, manutenção, desmontagem e remoção do canteiro de obras.

Os caminhos de serviço, as travessias de veículos e pedestre, inclusive as passagens provisórias e pontes de serviço ao longo das obras, jazidas botaforas deverão ser projetadas, construídos, mantidos e reforçados, se necessário, pela Contratada.

Os projetos respectivos devem ser aprovados preliminarmente pela Fiscalização e submetidos pela Contratada à aprovação dos órgãos competentes.

Além dos sanitários, que farão parte das diversas instalações do canteiro, serão dimensionadas e projetadas também as instalações sanitárias para atender o pessoal das frentes de serviços.

18.4 – TAPUMES / CERCAS

A Contratada limitará a faixa das obras e dos canteiros de serviço, seja com tapumes, seja com cercas, de modo a ter o completo controle de entradas e saídas de veículos e pessoas através de guaritas com cancelas e manter passagens de veículos e pedestres onde necessário.

Deverá ser objeto de precauções especiais a segurança de todas as pessoas e bens que circularão nos caminhos de serviços e nas travessias das obras, bem como as instalações existentes nas divisas, provendo-se onde



necessários, telas, corrimão e bandejas de proteção. Todas as circulações serão devidamente sinalizadas.

18.5 – PLACAS

A contratada deverá colocar as placas previstas pelo CREA e pela prefeitura e aquelas necessárias a esclarecer o público sobre as obras. As dimensões, cores, dizeres e quantidades serão informados pela Fiscalização.

18.6 – SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS

Para locação da obra, acompanhamento da execução do projeto, controle de recalques, fornecimentos de dados para mediação, a Contratada deverá contar com a mão de obra e equipamentos compatíveis com o grau de precisão previsto pelo projeto.

18.7 – REDES DE CONCESSIONÁRIAS

Com base no cadastro utilizado na fase do projeto, o qual será verificado e completado onde necessário, a Contratada organizará o Plano de Remanejamento das Instalações das concessionárias de serviços públicos que estejam interferindo com a obra.

O remanejamento obedecerá às normas das Concessionárias, e do Plano deverão constar desenhos e especificações dos trabalhos a executar.

Deverá ser providenciada pela Contratada a aprovação junto aos órgãos competentes, de todos os remanejamentos necessários. O plano de remanejamento quando não contemplado no Projeto Executivo, será elaborado pela Contratada e submetido à aprovação previa da Fiscalização.

Junto a locais conflitantes com a obra, deverão ser previstas redes ou muretas de proteção, as quais deverão também ser projetadas pela Contratada e aprovadas pelas empresas envolvidas. Se, no decorrer da execução da obra, a Contratada danificar qualquer rede por imprudência, negligência ou imperícia,



a reconstituição fiel dessa rede deverá ser executada no menos período de tempo e às suas expensas.

18.8 – CONTROLE TECNOLÓGICO

A Contratada fará o controle tecnológico do concreto estrutural, do aço, dos aterros, das diversas camadas do pavimento, do concreto asfáltico, procedendo aos ensaios e testes necessários, de acordo com as especificações de projeto e normas pertinentes, independentes do Acompanhamento Técnico da Obra (ATO).

Este controle será feito nas jazidas, pedreiras próprias ou de terceiros, nos fornecedores e nos locais de preparo e/ou aplicação dos materiais.

A Contratada, no prazo de 25 dias corridos da data de assinatura do Contrato, apresentará à Fiscalização os seus procedimentos internos de controle de qualidade para todos os serviços de sua responsabilidade.

18.9 – MODIFICAÇÃO DE PROJETOS E CADASTRO

Modificações e complementações aos projetos fornecidos somente serão executadas com a previa aprovação da Fiscalização e da projetista. Antes do recebimento provisório da obra, sob a forma de cadastro do empreendimento, a Contratada deverá entregar todos os documentos “Como Construído”; o não atendimento aplicará na não aceitação da obra.

19 – PROGRAMAÇÃO E CONTROLE

Dentro das limitações do projeto, impostas pela largura da faixa desapropriada e necessidade de remanejamento de redes de Concessionárias, a Contratada deverá apresentar umas metodologias construtivas, garantindo, principalmente a segurança das edificações, que será analisada pela Fiscalização.



Com relação a prazo e valor, esses métodos executivos deverão atender, de uma forma geral, ao Cronograma Físico–Financeiro de desenvolvimento das obras.

Semanalmente deverão ser realizadas reuniões entre a Fiscalização e a Contratada, quando serão verificados os serviços já executados, analisados os serviços em andamento, e programado o saldo a executar.

Para oficialização da comunicação entre as partes, deverão existir os seguintes documentos:

- Atas de Reunião: Documento que resumem os assuntos tratados em reunião devendo ser assinados pelas partes.
- Caderneta de Ocorrências: Documento que registra as pendências, irregularidades, solicitações urgentes e outros, devendo ser de uso comum.
- Diário de Obras: Documentos que registra os fatos do dia, como produção, interrupção dos serviços, ocorrência de chuva, entrada e saída de equipamentos, efetivos, visita e outros, devendo ser redigido pela Contratada e visitado pela Fiscalização.
- Ordem de Serviço: Documento emitido pela Contratada e aprovado pela Fiscalização, onde constam serviços necessários não previsto no projeto ou aqueles cuja execução deverá obrigatoriamente ser precedida da devida aprovação da Fiscalização de Campo.

As ordens de Serviço se constituirão em documentos de medição.

- Pedido de Informação de Projeto – PI: Documento emitido pela Contratada, respondido e aprovado pela Fiscalização, que solicita esclarecimento ou modificações de projeto. Os PI's se constituirão em documentos de medição quando aplicável.
- Nota de Modificação de Projeto – NP: Documento emitido pela Fiscalização contendo instruções de modificação de projeto. As NP's se constituirão em documentos de medição quando aplicável.



Os itens de serviço não especificados deverão atender as respectivas Normas Brasileiras atualmente vigentes e os critérios de medições e pagamentos correspondentes serão pagos nas unidades discriminadas nas planilhas.

Movimentação de terra. As operações referentes aos serviços de terraplanagem serão executadas mediante a utilização de equipamentos adequados, complementados com o emprego de serviços auxiliares, manuais ou não. Sempre que necessários deverá ser feita a limpeza de terreno que corresponde a: capina; roçada; remoção de toda a vegetação; entulhos; blocos de pedras ou demolições ao longo da faixa necessária para execução das obras.

Nas escavações para o canal serão respeitados os alinhamentos e as cotas indicadas no projeto, com eventuais modificações autorizadas pela Fiscalização, mediante Ordem de Serviço específico.

Na hipótese de ser necessário modificar a largura de escavação prevista no projeto, como no caso e se encontrar solos moles (orgânicos ou não) na projeção do canal e de suas paredes, será procedida sua remoção, ao longo de toda seção transversal do canal, conforme instruções de Fiscalização, aprovadas mediante Ordem de Serviço específica.

A execução pela Contratada de qualquer excesso de escavaco não prevista no projeto nem determinado pela Fiscalização, não apresentará ônus para a Contratante tanto em escavação como na correção correspondente em reaterro compactado e/ou enchimento na zona abrangida pela escavação ou em área próxima.

Antes de iniciar as escavações, a Contratada fará uma pesquisa no local, para que não sejam danificados edificações, dutos e tubos, caixas, cabos, postes, etc. que estejam na zona abrangida pela escavação ou em área próxima.

No caso de cruzamento da escavação com tubulações, a Contratada executará o escoramento e sustentação das mesmas.

As escavações deverão ser executadas de forma a ficar garantida a sua permanente segurança devendo, para tanto, serem obedecidas as plantas e os métodos executivos do projeto. A posição e as dimensões dos escoramentos e



travamentos serão executadas pela Contratada e aprovada pela Fiscalização mediante Ordem de Serviço específica.

Prevendo o reaproveitamento futuro de algum material escavado, a Contratada deverá tomar precaução para não misturar os materiais inaproveitáveis para reaterro, com os demais. Em comum acordo com a Fiscalização, verificar-se-á se o material poderá ou não ser usado para reaterro. O material reaproveitável e que não puder ser imediatamente utilizado será estocado em local aprovado pela Fiscalização.

Quando a escavação de fundações atingir o lençol d'água, dever-se-á ter o cuidado de manter o terreno permanentemente drenado através de abertura de valas provisórias com 1,50 m de profundidade devidamente drenadas por gravidade ou por bombeamento.

A espessura do material a ser compactado deverá ser compatível com o equipamento a ser utilizado, mas não superior a 30cm “solto” para veículos compactadores pesados (rolo, pneus, etc.) e 15cm “solto” para equipamento manual ou leve mecanizado (soquetes, placas, etc.).

Nos locais onde for possível, o material poderá ser compactado com os equipamentos pesados normais.

A distância entre a faixa compactada por estes equipamentos e a face das estruturas não poderá ser inferior a 1,5m.

Onde não for possível o emprego de equipamentos pesado convencional, a compactação será processada por meio de placas vibratórias, soquetes tipo “sapo” ou “manuais” com características que permitam atingir o grau de compactação especificado.

A compactação das camadas em torno das peças das estruturas deve ser orientada de maneira a não transmitir às mesmas, empuxos indesejáveis, não previstos, que possam afetar a sua estabilidade.

O espalhamento do material poderá ser feito mecanicamente, porém, próxima à face das estruturas, será sempre, por processo manual. O material a ser utilizado deverá atender às especificações, ser isento da presença de turfa, mica em excesso ou substâncias orgânicas e ser previamente aprovado pela Fiscalização.

Todo reaterro que não satisfizer as exigências preconizadas, a critério da Fiscalização, deverá ser removido e refeito às expensas da Contratada.



O material para aterro compactado junto às paredes do canal deverá apresentar CBR > 5% e o grau de compactação a ser atingido no aterro será de 95% da energia relativa ao Proctor Normal.

A critério de Fiscalização, o aterro no fundo da vala poderá iniciar-se com uma camada de material granular ou de um “forno de aterro” adensado pelo próprio equipamento espalhador, mediante Ordem de Serviço específica. Nos términos de jornadas diárias de trabalho ou mesmo pela eventual previsão de chuvas iminentes, dever-se-á proceder à selagem das camadas e à adequada conformação superficial para o escoamento das águas, para garantir a qualidade do que já estiver compactado e para facilitar a retomada dos serviços.

Quando a camada apresentar, após a compactação, a formação de placas separadas por retração, dever-se-á proceder a escarificação superficial para, a seguir, por recompactação promover-se a solidarização com a camada subjacente.

O material que se destinar o aterro, antes de ser transportado para lançamento, deverá ser verificado quanto às condições de unidade para correção quando necessário. A compactação será basicamente controlada pelo Proctor Normal, a umidade pelo Método Hilf, “speedy” ou frigideira.

Com o conhecimento do tipo de solo e maquinário a se utilizar serão estabelecidas, em cada caso, o número de “passadas” do equipamento compactador, para otimizar o andamento dos serviços, caso contrário serão executados aterros experimentais para determinação deste parâmetro.

A compactação de solos não coesivos deverá ser feita com emprego de equipamentos vibratórios, mesmo que para isto devam ser feitos escoamentos de segurança.

O material proveniente de escavações considerado aproveitável pela Fiscalização deverá ser utilizado para reaterro. Para completar o volume necessário será escavado material de jazidas pesquisadas pela Contratada e aprovadas pela Fiscalização.

No caso de necessidade de uso de explosivos, serão obedecidas as normas de segurança vigente, especialmente aquelas do Ministério do Exército, e da boa técnica. A Fiscalização será informada previamente de todas as operações. A superfície final seja de escavação ou aterro compactados,



será acabada na conformação (dimensões, inclinações, níveis, etc.), prevista no projeto. Lastros de areia e de concreto magro.

a) Lastro de Areia Compactada

Onde indicado em projeto ou pela Fiscalização o lastro executado com areia média a grossa espalhada em camada de no Máximo, 30cm e compactados por saturação, por equipamento adequado, até se atingir 75% da densidade máxima.

b) Lastro de Concreto Magro

Consistirá de camadas de concreto, de espessura conforme projeto, com consumo mínimo de 150 kg de cimento por m³. Guias, sarjetas e calçamentos.

Os serviços aos quais se refere a presente seção consistem no fornecimento no projeto, com tolerância de 1% para mais ou para menos do valor de cada dimensão, possuir superfícies lisas, não possuir trincas, nem fraturas, nem retoques, nem pintura, produzir som típico de guia não trincada quando percutida com, martelo leve, e não possuir nenhum ponto que se afaste mais de 4 mm de uma régua que sobre ela se apoie, em qualquer direção.

As guias pré-moldadas deverão possuir as formas e dimensões indicada no projeto, com tolerância de 1% para mais ou menos do valor de cada dimensão, possuir superfícies lisas, não possuir trincas, nem fraturas, nem retoques, nem pintura, produzir som típico de guia não trincada quando percutida com, martelo leve, e não possuir nenhum ponto que se afaste mais de 4 mm de uma régua que sobre ela se apoie, em qualquer direção.

O fck do concreto utilizado para a execução das guias deverá ser de 18,0 MPa. O lastro, a ser executado após a regularização do terreno, deverá ser concreto tipo 9,0 MPa.

Os materiais para concreto e para argamassa deverão satisfazer as exigências contidas nas normas de Seção correspondente a “concreto”, sendo que o concreto para a execução das sarjetas deverá ser de 18,0 Mpa, e para os calçamentos de 15,0 MPa.



19.1 – EXECUÇÃO

19.1.1 – SERVIÇOS PRELIMINARES

A locação das obras será executada pela empresa Contratada e verificada pela prefeitura.

O terreno, no local em que será executada a obra, será regularizado, de modo a assumir a forma prevista no projeto. A regularização poderá compreender, se necessária, operações de escavação, remoção de pedras e matacões, carga, transporte e descarga, não só dos materiais removidos como também dos materiais importados para aterro ou reaterro, umedecimento, Apiloamento a acabamento da superfície final.

19.1.2 – OPERAÇÕES CONSTRUTIVAS

Moldagem manual “in loco” das sarjetas, lastro e calçamento.

O concreto será contido lateralmente, por formas assentadas de conformidade com os alinhamentos e perfis do projeto. As formas serão convenientemente travadas, de modo a impedir o seu deslocamento e assegurar bom acabamento.

A mistura dos materiais, componentes de concreto, será executada em betoneira. Antes do lançamento do concreto, as formas e a base ou o terreno serão umedecidos.

O adensamento do concreto será, de preferência, executado por método manual, o concreto deverá ser isento de vazios.

Junto às formas, nas superfícies que serão visíveis após a conclusão da obra, o adensamento deverá ser executado com ferramenta que permita afastar das formas, as pedras de maior diâmetro. Após o adensamento, a superfície obtida será modelada com gabarito e acabada com desempenadeira de madeira, até que se obtenha uma superfície lisa e uniforme.



19.1.3 – PRÉ - MOLDADOS

Os pré-moldados poderão ser fabricados no canteiro da obra ou adquiridos pela Quando as guias forem assentadas sobre base de concreto, o intervalo de tempo entre o lançamento de concreto na base e o assentamento da guia deverá ser menor que uma hora.

Quando constar no projeto, ou for determinada pela prefeitura, as guias serão escoradas, nas posições correspondentes às juntas, por blocos (ou bolas) de concreto.

As juntas formadas entre guias consecutivas serão limpas, molhadas até a saturação, e enchidas com argamassa cimento-areia 1:3. As extensões visíveis das juntas serão alisadas, com ferramenta adequada, de forma a ser obtido um friso côncavo de 3mm de diâmetro. Após a conclusão do assentamento, os espaços vazios existentes, em uma faixa contígua à guia, com largura mínima de um metro, serão reaterrados com solo apilado, até a altura da guia.

19.1.4 – PROTEÇÃO DAS OBRAS

Durante todo o intervalo de tempo, necessários ao endurecimento do concreto ou da argamassa de rejuntamento, as obras serão protegidas contra a ação erosiva das águas pluviais. As correções, quando necessárias, serão executadas pela Empresa Contratada, sem ônus para a prefeitura.

19.2 – CONDIÇÕES DE RECEBIMENTO

19.2.1 – GUIAS

Nos poços de visita, deverão ser utilizados como dispositivos de inspeção, tampão de ferro fundido, com 600 milímetros de diâmetro, com capacidade de resistir carga de trafego compatível com trem tipo “TB-45” das Normas Brasileiras (ABNT).



As bocas-de-lobo e/ou poços de visita deverão ser executados em conformidade com as formas, dimensões, cotas e localização indicada no projeto. As escavações deverão ser as mínimas compatíveis para execução dos serviços.

O concreto, formas e armadura deverão ser executados rigorosamente de acordo com o previsto na Especificação de estruturas de Concreto.

A alvenaria de blocos de concreto será executada utilizando-se argamassa de cimento e areia (1:3). Após sua conclusão, deverá ser revestida interna e externamente, utilizando-se argamassa de cimento e areia no mesmo traço.

As argamassas que não forem utilizadas até 45 minutos após o seu preparo, deverão ser rejeitadas, não sendo permitido o seu reaproveitamento, mesmo que a elas seja adicionado mais cimento.

As tampas de concreto armado deverão ser pré-moldadas em formas de aço ou de madeira revestida com chapa, e adensadas em mesa vibratória.

19.2.2 – FORMAS

A Contratada deverá executar e manter as formas obedecendo rigorosamente às instruções do projeto.

As formas deverão ter resistência suficiente para suportar as pressões resultantes do lançamento e da vibração do concreto, devendo ser mantidas rigidamente na posição correta e não sofrerem deformações além dos limites especificados. Deverão ser suficientemente estanques, de modo a impedir a perda de nata do concreto.

Os escoramentos e as formas para o concreto devem ser calculados e executados levando-se em consideração o sistema de trabalho e as cargas atuantes na fase de construção. A Fiscalização poderá exigir cálculo estático do suporte e travamentos das formas de concreto, inclusive, com indicação das deformações consideradas.

As guias, que não satisfizerem as condições descritas nos itens anteriores, serão recusadas e deverão ser substituídos, desde que o número de peças recusadas seja igual a 10% do número total de peças do lote. Em caso contrário, todas as peças do lote poderão ser recusadas.



19.2.3 – CONCRETO

Será utilizado concreto tipo 18,0 MPa nas sarjetas e 15,0 MPa nos calçamentos, tanto no caso de moldagens manuais “in loco” quanto no caso de fabricação de pré-moldados no canteiro de obra. O controle e o recebimento do concreto serão realizados da forma prevista da seção correspondente a concreto.

19.2.4 – BOCAS DE LOBO E POÇOS DE VISITA

Os serviços aos quais se refere a presente especificação consistem em todos os serviços, materiais, mão de obra e equipamentos necessários à execução de bocas de lobo e/ou poços de visita, incluindo a escavação, compactação, escoramento e reaterro das cavas, esgotamento de água, e construção da boca de lobo ou poços de visita de acordo com o projeto específico. O concreto utilizado na execução destes dispositivos deverá atender a especificação de estrutura em Concreto Armado.

19.2.5 – ALVENARIA DE BLOCOS

Os blocos de concreto a serem empregados nas paredes de alvenaria deverão ser de boa qualidade e aprovados previamente pela Fiscalização. O cimento e areia a serem empregados nas argamassas, deverão satisfazer as exigências para uso destes materiais em concretos estruturais. O escoramento das cavas deverá ser executado com os mesmos materiais e procedimentos apresentados nas Especificações para Escoramentos de Valas.

O material de reaterro deverá seguir o apresentado na especificação de Escavação, Compactação de Fundo de Valas. As formas e o cimbramento poderão ser de madeira, aço ou outro material aprovado pela Fiscalização, conforme o grau de acabamento previsto para o concreto em cada local. De qualquer modo, porém, a qualidade da forma é de responsabilidade da Contratada.

No momento da concretagem, as superfícies das formas deverão estar livres de incrustações de nata ou outros materiais estranhos (pontas de aço,



pregos, papel, óleo, etc.). Aconselha-se, sempre que possível, a utilização de formas padronizadas e de alto reaproveitamento.

No caso de serem utilizadas formas metálicas, as mesmas deverão estar desempenadas e sua utilização ficará na dependência da apresentação, por parte da Contratada, do cálculo estático que comprove ter resistência e rigidez suficiente para suportar pressões resultantes de lançamentos, vibração e peso próprio do concreto.

Todos os materiais necessários às formas, seus travamentos, seu sistema de fixação e desmoldagem, filetes de canto triangulares, etc., deverão ser de boa qualidade.

Na execução de formas das caixas de drenagem e embutidos no concreto, deverá ser tomado cuidado especial da fixação das mesmas, de modo a evitar deslocamento durante a concretagem, não considerando os efeitos de flutuação dessas formas quando do lançamento do concreto.

As formas para concreto aparente deverão dar ao mesmo textura lisa, sem ondulações de superfície ou arestas e sem ressaltos nos locais de juntas. Quando não fixado no projeto, o material da forma é de escolha da Contratada que o submeterá à aprovação da Fiscalização.

Antes da confecção dos painéis das formas, a serem aplicados nos casos de peças em concreto aparente, os detalhamentos das juntas deverão ser submetidos à Fiscalização para aprovação. Particular atenção deverá ser dada ao posicionamento dos painéis e ao encontro dos mesmos, evitando-se ressaltos, a fim de não prejudicar o aspecto do concreto aparente. As formas para as superfícies curvas deverão ser construídas de maneira a ficarem com as curvaturas exigidas, cujas dimensões são dadas pelo projeto. Onde for necessário, para atender às exigências, a forma da madeira deverá ser construída em réguas laminadas, cortadas de modo a serem superfícies de formas estanques e lisas.

As formas serão retiradas de acordo com o disposto pela NB-1 da ABNT, que estabelece os prazos mínimos de acordo com as peças ou em prazos maiores ou menores, determinados eventualmente pela Fiscalização. Não se admitirá na desforma o uso de ferramentas metálicas como pés-de-cabra, alavanca. Talhadeiras, etc., entre o concreto endurecido e a forma. Caso haja necessidade do afrouxamento das formas, deve-se usar cunhas de



madeira-dura. Choques ou impactos violentos deverão ser evitados, devendo para o caso, ser estudado outro método para a desforma. A reutilização da forma, depois da limpa e reparada será liberada ou não, pela Fiscalização, após inspeção da mesma. Após a desforma, todas as imperfeições na superfície de concreto deverão ser corrigidas; todos os pregos deverão ser removidos; quaisquer asperezas e todas as arestas nas superfícies moldadas, causadas pelo encontro imperfeito dos painéis das formas deverão ser tratadas, todos os furos dos tirantes preenchidos, etc.

19.2.6 – ARMAÇÃO

As exigências fixadas pela EB-3 e NB-1 são consideradas parte integrante desta Especificação. Os casos omissos deverão ser submetidos à Fiscalização.

O aço poderá chegar ao canteiro já cortado e dobrado, conforme o projeto, salvo indicação da Fiscalização em contrário.

As emendas das barras deverão ser executadas de acordo com o especificado pela NB-1. Qualquer outro tipo de emenda só poderá ser utilizado mediante a aprovação prévia da Fiscalização. No caso de pôr solda a Contratada se obriga a apresentar, através de laboratório idôneo, o laudo do tipo de solda a ser empregado.

Na execução das armaduras, de acordo com o projeto, obriga-se a Contratada a colocar e fornecer (quando for o caso) todas as peças de montagem (caranguejos, espaçadores, etc.), fornece arame de amarração, necessário à rigidez na ferragem, devendo esses serviços e materiais estar previsto no preço da armadura estrutural.

Após o termino dos serviços de armação deverá a Contratada, até a fase de lançamento de concreto, evitar ao Máximo o transito de pessoas através das ferragens colocadas, exceção feita aos elementos de colocação de formas e de limpeza de arame, pedaços de madeira, lavagem da superfície a ser concretada, etc.

Nestes casos a Contratada executará uma passarela de tábuas que oriente a passagem e distribua o peso sobre o fundo das formas e não sobre a ferragem diretamente.



No prosseguimento dos serviços de armação decorrente das etapas construtivas da obra, obriga-se a Contratada a limpar a ferragem de espera, com escova de aço, retirando excesso de concretagem, ferrugem ou nata de cimento. Em casos em que a exposição das armaduras às intempéries for longa e previsível, as mesmas deverão ser devidamente protegidas.

A Contratada deverá fornecer todo o aço destinado às armaduras, inclusive todos os suportes, cavaletes de montagem, arame para amarração, etc., bem como deverá estocar, cortar, transportar e colocar as armaduras. Todo o equipamento e pessoal necessário para os serviços deverão ser fornecidos pela Contratada.

A contratada, a cada recebimento de aço, deverá fornecer à Fiscalização o certificado de ensaio do fabricante. A Fiscalização poderá solicitar a Contratada a retirada de amostras para ensaios. A contratada não poderá utilizar o aço antes da liberação por parte da Fiscalização.

O aço que não atender à prescrição da EB-3 será rejeitado e de imediato, retirado da obra pela Contratada.

Todo aço deverá ser estocado em áreas adequadas, previamente aprovado pela Fiscalização. Os depósitos deverão ser feitos sobre estrados de madeira ou similar, e de modo a permitir a arrumação das diversas partidas, segundo a categoria, classe e bitola, e segundo estiverem ou não liberadas.

19.2.7 – CONCRETO ESTRUTURAL

O concreto será composto de cimento Portland de alto forno, água, agregados inertes e, se necessários, aditivos apropriados. O uso dos aditivos e ou outros tipos de cimento somente será permitido após aprovação da Fiscalização.

A composição da mistura será determinada pela Contratada obedecendo às Normas Brasileiras e submetidas à aprovação da Fiscalização, através de ensaio para dosagem racional e estará baseada na pesquisa dos agregados mais adequados e respectiva granulometria. Por se tratar de obras hidráulicas, a relação água/cimento deverá ser menor ou igual a 0,50 obedecendo a trabalhável, segundo as necessidades de utilização, e resultar num produto que após uma cura apropriada e em adequado período de endurecimento, tenha



resistência, impermeabilidade e durabilidade de acordo com as exigências do projeto.

19.2.8 – CONTROLE

O controle de resistência do concreto à compressão é obrigatório e deve ser feito conforme os Métodos Brasileiros MB-2 e MB-3.

Os corpos de prova serão retirados e preparados pela Contratada. A Fiscalização aprovará o local onde serão retirados os corpos de prova.

Para melhor caracterização, os corpos de prova serão preferencialmente retirados no local de lançamento de concreto, de modo que as amostras retratem da forma mais exata possível as condições e características do concreto da peça.

A retirada dos corpos deverá obedecer ao prescrito na Norma Brasileira adotando-se em princípio, o índice de amostragem normal para cada idade julgada de interesse.

Devem ser obedecidas as seguintes condições:

O cimento deve ser medido em peso e somente em caso de absoluta emergência, a critério da Fiscalização, poderá ser feito por contagem de sacos, tomadas as devidas precauções para garantir a exatidão do peso declarado de cada saco, tomadas as devidas precauções para garantir a exatidão do peso declarado em cada saco, erro máximo tolerável: 2% do peso. Os agregados miúdos e graúdos devem ser medidos separadamente, em peso, devendo-se sempre levar em conta a influência da umidade, que será verificada no canteiro, erro máximo tolerável na pesagem: 2%.

Os ensaios necessários à dosagem, à obtenção dos corpos de prova, bem como os necessários na pesquisa de agregados, correm por conta da Contratada. O traço ótimo será apresentado à Fiscalização pelo menos uma semana antes da concretagem.

A Contratada deverá fornecer todos os equipamentos necessários à preparação do concreto, com capacidade suficiente para o ritmo necessário das obras, previsto no cronograma de trabalhos.



O equipamento deverá receber a manutenção necessária para garantir o perfeito controle das quantidades de cada componente da mistura, ao longo de toda obra.

O equipamento deverá ter precisão para pesagem de cada uma das classes dos agregados, do cimento e da água com erros inferiores a 2% e deverá, ainda, permitir ajustamentos de variações de umidade dos agregados.

Todas as instalações de pesagem deverão ser visíveis ao operador. As balanças deverão ser aferidas periodicamente pelo Instituto de pesos e medidas. A frequência das aferições será indicada pela Fiscalização sendo, em princípio, uma vez por mês.

Os silos de dosagem serão construídos de modo a não reter nenhum resíduo durante o esvaziamento.

O equipamento da mistura poderá ser constituído de betoneiras fixas ou montado sobre caminhões. Caso o concreto seja fornecido por terceiros, por conveniência da Contratada, esta será responsável pelo cumprimento destas especificações. A Fiscalização poderá exigir o controle de caminhões betoneiras na obra através de medida de “slump” admitindo-se uma variação de mais ou menos dois centímetros (2cm) em relação ao traço de Projeto. É expressamente proibido alterar a água do traço fornecido pela Central.

Os meios de transporte e lançamento deverão ser tais que fique assegurado o mínimo tempo no percurso e lançamento, evitando-se segregação apreciável dos agregados ou variações na trabalhabilidade da mistura ou ainda o início de pega.

Quando levado por calhas para dentro das formas, a inclinação das mesmas deverá ser estabelecida experimentalmente.

As extremidades inferiores das calhas serão dotadas de anteparo, para evitar segregação. Para esses casos especiais, a inclinação das calhas será determinada em comum acordo com a Fiscalização. Toda e qualquer concretagem deverá ser liberada por Engenheiro da Contratada, antes do seu início, mediante boletim de liberação, rubricado em todos os itens que o constituem pelos respectivos encarregados.

A Fiscalização optará por aprovar ou não o boletim, previamente, mas deverá sempre receber uma via da liberação para seu controle. Toda a



superfície do concreto deve ser mantida limpa. Irregularidades devem ser removidas.

Os concretos estruturais confirmados em formas devem ser lançados em camadas sucessivas não superiores a 30-40 cm. É importante que se tenha especial atenção para que o concreto seja adensado nos ângulos mais difíceis e nos pontos de encontro das formas.

Deve-se evitar paralisação da concretagem nos pontos de maior solicitação da estrutura, obrigando-se a Contratada a manter um sistema de comunicação permanente entre a obra e a Central de Concreto, ou um veículo à disposição.

No caso de lançamento de concreto em superfícies inclinadas, este deverá ser inicialmente lançado na parte mais baixa e progressivamente, sempre de baixo para cima. Deve-se tanto quanto possível prever lonas para proteção da superfície recém acabada contra chuvas. No caso de formas de madeira não impermeável, elas deverão ser mantidas úmidas pelo menos 24 horas antes do início do lançamento do concreto.

No caso de eventual ocorrência de “junta fria”, esta deve ser imediatamente tratada e a concretagem retomada o mais rapidamente possível. O concreto deverá ser vibrado até que se obtenha as máximas densidades possíveis, evitando-se a criação de vazios e bolhas de ar na sua massa.

A superfície do concreto será protegida adequadamente contra a ação nociva do sol e da chuva, de águas em movimento e agentes mecânicos, e conservada úmida desde o lançamento até pelo menos 7 dias após o lançamento do concreto, de acordo com a NB-1.

Para o caso de superfícies verticais, deverão ser usados sacos de aniagem, molhados ou películas químicas tipo “*curing*” ou similar. A água usada para a cura deverá ser limpa e mantida até o final da cura. Quando é lançado concreto fresco sobre concreto endurecido, devem ser tomadas as precauções necessárias para garantir a suficiente ligação entre as duas camadas.

A superfície de concreto endurecido deve apresenta-se com abastecimento rústico, com partículas de agregados expostas. Qualquer camada de nata de cimento ou argamassa deverá ser removida da superfície.



Quando se lançar concreto fresco sobre concreto velho é necessário manter este último saturado de água pelo menos por 24 horas antes da concretagem. Antes da concretagem sobre o cimento endurecido, deve ser aplicada uma camada de argamassa, da mesma dosagem da do concreto, sobre a superfície dura, para se evitar a formação de “ninhos” de pedra e assegurar uma junta bem vedada.

As juntas de dilatação devem ser rigorosamente executadas conforme projeto, devendo sua posição ser perfeitamente assegurada durante as operações de lançamento de concreto. Estas juntas deverão ser sempre desformadas. Sempre que possível, os reparos devem ser iniciados logo após a retirada das formas. O trabalho de reparação em serviço novo desenvolve melhor liga e tem melhor “chance” de ser mais durável e permanente.

A superfície deve ser estruturalmente sã, com acabamento rústico, isenta de poeira, nata de cimento, manchas de óleo e graxa. A superfície deve ser, durante várias horas, continuamente molhada, de preferência durante a noite (excetuam-se os casos em que sejam aplicados adesivos a base de epóxi).

19.3 – MATERIAIS PARA CONCRETO – ESPECIFICAÇÕES

19.3.1 – AGREGADOS:

Os agregados miúdos e graúdos devem satisfazer à Especificação EB-4. Os agregados necessários à preparação do concreto devem ser estocados separadamente, de acordo com sua granulometria.

Poderão ser exigidos pela Fiscalização ensaios de confirmação, tais como:

MB-6: Amostragem de Agregados

MB-7: Determinação da Composição Granulométrica dos Agregados

MB-8: Determinação do teor de Argila em Torrões dos Agregados

MB-9: Determinação do teor de Materiais Pulverulentos dos Agregados

MB-10: Avaliação das Impurezas das Areias para Concreto



19.3.2 – CIMENTO

Por se tratar de obras hidráulicas, deverá ser usado cimento Portland de alto forno respeitando-se as normas pertinentes. Visto que o certificado de uma partida de cimento, como especificado na EB-208, só informa ao comprador a respeito das qualidades medias daquela partida, sem garantir a qualidade de toda produção, serão exigidos ensaios de recebimento do cimento segundo a norma MB-1, que deverão ser executados pela Contratada. A fim de preservar as qualidades do cimento, o mesmo deve ser armazenado em locais protegidos da ação de intempéries, da umidade e de outros agentes nocivos.

O armazenamento poderá ser utilizado normalmente até a idade máxima de 30 dias. Além dessa idade o cimento só poderá ser usado a critério da Fiscalização.

Quer o cimento esteja armazenado em silos adequados ou em sacaria, poderá a Fiscalização a qualquer tempo exigir da Contratada a retirada de amostras e a realização de ensaios que permitam concluir pelo uso ou não do material.

19.3.3 – ÁGUA

A água destinada ao amassamento do concreto deve ser isenta de teores prejudiciais e substâncias estranhas. Uma porcentagem muito alta de ácidos ou sal, e grande quantidade de impurezas químicas (por exemplo, fenóis) ou orgânicas (açúcar, mesmo em pequenas quantidades) são perniciosas e comprometem a qualidade do concreto. Presumem-se satisfatórias as águas potáveis. Para casos duvidosos, ensaiar como prescrito na MB-1.

19.3.4 – ADITIVOS

O uso de aditivos para o concreto será permitido em casos especiais dependendo da aprovação previa da fiscalização.



19.4 – GENERALIDADES

Obriga-se a Contratada a manter nos serviços de concretagem, além de equipe especializada no serviço de lançamento, um encarregado e, se a Fiscalização assim o exigir, também um engenheiro. Essa equipe será responsável também pela conclusão dos serviços executados, retirada de amostras, alisamento da superfície e aplicação da cura.

Os cobrimentos de armadura serão aqueles indicados no projeto ou, em caso de omissão, o valor mínimo de 2,5 cm. Esses cobrimentos devem ser assegurados antes e durante a concretagem por meio de espaçadores adequados. Em princípio, as barras de distribuição devem ser colocadas no lado interno da armação principal.

O espaçamento deverá ser controlado pela Contratada, de modo a atender aos cobrimentos especificados, durante os serviços de concretagem. As armações que sobressaírem as superfícies de concreto deverão ser fixadas em sua exposição através de meios adequados. O dobramento das barras, eventualmente necessários aos trabalhos de impermeabilização e outros, deverão ser feitos apenas com uma dobra.

A lavagem dos caminhões betoneiras, após a concretagem, só será permitida em locais apropriados, previamente aprovados pela Fiscalização, não podendo nunca ser em vias públicas. Correrá por conta da Contratada quaisquer desobstruções de galerias, valas, etc., provenientes da não observância do exposto acima.

Durante a concretagem a Contratada manterá vigilância do comportamento das formas, escoramentos, etc., no sentido de, com segurança, sanar quaisquer imperfeições constatadas nos serviços executados e que eventualmente possam ocorrer.

19.4.1 – LASTRO DE BRITA E PÓ DE PEDRA

a) Lastro simples de pedra britada nº 4 e 5, compactado até a boa arrumação das pedras, com a largura da galeria prevista mais de 40 cm.



b) Lastro com pedra britada nº 4 e 5, sobre o qual será executada uma camada de 6 cm de concreto de 150 quilos de cimento por metro cúbico e com largura da galeria prevista, mais 40 cm.

O lastro deve ser apiloado até boa arrumação das pedras e preenchidos os vazios com pó de pedra ou areia fina. Plantio de grama em placas, arborização e ajardinamento.

19.4.2 – PREPARAÇÃO PARA PLANTIO

a) Preparação para plantio da forração:

Preliminarmente, eliminar todos os detritos. Retirar todo o mato existente inclusive as raízes.

Procedimento a ser tomado dependendo das condições do terreno:

Solo de boa qualidade: escarificar o terreno numa profundidade de 0,15 m, regularizando-o Solo de qualidade ruim: colocar sobre o terreno uma camada de terra de boa qualidade na espessura de 0,10m. Solo resultante de aterro contendo restos de material de construção: colocar sobre o terreno uma camada de terra de boa qualidade na espessura de 0,20 m.

No caso de forração ser grama, esta deverá ser plantada em placas justapostas, cuidando para não apresentarem ervas daninhas. Após o plantio, fazer uma cobertura com terra de boa qualidade na espessura de 0,02m.

Correção do solo:

Incorporar ao solo 50 g/m² de Calcário Dolomítico deixando reagir por 15 dias no mínimo, antes de iniciar a adubação.

Adubação orgânica e química:

30 litros / m² de composto orgânico curtido e peneirado. (*)

100 g / m² de adubo mineral granulado NPK na fórmula 10-20-10.

b) Preparação para plantio de arbustos:

Os arbustos deverão ser plantados em covas de 0,40 x 0,40 x 0,40m. Se o terreno for de solo ruim ou solo resultante de aterro contendo restos de



material de construção, essas covas deverão ser preenchidas com terra de boa qualidade.

Correção do solo:

Incorporar ao solo 32 g/cova de Calcário Dolomítico, deixando reagir por 15 dias no mínimo antes de iniciar a adubação.

(*) Item não válido para grama.

Obs.: No caso dos arbustos serem azaleias, não fazer correção do solo, pois dão preferência a solo ácido.

Adubação orgânica e química:

20 l/cova de composto orgânico curtido e peneirado.

64 g/cova de adubo mineral granulado NPK na fórmula 10-20-10.

c) Preparação para plantio de árvores:

Para a plantação de árvores, deverão ser abertas covas de 1,00 x 1,00 x 1,00 m.

Se o terreno for de solo ruim ou solo resultante de aterro contendo restos de material de construção, essas covas deverão ser preenchidas com terra de boa qualidade.

Correção do solo:

Incorporar ao solo, 500 g/cova de Calcário Dolomítico deixando reagir por 15 dias no mínimo antes de iniciar a adubação.

Adubação orgânica e química:

300 l/cova de composto orgânico curtido e peneirado

1 kg / cova de adubo mineral granulado NPK na fórmula 10-20-10

d) Plantio propriamente dito:

Durante o plantio observar que o colo do vegetal fique no nível da superfície do terreno.



Depois da colocação da muda no centro da cova, completar o vão formado, com a mistura de terra especificada nos itens anteriores, compactado ao redor do torrão da planta, para evitar tombamento.

Logo após o plantio, proceder à irrigação. “Coroar” as mudas das árvores plantadas.

19.4.3 – TUTORES

Todas as mudas de árvores deverão ser amparadas por meio de tutores que serão colocados desde o fundo da cova, com cuidado para não perfurar o torrão ou injuriar as raízes. Os caibros serão de madeira (pinho ou eucalipto) tratada com carbolineum, dimensões: 2,50 x 0,04 x 0,04m (*). Os tutores deverão ser presos ao fuste por meio de corda de sisal, rafia ou arame envolvido em mangueira plástica, formando “8”. Colocar dois amarrilhos; se a muda da árvore tiver mais de 3 (três) metros, três amarrilhos.

No caso da área ser uma praça, esta deverá ser cercada com cerca de arame liso, altura de 1,50m, mourões de eucalipto de 2,00 m de altura, na distância de 2,50m um do outro. Essa proteção deverá ser conservada no mínimo por três meses.

Obs.: Nas mudas de palmeiras utilizar 3 tutores de bambu.

Protetores para árvores:

Deverão ser colocados protetores para árvores, tipo “Parque” conforme detalhe, nas árvores situadas nos passeios, “playground” ou isoladas. Estes protetores serão executados com sarrafos de pinho ou eucalipto de 0,04 x 0,04m e ripas de 0,015 x 0,04m.

Os protetores deverão receber pintura a óleo, cor verde, com duas demãos. A parte enterrada deverá ser tratada com carbolineum.

(*) ou bambu 2,50 x 0,04m de diâmetro.

Porte e qualidade das mudas:

Todas as mudas de árvore, constantes do projeto deverão conter de 2,00 a 3,00m de altura e arbustos de 0,50m de altura no mínimo, quando não especificadas na planilha de orçamento. Todas as mudas de árvore, arbustos e



forração deverão estar: em perfeita formação, enraizada, porte adequado e perfeita sanidade.

Adubação e correção do solo:

A contratada deverá comunicar a Fiscalização o início da adubação ou da correção do solo. Deverá ter em estoque, na obra, a quantidade total dos produtos necessários a adubação ou correção do solo, para exame da Fiscalização. A Contratada deverá ter uma medida-padrão para o emprego do adubo ou do corretivo, aprovada pela Fiscalização.

Consolidação:

Período com a duração de 90 dias, iniciado após a execução da obra, no qual afirma empreiteira manterá constantes tratamentos culturais de replantio, podas, capinas, despraguejamentos, adubações, irrigações, tratamentos fitossanitários, escarificações do solo e demais atividades necessárias ao bom êxito do plantio.

Enrocamento de pedra em taludes:

A presente especificação tem por objetivo estabelecer as condições técnicas mínimas a serem atendidas no lançamento do revestimento dos taludes e proteção dos aterros, em contato com a água.

O enrocamento deverá ser constituído por pedras previamente aprovadas pela prefeitura e satisfazer à faixa granulométrica indicada em projeto.

Execução de gabião:

O revestimento dos gabiões obedecerá as seguintes especificações básicas:

Malha: Rede hexagonal de 80 mm x 100 mm de dupla torção, com fios entrelaçados por 3 vezes e diâmetro 2,7 mm.

Fio: Deverá ser de arame de aço de baixo teor de carbono, revestida em PVC, com diâmetro de 2,4 mm, no mínimo.



As bordas serão enroladas mecanicamente e os fios das bordas terão diâmetros superior ao da malha, cerca de 3,4 mm.

Os arames de amarração serão de diâmetro 2,2 mm com as mesmas características de proteção dos fios das malhas.

Enchimento dos gabiões – os gabiões serão cheios com material rochoso, são com índice de desgaste à abrasão segundo o ensaio “Los Angeles” – 40%.

Quanto a granulometria recomenda-se que:

30% tenha diâmetro acima de 4”;

70% diâmetro médio de 6”,

As caixas poderão ser cheias no lugar definitivo ou em áreas próximas da obra, e posteriormente transportadas para o local definitivo através de um equipamento com guindaste ou uma pá carregadeira.

A amarração dos gabiões entre si será pelas quinas, sendo feita por costura, por lançada simples ou dupla, alternadamente, segundo a ordem das malhas. Toda a estrutura em gabião deverá ser perfeitamente solidarizada.

Manta Geotêxtil:

O Material filtrante será constituído por uma manta geotêxtil não tecida filtrante. Caberá à fiscalização estabelecer as condições ou aprovações do material filtrante (manta filtrante).

Drenagem

a) Dreno de pé:

O dreno será constituído por materiais granulares envolvidos por uma manta filtrante. A largura será de 0,60 m com paredes verticais, sempre que o material permitir, e a profundidade de 0,35m.

Imediatamente após a abertura de um trecho da vala, deverá ser estendida a manta geotêxtil não tecida filtrante tipo Bidim ou similar, e iniciado o processo de enchimento da vala por camada de material drenantes, de granulometria indicada no projeto.



Inicia-se depois a colocação da linha de tubos perfurados e em seguida o material compactado por camadas de 0,20 m de espessura com placas vibratórias até o enchimento total da vala. Após o termino da compactação, deverá ser fechada a manta filtrante, com sobreposição de pelo menos 0,30 m.

b) Bombas Superficiais:

A contratada deverá dispor de equipamentos suficientes para que o sistema de esgotamento permita a realização dos trabalhos a seco.

As instalações de bombeamento deverão ser dimensionadas com suficiente margem de segurança e deverão ser previstos equipamentos de reserva, incluindo grupo moto bombas diesel, para eventuais interrupções de energia elétrica.

A instalação da rede elétrica alimentadora, pontos de força, consumo de energia ou combustível, manutenção, operação e guarda dos equipamentos serão de responsabilidade da Contratada. A contratada deverá prever e evitar irregularidades das operações de esgotamento, controlando e inspecionando o equipamento continuamente. Eventuais anomalias deverão ser eliminadas imediatamente.

Nos casos em que a escavação for executada em argilas plásticas impermeáveis consistentes, poderá ser usado o sistema de bombeamento direto, desde que o nível estático d'água não exceda em mais de 1,00 m o fundo da escavação.

Serão feitos drenos laterais, na cota de fundo da escavação junto ao escoramento, fora da área de interferência da obra, para que a água seja coletada pelas bombas em ponto adequados. Os crivos das bombas deverão ser colocados em pequenos poços internos a esses drenos e recobertos de brita a fim de se evitar a erosão.

c) Rebaixamento de Lençol Freático:

Os locais da implantação do sistema de rebaixamento do lençol freático deverão atender às indicações dos desenhos de projeto e instruções da Fiscalização.

Todas as escavações deverão ser mantidas secas através de sistema adequado de rebaixamento de lençol freático.



No caso de aplicação de rebaixamento de lençol freático por sistemas de ponteiros a vácuo, a escavação abaixo do nível original do lençol só poderá ser executada após a comprovação do perfeito funcionamento e recebimento do sistema através de indicadores de nível. Se o nível estático d'água situar-se a uma cota superior em mais de 1,00 m ao fundo da escavação, será feito o rebaixamento parcial do nível d'água até cerca de 1,00 m acima do fundo da escavação, mantendo-o seco com o auxílio também de bombeamento direto.

Nos casos em que a escavação for executada em solos arenosos ou siltosos, ou onde tais solos constituam a cota de fundo, somente será permitido o uso de rebaixamento do nível d'água através de ponteiros ou poços filtrantes, com eventual uso de vácuo.

A adoção do sistema de rebaixamento do lençol freático, com instalação montada dentro da escavação, somente será permitida se este não interferir nos trabalhos de execução das obras, nem prejudicar os serviços de reaterro.

Este sistema de rebaixamento deve ser executado de maneira a poder funcionar com total eficiência até a execução das obras e reaterro acima da cota prevista. As instalações de bombeamento para o rebaixamento do lençol, uma vez instaladas, funcionarão sem interrupção (24 horas por dia) até o término do serviço.

Não será permitida a interrupção do funcionamento dos sistemas sob alegação de nenhum motivo, nem nos períodos noturno ou de feriados, mesmo que nos respectivos intervalos de tempo nenhum outro serviço seja executado na obra.

Nos locais onde as obras estiverem sendo mantida seca através do bombeamento ou rebaixamento do lençol freático, as operações de bombeamento cessarão gradativamente, de maneira que o nível piezométrico seja sempre mantido, pelo menos, meio metro da cota superior atingida pelo aterro.

A instalação da rede elétrica alimentadora, pontos de força, consumo de energia ou combustível e a manutenção, operação e a guarda dos equipamentos serão de responsabilidade da Contratada.



Rachão:

Esta especificação refere-se à execução de sub-base constituída de pedra “rachão” obtida diretamente da britagem, tendo os seus vazios preenchidos por agregados miúdos tipo pedrisco e pó de pedra. A sub-base será executada, resumidamente, nas seguintes etapas:

- a) Espalhamento e rolagem de uma camada de bloqueio, com 3 a 5 cm de espessura, constituído de agregado miúdo, diretamente sobre o subleito compactado;
- b) Espalhamento e rolagem inicial do agregado graúdo sobre a camada de bloqueio;
- c) Preenchimento dos vazios do agregado graúdo através do espalhamento e rolagem de uma camada de enchimento, constituída de agregado miúdo, sobre o mesmo;
- d) Compactação final da camada.

Agregado Graúdo:

O Agregado Graúdo deverá ser constituído por pedra britada tipo rachão, produto total de britagem primária, devendo ser constituído de fragmentos duros, limpos e duráveis, livres de excesso de partículas lameladas ou alongadas, macias ou de fácil desintegração, ou de outras substâncias prejudiciais.

Quando submetidos a ciclos de ensaios de durabilidades (soundness test), deve apresentar uma perda máxima de 20%, contendo sulfato de sódio e 30% com sulfato de magnésio. A porcentagem de desgaste no ensaio Los Angeles deverá ser inferior a 65%.

O diâmetro máximo do agregado graúdo deverá ser de 4”. No entanto, devido ao processo de obtenção da pedra rachão, admitir-se-á um percentual de 10% de agregado com granulometria entre 4” e 6”.

Agregado miúdo:

As camadas de bloqueio e de enchimento deverão ser constituídas por produto de britagem com 50% do material com granulometria inferior a 3/8”, de



forma a permitir o travamento da camada de pedra rachão e evitar a sub-penetração do material do subleito.

Execução:

Compreendem as operações de execução da camada de bloqueio, agregado graúdo e miúdo e material de enchimento realizadas na pista devidamente preparada na largura desejada e nas quantidades que permitem, após compressão atingir a espessura projetada.

Deverá ser executada antes do espalhamento do agregado graúdo que cubra toda a largura da plataforma, compreendendo pista e acostamento, tendo espessura de 3 a 5 cm.

Esta camada é muito importante em locais de subleito expansivo, devendo ser rolada com rolo liso vibratório para acomodação após o espalhamento uniforme com equipamento de lâmina.

Agregado Graúdo: O agregado graúdo, com diâmetro máximo de 4", será espalhado em uma camada de espessura constante, uniformemente solta e disposta de modo que seja obtida a espessura comprimida especificada, atendendo aos alinhamentos e perfis de projetados.

Este espalhamento deverá ser feito com trator de lâmina pesado, executando-se após, a primeira operação de compressão com equipamento pesado observando-se a não degradação do agregado graúdo, até que consiga um bom entrosamento do agregado graúdo e a conformação transversal necessária. A sub-base de pedra rachão deverá ser executada em camadas (pedra rachão + enchimento) de no Máximo 20 cm de espessura acabada cada uma.

Material de enchimento e Acabamento:

O material de enchimento deverá ser espalhado com moto niveladora sobre a camada de agregado graúdo, a seco, de modo a preencher os vazios de agregado já parcialmente comprimido.

A seguir continua-se com a compressão com rolo liso vibratório para reforçar a penetração do material de enchimento nos vazios do agregado graúdo. A camada de fechamento penetrará totalmente na camada de pedra rachão, regularizando-a.



Será dada como terminada a compressão quando desaparecerem as ondulações na frente do rolo e a sub-base se apresente completamente firme. Concluídas estas operações, a sub-base deverá ser aberta ao tráfego de obra com a finalidade de revelar pontos fracos que deverão ser corrigidos antes da execução da base, com a adição de material de enchimento.

Bica Corrida;

Esta especificação se aplica à execução da sub-base dos pavimentos com produto total de britagem (bica corrida). Será empregado o produto total da britagem de rocha sã, livre de impurezas, de boa cubicidade, sem grãos alterados.

Serão empregados, além dos equipamentos de exploração de pedreiras e britagem, moto niveladoras, pás-carregadeiras, carros-tanque distribuidores de água, rolos compactadores tipo vibratório liso, *tandem* ou pneumático tipo pesado.

Compreende as operações de espalhamento, mistura, umedecimento ou secagem, compactação e acabamento dos materiais importados, realizadas na pista, devidamente preparada na largura desejada, nas quantidades que permitam, após compactação, atingir a espessura projetada. Quando houver necessidade de executar camadas de sub-base com espessura final superior a 20 cm. A espessura mínima de qualquer camada de sub-base será de 10 cm, após a compactação.

Todas as camadas serão controladas geometricamente de modo a manter constante a espessura compactada. Serão tolerados, nas espessuras individuais, desvios, para mais ou para menos, de até 1,5 cm. Na última camada de bica corrida, as seções transversais serão medidas e niveladas nos pontos de controle geométrico estabelecidos pela Fiscalização.

Tolerar-se-á:

- a) variação de até 10 cm para mais na largura;
- b) cotas da superfície acabada compreendida no intervalo (cota de projeto -2 cm) a (cota de projeto + 1 cm). A superfície acabada deve se afastar



de 1,5 cm da face inferior de uma régua de 3 m, colocada em um ponto qualquer, seguindo uma direção qualquer.

Passeio de Concreto:

a) Objetivo

Esta especificação fixa as condições mínimas que devem ser observadas na execução de passeio de concreto.

b) Condições Gerais

O concreto deve ser dosado no traço mais apropriado à trabalhabilidade e à resistência requerida, ou conforma indicado no projeto.

c) Condições Específicas

Preparo da base:

O solo que constituirá a base da calçada deverá ser devidamente compactado. Eventualmente poderá ser exigida base de pedra britada n.º 1 que deverá ser aplicada conforme instruções da Fiscalização.

Materiais:

O concreto de cimento Portland para execução de passeios deverá ter $f_{ck} > 150 \text{ kgf/cm}^2$.

Preparada a base, devem ser colocadas formas de ripas de madeira, formando quadrados ou retângulos, com panos máximos de 1,50 x 1,50m. As ripas devem ser apoiadas diretamente sobre a base e fixadas por ponteiro cravados na base.

O bordo superior de ripa deve ficar na cota de projeto; para isto, eventualmente, poderão elas ser calçadas ou a base ser ligeiramente escavada, formando um rebaixo.

Antes da colocação das formas, deve-se verificar se todas as canalizações e outros dispositivos que devam passar por sob o passeio foram definitivamente instalados. A fixação das formas deve ser suficientemente



rígida, de modo que sua posição não seja alterada pela pressão do concreto ou por choques eventuais.

Os equipamentos a serem usados serão os convencionais para este tipo de trabalho, tais como betoneiras, vibradores, ferramentas manuais, equipamentos de transporte, etc.

Antes da concretagem, o leito da base deve ser limpo e umedecido para não absorver a água de mistura do concreto.

O concreto deve ser esparramado sobre a base e desempenado com régua apoiada nas formas. Terminada a concretagem a superfície deverá ser acabada com desempenadeira e obturada todas as cavidades formadas por bolhas de ar ou devido à incrustação de materiais estranhos. A superfície dos panos concretados deve ser protegida com material saturado de água, mantido molhado durante o período de cura.

O passeio somente será liberado decorridos 7 dias de cura. Somente serão recebidos os serviços executados desta especificação. Quando os resultados não cumprirem as condições desta especificação, a Fiscalização poderá exigir a re-execução dos serviços inadequados. A re-execução dos serviços correrá às expensas da Contratada. Cabe à Contratada conservar os passeios em condições de recebimento pela Fiscalização.

d) Manejo Ambiental

Os cuidados a serem observados visando a preservação do meio ambiente, nos serviços de execução de passeios devem estar em conformidade às recomendações das especificações DNER-ES 279 e DNER-ES 281. Deverá sempre haver cuidados especial, de modo a minimizar os danos inevitáveis da área lindeira durante a execução desta camada.

e) Inspeção

Controle de qualidade de execução.

Nivelamento da cota de terraplanagem dos passeios nas duas bordas de 5 m em 5 m.

Nivelamento das bordas dos passeios de 5 m em 5 m. Medidas da largura dos passeios de 5 m em 5 m. A tolerância para largura do passeio acabado é de + 5 cm.



Remanejamento de Interferências:

a) Redes de esgoto

Esta especificação visa a execução do remanejamento de redes de esgoto.

Materiais: Os materiais necessários para a execução da obra são os seguintes:

- estacas de eucalipto diâmetro 0,30m de comprimento estimado em 6,0m;
- agregado graúdo para concreto;
- agregação miúdo para concreto;
- cimento;
- água;
- aço CA-50;
- formas comuns de madeira;
- tubos de concreto ponta e bolsa;
- anéis de borracha.

As redes de esgoto deverão ser executadas em tubos de concreto ponta e bolsa com anel de borracha de acordo com as especificações da Concessionária local. Os tubos deverão ser assentados sobre berço de areia ou concreto, conforme especificado no projeto.

Geométrico: A declividade longitudinal, bem como a locação dos tubos deverá ser determinada através de acompanhamento topográfico, obedecendo rigorosamente ao projeto e devidamente acompanhada pela Fiscalização da Concessionária.

Demais atividades, tais como, execução de berço de concreto, cravação de estaca de madeira, reaterro, etc, deverão obedecer às especificações correspondentes.



Tela

Descrição: inclui todos os serviços e materiais necessários para o funcionamento, estocagem, corte e montagem de telas tipo “Telcon” ou similar, nas estruturas de concreto armado e/ou projetado, bem como os serviços e materiais para emendas das telas, de acordo com o projeto e as especificações Técnicas.

Tubos de PVC

Descrição: Incluem o assentamento, escavações, reaterro e serviço em geral.

Pavimentação

Os serviços de execução de concreto asfáltico consistirão no fornecimento e mistura de agregado e asfalto, e no espalhamento e compactação da mistura na área a pavimentar, de acordo com as indicações do projeto, especificações e determinações da prefeitura.

Os materiais asfálticos a serem empregados serão cimentos asfálticos derivados do petróleo, devendo satisfazer as especificações da EB-78 da ABNT (Norma NP-12).

Quando necessários, para se obter adesividade satisfatória deverão ser utilizados aditivos, que deverão ser empregados conforme as especificações dos fabricantes e seu uso ter sido aprovado pela prefeitura.

O agregado graúdo, conforme preceitua o item 5 da EB-72, será pedra britada, a qual deve se constituir de fragmentos sãos, duráveis, livres de torrões de argila e substâncias nocivas. O valor Máximo tolerado, no ensaio de desgaste Los Angeles, é de 40% (Método DNER – DPT – M 35 – 64).

O agregado miúdo pode ser areia, pó-de-pedra ou mistura de ambos. Suas partículas individuais deverão ser resistentes e apresentar moderadas angulosidades. Deve estar

Isento de torrões de argila e de substâncias nocivas, e apresentar um equivalente de areia igual ou superior a 55%.



O material de enchimento (filler) deve ser constituído por materiais minerais finamente divididos, inertes em relação aos demais componentes da mistura, não plásticos, tais como cimento Portland, cal extinta, pó-de-pedra, etc., e que atendam a granulometria recomendada pela ASSHO. A mistura de agregados minerais é constituída normalmente por três parcelas: pedra britada, areia e quando necessário “filler”.

A composição da mistura asfáltica será determinada pelo Método Marshal.

A mistura será executada em usina do tipo descontínuo ou gravimétrica, ou do tipo contínuo ou volumétrico. Os agregados, “filler”, e betume, serão dosados em peso ou volume, de acordo com o tipo de usina de asfalto a ser utilizada. Nenhum material, individualmente ou já sob forma de mistura, poderá ser utilizado sem antes ter sido aprovada pela prefeitura de Lençóis Paulista. Uma vez aprovados, é da responsabilidade da Contratada garantir a qualidade e uniformidade dos materiais.

Todos os equipamentos utilizados na execução da obra deverão ser aprovados pela prefeitura antes do início dos serviços, e deverão ser mantidos sempre em eficientes condições de operação. As misturas asfálticas deverão ser distribuídas na pista somente quando a base preparada para recebê-la estiver seca e o tempo não se apresentar chuvoso.

A mistura deverá ser transportada para o local de aplicação com um mínimo de perdas calóricas. Se a temperatura de qualquer mistura que sair da usina cair mais de 10°C entre o momento de sua partida e o de sua aplicação na pista a Contratada devesse cobrir as cargas com lonas ou adotar dispositivos que permitam diminuir a perda de calor. Imediatamente antes do espalhamento da mistura betuminosa, a superfície existente deverá ser limpa de todo o material solto prejudicial, procedendo-se a varrição com vassouras mecânicas ou rotativas.

Achando-se a mistura asfáltica em condições de utilização, deverá ser espalhada sobre a largura da pista afetada pelas obras. A mistura será lançada sobre uma base aprovada somente quando as condições de tempo forem adequadas.

A acabadora será acionada à velocidade recomendada por seu fabricante. Depois de compactada a largura da primeira faixa, passar-se-á à



segunda, executando-se o espalhamento, compactação e acabamento da mesma forma como especificado para a primeira.

Quando houver necessidade de espalhamento da mistura em duas camadas, o procedimento acima indicado para faixas duplas aplicar-se-á a cada uma das duas camadas executadas separadamente. Logo após o espalhamento e o “emparelhamento” da mistura, a superfície deverá ser vistoriada, corrigindo-se todas as irregularidades aparentes e em seguida compactação intensa e uniforme, por meio de rolagem.

Quando a espessura total compactada da camada de concreto asfáltico for de 5 cm ou menos, as operações de espalhamento e compactação poderão ser feitas numa única etapa. O espalhamento da mistura deverá ser feito de modo a evitar segregação e formação de núcleos de material graúdo ou fino. O trabalho de compactação poderá ser executado quando a mistura estiver nas condições requeridas e não produzir deslocamentos excessivos, trincas ou ondulações na mistura espalhada.

A rolagem inicial será efetuada com uma cobertura completa, dependendo do tipo e da temperatura da mistura, com um dos rolos especificados deslocando-se logo atrás da acabadora, e de peso tal que possa produzir afundamento ou deslocamento da mistura. O rolo compressor, liso se deslocará com seu cilindro motor rodando o mais próximo possível da acabadora, salvo determinação diversa da prefeitura.

Logo após a rolagem inicial, a mistura será integralmente compactada mediante o uso de rolo pneumático autopropulsado. A parte final da compactação será executada com rolo *tandem*, de dois ou três eixos, de peso especificado.

A compactação deverá ter início pelas bordas, progredindo em direção ao centro. Cada passada do rolo deverá ser recoberto, na sucessiva, pelo menos da largura rolada precedentemente, até compactar toda a superfície.

As faixas de rolagem alternadas do rolo terminarão em pontos de parada afastados 1 metro, no mínimo, dos pontos de parada anteriores.

Outros métodos de compactação (diferentes dos acima indicados) poderão ser determinados pela prefeitura, quando este assim julgar conveniente. Durante a rolagem, o rolo deverá ser mantido em operação até não imprimir mais marcas na massa compactada, e atingir a densidade



especificada. Junto a bueiros, muros de arrimo e outros locais inacessíveis ao rolo compressor, a mistura deverá ser compactada com soquetes manuais aquecidos, ou com mecânicos de compressão. A densidade da mistura compactada não deverá ser inferior a 95 % da densidade obtida em laboratório, com corpos de prova composta com materiais misturados nas proporções determinadas pela prefeitura.

Imprimação Ligante Betuminosa

Este serviço constituirá no fornecimento e aplicação do material betuminoso de baixa viscosidade entre as camadas finais do pavimento flexível. A finalidade é dar condições de aderência entre a base e a camada de rolamento, de concreto betuminoso.

Os materiais betuminosos a utilizar devem ser, de preferência, de baixa viscosidade para permitir um recobrimento delgado, de modo que o resíduo produza uma superfície seca e ligante.

O material betuminoso poderá ser um dos seguintes:

- asfaltos diluídos de cura CR – 70, CR 250, CR – 800;
- emulsão asfáltica catiônica de ruptura rápida RR-2C.

Devem ser observadas as especificações do IBP para os asfaltos diluídos tipo CR e as normas CNP-14 para as emulsões asfáltica catiônicas.

Amostras do material a utilizar devem ser previamente examinadas em laboratório para verificar se obedecem a esta Especificação. Nenhum material poderá ser usado sem a previa aprovação da Fiscalização.

A escolha do material betuminoso deve ser feita em função da sua capacidade de penetração e da textura do material de base. A faixa de viscosidade correta será determinada pela Fiscalização. A taxa de aplicação deve ser indicada no projeto executivo estabelecida pela Fiscalização, devendo ser determinada experimentalmente no canteiro de obras.

A pintura ligante deve ser executada somente sobre superfícies limpas e quando a temperatura ambiente à sombra for de pelo menos 13°C em ascensão ou de 15°C quando em declínio, sem neblina ou chuva iminente.



Imediatamente antes da aplicação da pintura ligante sobre a superfície da base asfáltica já preparada, todos os materiais soltos ou nocivos e o pó devem ser removidos por meio de varredura com emprego de vassoura mecânica completada por operação manual.

Cuidado particular deve ser tomado para limpar inteiramente as bordas externas da faixa a pintar, especialmente as que forem adjacentes a depósitos de agregados minerais que possam ter sido colocados na plataforma, os quais devem ser removidos manualmente antes da varredura.

Depois de preparada a superfície, aplica-se o material ligante na temperatura fixada pelo seu tipo, quantidade certa, e de modo uniforme. A taxa de aplicação deve situar-se em torno de 0,5 litro por metro quadrado. O material betuminoso deve ser distribuído sob pressão uniforme. A quebra admissível da taxa pré-estabelecida será de 0,1 litro por metro quadrado. Para evitar a superposição ou excesso de material nos pontos iniciais e finais da pintura, devem ser colocadas faixas de papel tipo “Kraft” transversalmente na pista, de modo que o material betuminoso comece e cesse de sair da barra de distribuição sobre essas faixas. O papel será, depois, removido.

Um regador ou um distribuidor manual equipado com bico de pulverização deverá ser usado para aplicar o material ligante nas áreas inacessíveis ao distribuidor e para retocar todos os lugares omitidos pelo distribuidor. A contratada deve corrigir imediatamente qualquer falha de aplicações constatada. Após a aplicação do material ligante, deverão ser observados os seguintes cuidados para com a película acabada antes da aplicação da camada betuminosa subjacente:

- o asfalto diluído deve permanecer em cura até completa evaporação do solvente, o que ocorre normalmente de 8 a 24 horas depois da aplicação;
- a ruptura da emulsão asfáltica catiônica deve ocorrer dentro de 5 a 10 minutos após a aplicação e a secagem da superfície deve ser completa.

Macadame Betuminoso

Os serviços consistem no fornecimento, carga, transporte e descarga dos materiais, mão-de-obra e equipamentos adequados, necessários à execução e ao controle de qualidade de camadas de macadame betuminoso,



em conformidade com a norma apresentada a seguir e detalhes executivos contínuos no projeto.

Consistem em duas aplicações alternadas de ligante betuminoso, uma distribuição de agregado graúdo e duas distribuições de agregado miúdo em quantidades especificadas, devidamente espalhadas, niveladas e compactadas.

Condição Física da Camada de Apoio do Macadame Betuminoso

Caso a execução do macadame asfáltico não se efetue logo após a execução da camada de apoio subjacente e de modo especial, quando a mesma esteve exposta a chuvas, devem ser realizadas nesta camada de apoio as seguintes determinações:

Determinação da presença de água livre na camada mediante a abertura de um furo ($D=15\text{cm}$) em toda sua espessura. A ocorrência de água livre drenada da camada para o furo caracteriza uma saturação da parte superficial (4 cm) da camada inferior ao macadame hidráulico.

Verificação, através da observação no fundo do furo, da possível saturação da parte superficial (4 cm) da camada inferior ao macadame hidráulico.

Caso ocorra uma das situações indicadas acima a macadame betuminoso não poderá ser executado, devendo ser aguardada a secagem da camada de macadame hidráulico de modo que as citadas situações não mais se verifiquem. Tão logo isto se dê, poderá ser autorizada a construção do macadame betuminoso.

Macadame Hidráulico

Estes serviços consistirão no fornecimento, distribuição e compressão de uma ou mais camadas agregadas minerais graúdo e de material de enchimento aglutinado pela adição de água, de acordo os alinhamentos, cotas e seções transversais indicadas no projeto.



A camada subjacente, sobre a qual será executada a base de macadame hidráulico, deverá estar perfeitamente regularizada, consolidada e aprovada pela Fiscalização.

A base de macadame hidráulico será construída com produto total de britagem, de modo que venha apresentar estabilidade e durabilidade conveniente, satisfazendo aos requisitos de granulometria e qualidade estabelecida nesta Especificação.

Não é permitido o transporte de brita e material de enchimento quando as condições de tempo forem tais que as operações de transporte e distribuição ocasionem danos aos serviços já executados.

Também é vedado constituir base de macadame hidráulico sobre a superfície encharcada do subleito. A camada subjacente, sobre cuja superfície será executada a camada de macadame hidráulico deverá estar moldada com acabamento cuidadoso, de modo a não apresentar desigualdades ou depressão e estar suficientemente drenada.

A camada subjacente, após a relocação, deverá estar de acordo com a seção transversal tipo e com as cotas de projeto, dentro das tolerâncias permitidas nas especificações destes serviços. A espessura final compactada de camada de macadame hidráulico será no mínimo de 7 cm.

Quando a espessura a executar for superior a 14 cm, a distribuição deverá ser feita em duas etapas sucessivas. Neste caso, a primeira camada deverá ter a largura aumentada de 20 cm. Quando o material da sub-base tiver de 30% em peso passando na peneira nº 200 deverá ser executada, antes do primeiro espalhamento do agregado graúdo, uma camada de bloqueio em toda largura da plataforma com uma espessura de 3 a 5 cm após a compactação. Esta camada, que também terá a função de camada drenantes, será definida pela Fiscalização.

O agregado graúdo será espalhado em uma camada de espessura uniforme, uniformemente solto a disposição de modo a que seja obtida a espessura comprimida Especificada, atendendo aos alinhamentos e perfis projetados. O espalhamento deverá ser feito de modo que não haja segregação das partículas de agregado, por meios mecânicos.

Não será permitida a descarga do agregado em pilhas ou cordões, devendo o espalhamento ser feito diretamente dos caminhões basculantes em



espessura a mais uniforme possível, seguido de acerto definitivo com a lâmina da moto-niveladora. Depois do espalhamento e acerto do agregado graúdo, será feita a verificação do greide longitudinal e seção transversal, com cordéis, gabarito etc., sendo, então, corrigidos os pontos com excesso ou deficiência de material.

Nesta operação deverá ser usada brita com a mesma granulometria da usada na camada em execução, sendo vedado o uso da brita miúda para tal fim. Os fragmentos alongados, lamelares, ou de tamanhos excessivos, visíveis na superfície de agregado espalhado, deverão ser removidos.

A compressão inicial deverá ser feita com um rolo de 3 rodas, pesando 10 e 12 toneladas, ou rolo vibratório, aprovado pela Fiscalização. Em qualquer faixa, esta passagem deve ser feita em marcha à ré e à velocidade reduzida (1,8 a 2,4 Km/h), devendo também as manobras do rolo ser realizadas fora da base em compressão. Nos trechos em tangente, a compressão deve partir, sempre, dos bordos para o eixo e, nas curvas, do bordo interno para o bordo externo.

Em cada deslocamento do rolo compressor, a faixa anteriormente comprimida deve ser recoberta de, pelo menos, metade da largura da roda traseira do rolo. Após obter-se a cobertura completa da área em compressão ser feita uma nova verificação do greide longitudinal e seção transversal, efetuando-se as correções necessárias.

A operação de compressão deverá prosseguir até que se consiga um bom entrosamento do agregado graúdo, sem formar ondas diante do rolo. O material de enchimento deverá ser, a seguir, espalhados por meios manuais ou mecânicos, em quantidade suficiente para encher os vazios do agregado já parcialmente comprimido.

O material do enchimento deverá ser descarregado em pilhas sobre o agregado graúdo, mas espalhadas em camadas finas, seja por meio de espalhadores mecânicos, diretamente dos caminhões, ou por meios manuais. A aplicação do material de enchimento deverá ser feita em 03 (três) ou mais camadas sucessivas, durante o que se deve continuar a compressão e força a sua penetração nos vazios do agregado graúdo por meio de vassouras manuais ou mecânicas.



Quando não for possível a penetração do material de enchimento a seco dado início à irrigação da base, ao mesmo tempo em que se espalha mais material de enchimento e se prossegue com as operações de compressão. A irrigação e aplicação do material de enchimento deverão prosseguir até que se forme na frente do rolo uma pasta de material de enchimento e água.

Será dada como terminada a compressão quando desaparecer as ondulações na frente do rolo e a base se apresentar completamente firme. Quando a construção da base de macadame hidráulico for feita em duas etapas, a primeira camada deverá estar completamente seca antes de iniciarse a execução da segunda.

Ambas as camadas deverão ser construídas obedecendo ao procedimento descrito acima. No caso de construção em meia pista, será obrigatório o uso de fôrmas ao longo do eixo. As formas poderão ser metálicas ou de madeira, tendo estas últimas uma espessura mínima de 5 cm. No caso da construção em duas etapas, a linha de junção das duas meias-pista inferiores não deverá coincidir com a das duas meias pistas superiores. Terminada a construção da base de macadame hidráulico deve-se deixá-la secar, durante um período de 7 a 15 dias, antes da execução do revestimento.

Construção de Camada de Isolamento

A camada de isolamento deverá ser construída sobre a superfície da base, conforme indicado no projeto. Esta camada deverá ter 3 a 5 cm de espessura após a compactação, será definida pela Fiscalização.

Reforço do subleito

Reforço do subleito é a camada do pavimento que tem o objetivo de dotar a estrutura de uma fundação com qualidades e suporte superiores ao do solo encontrado no local quando este não atender às exigências do projeto. O reforço do subleito conforme a plataforma transversal e longitudinal e será executado de acordo com as dimensões do projeto, sobre o subleito regularizado.



Os materiais a serem empregados no reforço deverão possuir características superiores aos do subleito e serem provenientes de jazidas ou depósitos, ou mesmo de cortes dentro da faixa da própria obra desde que atendam às características mínimas exigidas pelo projeto.

Os materiais do reforço deverão ter um índice de suporte Califórnia (ISC/CBR) mínimo especificado pelo projeto. A expansão máxima deverá ser de 1,0%. Os solos utilizados deverão estar isentos de vegetais ou materiais orgânicos.

Execução

Sobre a plataforma de terraplenagem devidamente regularizada distribui-se o material que constituirá a camada de reforço. Após o depósito e espalhamento com equipamento adequado, deverão ser efetuadas as correções de umidade. A água deve ser adicionada parceladamente, seguindo-se a cada fração de água acrescentada rigorosa homogeneização. Após a última incorporação de fração que totaliza a quantidade de água requerida, a homogeneização deve prosseguir até obter-se total uniformidade e teor de umidade especificados.

Se o material a ser empregado apresentar excesso de umidade deve-se proceder à aeração até que o teor de água apresente-se uniforme e de acordo com o especificado. A compactação deverá ser executada em camada de no mínimo 10 cm e no Máximo 20 cm acabadas. Serão permitidos retoques superficiais desde que executados em corte. Nos locais em que sejam necessárias em aterro, será feita a escarificação dos 10 cm superiores da última camada executada, adicionando o material necessário para a complementação e repetidas as operações de compactação.



20. - SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

CÁLCULO DA REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

20.1. - INTRODUÇÃO

No projeto do sistema de drenagem de águas pluviais, a área de interesse foi dividida em Sub-Bacias, delimitadas a partir da planta geométrica. Inclui o sistema viário e áreas adjacentes, caracterizando-o em micro drenagem.

O escoamento, captação e condução das águas pluviais da área urbana, foi adotado a captação através de boca de lobo (simples e dupla) com escoamento das vazões captadas por meio de sarjetas e sarjetões. O uso destas estruturas substitui as galerias com tubos em excesso.

Os sarjetões são instalados nas esquinas de acordo com a inclinação das vias para direcionamento das águas de chuva para a próxima quadra ou boca de lobo.

Foi adotado o Método Racional para a determinação das vazões de projeto; que relaciona diretamente a precipitação com o deflúvio, considerando as principais características da bacia, tais como área, permeabilidade, forma, declividade média. Comumente utilizado para bacias urbanas com áreas inferiores a 5 Km², foram obedecidos e adotados os seguintes princípios:

- Nas galerias de Águas Pluviais temos as condições de escoamento com conduto livre, em regime permanente e uniforme;

- As dimensões da galeria não devem decrescer na direção de jusante, mesmo que, com o aumento da declividade, um conduto de menores dimensões tenha capacidade adequada;

- A declividade da galeria, tanto quanto possível, deve ser igual a do terreno para termos menos escavação;

- Na junção de galerias de dimensões diferentes as geratrizes superiores terão a mesma cota;



- A velocidade mínima, a plena seção, é de 0,75m/s;
- A velocidade máxima ser de 5,0 m/s;
- A relação lamina / diâmetro ser menor ou igual a 0,81;
- Recobrimento mínimo de 1,0 metro acima da geratriz superior do tubo.

20.2. - ELEMENTOS DO SISTEMA PROJETADO:

20.2.1. - Definições dos Elementos:

O sistema de drenagem de águas pluviais projetados é composto por uma série de unidades e dispositivos hidráulicos para os quais são dados uma terminologia própria e cujos elementos mais frequentes são conceituados a seguir:

- Greide – é uma linha do perfil correspondente ao eixo longitudinal da superfície livre da via ou rua;
- Guia - também conhecida como meio fio, é a faixa longitudinal de separação do passeio com o leito viário. Geralmente feito em concreto;
- Sarjeta – é o canal longitudinal, em geral triangular, situado entre a guia e a via destinada a coletar e conduzir as águas de escoamento superficial até os pontos de coleta;
- Sarjetões – canal de seção triangular situado nos pontos baixos ou nos encontros das vias destinados a conectar sarjetas ou encaminhar efluentes destas para os pontos de coleta;
- Bocas coletoras – também denominadas de bocas de lobo, são estruturas hidráulicas para captação das águas superficiais transportadas pelas sarjetas e sarjetões, em geral situam-se sob o passeio ou sob a sarjeta;
- Poços de visita – são câmaras visitáveis situadas em pontos previamente determinados, destinados a permitir a inspeção e limpeza dos condutos subterrâneos;



- Caixas de ligação – também denominadas caixas mortas, são caixas de alvenaria subterrâneas não visitáveis, com a finalidade de reunir condutos de ligação ou estes a galeria;
- Galerias - são condutos destinados ao transporte das águas captadas, nas bocas coletadas até os pontos de lançamento, tecnicamente denominado de galerias tendo em vista serem constituídas com diâmetro mínimo de 600 mm;
- Condutos de ligação – também denominados de tubulações de ligação, são destinadas ao transporte de água coletada nas bocas coletoras até às galerias pluviais;
- Trecho de galerias – é a parte da galeria situada entre dois poços de visita consecutivos;
- Canaleta - são canais que interligam duas bocas de lobo sob a via, possui grade no nível do pavimento para facilitar sua limpeza;
- Valeta ou canal trapezoidal – são canais que acompanham a declividade do terreno e conduzem toda água captada para o seu destino final.

20.3. - PARÂMETROS DE PROJETO

- Tempo de concentração - define-se o tempo de concentração como sendo o tempo em minutos decorrido desde o início da precipitação torrencial sobre a bacia até o instante em que toda bacia passa a contribuir para o escoamento a jusante da mesma;
- Período de retorno - os sistemas de micro drenagem, em geral, são dimensionados para frequências de descargas de 25 a 50 anos, de acordo com as características da ocupação da área que se quer beneficiar, foi considerado, entretanto a importância e segurança da obra;
- Coeficiente de escoamento superficial – este coeficiente exprime a relação entre o volume de escoamento livre superficial e o total



precipitado. É por definição a grandeza, no método racional, que requer maior acuidade na sua determinação, tendo em vista o grande número de variáveis que influem no volume escoado, tais como infiltração, armazenamento, evaporação, retenção, tornando necessariamente, uma adoção empírica do valor adequado.

Tabela 19: Coeficiente C de acordo com o revestimento da superfície

Natureza da Superfície	C
Pavimentadas com concreto	0,80 a 0,95
Asfaltadas em bom estado	0,85 a 0,95
Asfaltadas e má conservadas	0,70 a 0,85
Pavimentadas com paralelepípedos rejuntados	0,75 a 0,85
Pavimentadas com pedras irregulares e sem rejuntamento	0,40 a 0,50
Macadamizadas	0,25 a 0,60
Encascalhadas	0,15 a 0,30
Calçadas	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,95

Tabela 20: Coeficiente C de acordo com a ocupação da área

Natureza da Superfície	C
Áreas centrais, densamente construídas, com ruas pavimentadas.	0,70 a 0,90
Áreas adjacentes ao centro, com ruas pavimentadas.	0,50 a 0,70
Áreas residenciais com casa isoladas	0,25 a 0,50
Áreas suburbanas pouco edificadas	0,10 a 0,20

Tabela 21: Coeficiente C para solos arenosos.

Inclinação do terreno	C
$I \leq 2\%$	0,05 a 0,10
$2\% < I < 7\%$	0,10 a 0,15
$I \geq 7\%$	0,15 a 0,20



Tabela 22: Coeficiente **C** para solos pesados.

Inclinação do terreno	C
$I \leq 2\%$	0,15 a 0,20
$2\% < I < 7\%$	0,20 a 0,25
$I \geq 7\%$	0,25 a 0,30

- Intensidade média das precipitações – é a quantidade de chuva por unidade tempo para um período de recorrência e duração prevista. Sua determinação, em geral, é feita através de análise de curvas que relacionam intensidade/duração/frequência, elaboradas a partir de dados pluviográficos anotados ao longo de vários anos de observações que antecedem ao período de determinação de cada chuva.

Para localidades onde ainda não foi definida ou estudada a relação citada, o procedimento prático é adotarem-se, com as devidas reservas, equações já determinadas para regiões similares climatologicamente.

Para o cálculo da intensidade de precipitação utilizou-se a equação descrita na planilha de cálculo de drenagem em anexo, onde foram considerados a duração das chuvas intensa e o período de retorno adequado a este tipo de obra.

20.4. - FÓRMULAS UTILIZADAS

20.4.1. - Método Racional

O Método racional presume como conceito básico que o máximo caudal para uma pequena bacia, ocorre quando toda a bacia está contribuindo, e que este caudal é igual a uma fração da precipitação média. Em termos de forma analítica, a fórmula é:



$$Q = C.i.A$$

Onde:

Q = vazão que deflui sobre a superfície do solo, em L/s ou m³/s;

C = coeficiente de escoamento superficial, dado pela relação entre o pico de vazão e a chuva média sobre a área receptora;

i = intensidade média da chuva, em L/s.ha, m³/s ha;

A = área da bacia receptora de chuva em hectares.

20.4.2. - Cálculo da Capacidade de vazão de uma sarjeta:

No cálculo de vazão de uma sarjeta, foi utilizada a fórmula de Izzard para escoamento de um canal triangular:

$$Q = 0,375 \times \sqrt{I} \times \frac{Z}{n} \times y^{\frac{8}{3}}$$

onde:

Q = vazão em m³/s;

n = coeficiente de rugosidade de Manning relativo à sarjeta, adotou-se 0,013 (concreto acabamento manual áspero);

Z = inverso da declividade transversal ∴ Z = 12;

y = altura máxima da lamina d'água na guia ∴ y = 0,13 m;

I = declividade longitudinal da rua em m/m.

20.4.3. - Cálculo das galerias de águas pluviais:

Utilizou-se a Formula de Manning:



$$Q = 0,312 \times D^{\frac{4}{3}} \times \frac{\sqrt{I}}{n}$$

onde:

Q = vazão em m³ /s;

D = diâmetro em metros;

I = declividade em m/m;

n = natureza da parede do tubo, concreto n = 0,013.

20.5. - CÁLCULOS

20.5.1. - Vazões das Sub-Bacias

Os cálculos estão em planilha anexo.

20.5.2. - Galerias de Tubos

As tubulações existentes abrangem grande parte da área urbana, e são de diâmetros compatíveis com as vazões; sendo necessários alguns trechos de prolongamentos com os mesmos diâmetros das tubulações a jusante. Será necessária uma adequação da captação das águas através de aumento do número de boca de lobo, e seu melhor posicionamento na via a fim de utilizar sua plena eficiência de captação. Será também necessário a instalação de sarjetões certas ruas (desenho) para o direcionamento correto para o sistema de captação.



20.6. - DESTINO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

As águas pluviais, depois de escoarem superficialmente pelas sarjetas e coletadas nas bocas-de-lobo, serão conduzidas pelas tubulações para as canaletas de saída (dissipadores de energia) diminuindo assim sua velocidade e lançadas no Córrego.

21 – CANALIZAÇÃO DE CÓRREGOS

21.1. - LOCAÇÃO DA OBRA

A locação da obra deverá ser executada seguindo as definições do projeto executivo.

No caso dos canais, a locação deve ser executada buscando o enquadramento da estrutura em eixos auxiliares que delimitem a estrutura no espaço. As linhas demarcarão o início e o fim dos taludes e a região da base do canal, definindo as cotas destes elementos ao longo do seu desenvolvimento.

21.2. - LIMPEZA DO TERRENO

Os trabalhos de limpeza do terreno consistirão na remoção de todo o material de origem vegetal das áreas de implantação do canal, áreas de apoio, acessos e outras definidas pelo projeto e Fiscalização.

A limpeza incluirá, onde necessário, as operações de desmatamento, destocamento e raspagem com profundidade suficiente para a remoção dos detritos de origem vegetal.

Os limites das áreas a serem limpas serão os fixados nos desenhos de projeto.

Os trabalhos de limpeza serão iniciados somente após aprovação, pela Fiscalização, do plano de sua execução apresentado pela Empreiteira.



21.3. – ESCAVAÇÃO

O plano de escavação deverá indicar o equipamento previsto para os trabalhos de escavação e transporte, bem como a localização das áreas de estoque e “bota-fora” previstos pela Empreiteira. Deverá incluir, sempre que necessário, o sistema de esgotamento e drenagem superficial das áreas escavadas durante e após a realização dos trabalhos, bem como um plano de preservação de áreas de empréstimo e “bota-fora”. O nível do lençol freático deverá ser determinado, pois é fator importante na escolha dos métodos de escavação.

Nos locais em que a escavação encontrar solo impróprio, deverá ser feita escavação adicional para troca do material. Uma vez concluídos esses trabalhos, deverá ser feito o revestimento da vala, com brita ou areia compactada manualmente de forma a se obter, uma superfície a mais regular possível. Esse trabalho deverá estar de acordo com o projeto, ficando qualquer alteração, devida às condições locais, a julgamento da Fiscalização.

A Empreiteira deverá executar as escavações nos alinhamentos, declividades e taludes mostrados nos desenhos ou definidos pela Fiscalização, sendo, volumes escavados a mais, de responsabilidade da Empreiteira.

A Empreiteira deverá programar os trabalhos de modo que permita a maximização do aproveitamento direto dos materiais escavados para reaterro e regularização de outras partes do projeto. A localização de estoques intermediários deverá ser aprovada pela Fiscalização. Os materiais a serem encaminhados para “bota-fora” deverão ser imediatamente removidos do canteiro de obras.

Antes do início de qualquer trabalho, a Empreiteira submeterá à aprovação da Fiscalização, o plano de escavações, o qual será efetuado a partir de levantamentos topográficos, sondagens, dados geológicos, cronogramas, locais previstos para “bota-fora” e demais observações, conforme indicado no projeto ou a critério da Fiscalização.

As escavações executadas por conveniência da Empreiteira, como as escavações para implantação de estradas de serviço em áreas de escavação e outras, serão realizadas a suas expensas, mesmo quando já aprovado o plano geral de escavação.



A escavação de solos como, por exemplo, aqueles que serão utilizados no revestimento final dos taludes, deverão ser programados de forma a se evitar a necessidade de implantação de estoques. Quando isso não for possível, a Fiscalização autorizará, mediante comunicação escrita, a formação desses estoques em áreas preestabelecidas.

Qualquer escavação para obtenção de solos argilosos fora da área do projeto deverá ser autorizada pela Fiscalização após análise das várias alternativas propostas pela Empreiteira.

21.4 - ESCAVAÇÃO COMUM

A operação de escavação comum nas áreas de canais inclui a remoção de terra, de rocha decomposta, de pedras soltas e de qualquer outro material que possa ser removido pelo equipamento de escavação sem emprego sistemático de explosivos.

21.5 - ESCAVAÇÃO COM EXPLOSIVOS

Operações de escavação com explosivos em áreas de implantação dos elementos de drenagem deverão seguir as orientações de projeto desenvolvido por firma especializada.

As escavações com explosivos deverão ser utilizadas em materiais com grande resistência ao desmonte mecânico.

21.6 – CANAIS

Para garantir a capacidade de vazão prevista nos projetos, além das características dimensionais, duas outras são de suma importância: rugosidade das paredes e declividade.

No aspecto rugosidade, o acabamento das superfícies deverá atender às condições estabelecidas no projeto quanto à regularidade de superfície, acabamento final, tipos de fôrma ou desempenamento a ser utilizado no concreto. Não será admitida a presença de ressaltos, protuberâncias,



reentrâncias e outras irregularidades não previstas. Ao final das obras, todas as construções auxiliares que foram necessárias à construção deverão ser removidas e as superfícies reparadas.

Com respeito à declividade, deverão ser respeitadas as cotas de fundo das obras especificadas em projeto. Em pontos intermediários entre estas, a variação deve ser contínua, não se admitindo trechos com o fundo ascendente.

No caso de presença de interferências não cadastradas, em que haja necessidade de modificação de traçado ou perfil, estas só poderão ser executadas após aprovação da Fiscalização e da empresa Projetista.

Canais são estruturas de drenagem superficial implantadas no fundo do vale. Por causa de sua localização, são normalmente realizados os trabalhos na presença de água, seja proveniente do lençol freático, seja decorrente do canal natural pré-existente.

Assim sendo, o aspecto que mais diferencia este tipo de obra é o esquema construtivo para possibilitar a convivência da obra com a presença da água. Previamente ao início das obras, a Empreiteira deverá aprovar, junto à Fiscalização, o planejamento da construção, indicando o esquema de manejo e desvio do rio durante a obra. Neste planejamento, deverão ser considerados:

- época do ano em que serão executadas as obras;
- vazões mínimas e máximas previstas durante o período construtivo;
- proteção dos serviços em execução contra inundação;
- não agravamento das enchentes usuais no entorno das obras

durante sua execução.

21.7 - CANAIS EM CONCRETO

A execução de canais de drenagem em concreto deverá seguir as condições estabelecidas no projeto executivo dessas obras.

A utilização de concreto na conformação é em decorrência de duas situações distintas:

- proteção do fundo e das margens contra efeitos erosivos do fluxo de água;



- estrutural, quando há necessidade de contenção dos terrenos laterais.

No caso de proteção contra erosão, a obra em concreto é composta por lajes de revestimento apoiadas sobre o fundo e os taludes laterais. Poderão ser executadas moldadas “in loco” ou em concreto projetado conforme as orientações de projeto ou da Fiscalização. No segundo caso, os elementos de concreto são estruturais, podendo assumir as mais variadas formas de resistência: lajes, pórticos, muros de gravidade, etc.

Nesse caso, o método construtivo é determinante na resistência da obra, devendo ser seguidas as determinações de projeto.

Outro aspecto a ser considerado, especificamente no caso de canais revestidos em concreto, é o da estanqueidade das paredes.

Conforme os condicionantes adotados na elaboração do projeto executivo, as paredes deverão ter condições de aliviar as pressões hidrostáticas externas ou vedar completamente a passagem de água.

Antes do início das obras, deverão ser verificadas nos desenhos de projeto, e junto à Fiscalização, as soluções adotadas, trecho a trecho, ao longo da canalização.

No primeiro caso, deverão ser construídas as camadas de filtro / transições, barbaças, drenos e demais obras previstas para garantir o alívio de pressões. No segundo caso, além dos cuidados especiais tomados na execução do concreto, com características impermeáveis, a execução das juntas (de concretagem e definitivas), deverá atender aos condicionantes específicos de projeto, garantindo a estanqueidade da estrutura.

21.8 - CANAIS EM SOLO COM PROTEÇÃO DE ENROCAMENTO

Os canais em enrocamento consistem em canais em solos tratados anteriormente, revestidos com uma camada de proteção em enrocamento.

Na sua construção, devem ser seguidos todos os procedimentos para construção de canais em solo até as cotas definidas em projeto para escavação. Sobre o canal escavado, deverá ser assentada a camada de filtro em manta geotêxtil ou material granular.



A camada de enrocamento deverá ser realizada manual ou mecanicamente, conforme as condições locais permitirem. Todo cuidado deverá ser tomado para garantir a integridade dos filtros adjacentes.

O enrocamento a ser utilizado deverá ser composto de material não degradável e resistente. Sua granulometria deverá estar em acordo com as condições especificadas em projeto ou pela Fiscalização.

Após a colocação do enrocamento, este deverá ser compactado manual ou mecanicamente, obedecendo a uma superfície regular e sem protuberâncias acentuadas.

Durante o período de vigência do contrato, a Empreiteira deverá garantir a manutenção e limpeza dos canais, recompondo trechos eventualmente danificados.

21.9. - CANAIS EM GABIÃO

Os canais em gabião deverão ser implantados conforme as características indicadas nos desenhos de projeto e as recomendações do fabricante.

Completados os serviços de escavações, deverão ser implantados os filtros de transição que poderão, conforme as indicações de projeto, serem constituídos de manta geotêxtil ou brita e areia.

A construção de camadas de transição em brita e areia deverá ser realizada manualmente, em camadas de espessura uniforme, apiladas manualmente.

Os canais poderão ser em solo e revestidos em gabiões (gabião manta ou sacos), ou ter seções em gabião (arrimando taludes em solo), com a utilização de gabiões-caixa e gabiões-saco, conforme esteja indicado no projeto executivo.

Os gabiões deverão ser constituídos por um invólucro de tela metálica (arame) em malha hexagonal, amarrados uns aos outros e preenchidos com material rochoso de dimensões adequadas às características do gabião, formando elementos permeáveis e flexíveis. Para a execução desses elementos, deverão ser obedecidos os seguintes critérios:



O fio utilizado na fabricação dos gabiões e nas operações de amarração e atirantamento, durante a construção, devem ser de aço de baixo teor de carbono e galvanizado de acordo com as exigências da ABNT-EB-1562 - "Arame de Aço de Baixo Teor de Carbono, Zincado para Gabiões" O diâmetro do fio utilizado na fabricação das malhas e nas operações de amarração e atirantamento, bem como suas resistências, devem ter valores mínimos definidos em norma. As bordas livres da manta gabião devem ser enroladas mecanicamente, de maneira que as malhas não se desfaçam e adquiram maior resistência. A rede deve ser de malha hexagonal de dupla ou tripla torção. As dimensões dos gabiões (comprimento e espessura) deverão obedecer ao especificado em projeto.

Serão admitidas as seguintes tolerâncias:

- diâmetro do fio galvanizado $\pm 2,5\%$
- comprimento e largura dos gabiões $\pm 3\%$
- espessura da manta-gabião $\pm 2,5\%$
- peso da manta $\pm 5\%$

Os blocos de rocha a serem empregados como material de preenchimento dos gabiões deverá ser resistentes e duráveis, oriundos de rocha sã não desagregável.

Deverão também possuir formas que não dificultem o arranjo do material durante o seu preenchimento e ser adequados às dimensões dos gabiões.

A execução de obras em gabião deverá envolver as operações de montagem, colocação, enchimento, atirantamento e fechamento do revestimento. A preparação de cada peça, no que diz respeito aos trabalhos de abertura e desdobramento das unidades, deverá ser feita fora do local de utilização. O posicionamento das peças deverá ser feito após a perfeita regularização dos taludes com a inclinação prevista em projeto e a colocação do material de filtro ao longo da seção. Cuidado especial deverá ser tomado durante esta operação para evitar a danificação do filtro.

As mantas-gabião deverão ser posicionadas com sua maior dimensão transversalmente à direção do fluxo d'água.



Quando forem empregados revestimentos de canais com gabião manta, deverão ser feitas as ancoragens das malhas no terreno antes do seu enchimento, mediante dispositivos apropriados (grampos metálicos, vergalhões cravados no terreno), definidos em projeto.

Todas as peças deverão ser costuradas, cuidadosamente, ao longo das arestas em contato, tanto horizontais como verticais, antes do enchimento. A costura deve ser executada com fio de arame de diâmetro conforme indicado pelo fabricante do gabião e aprovado pela Fiscalização. Esta costura deve ser feita de forma contínua, passando por todas as malhas, alternadamente, com volta simples e dupla. O preenchimento das peças deverá ser feito manual ou mecanicamente (se as condições de trabalho permitirem). Em ambos os casos, deverá ser feita uma arrumação manual das pedras, procurando reduzir ao máximo os vazios existentes. Desta forma, o enchimento deve permitir a máxima deformabilidade inicial da estrutura, obtendo a mínima porcentagem de vazios, assegurando assim o maior peso específico. A operação de fechamento deverá ser realizada colocando as tampas sobre as bases, e costurando as mesmas às bordas superiores das arestas.

Durante o período de vigência do contrato, a Empreiteira deverá manter equipes para a recomposição de eventuais trechos danificados após períodos prolongados de chuvas ou precipitações intensas, principalmente junto à base do revestimento.

21.10. - CANAIS COM REVESTIMENTO SUPERFICIAL EM GRAMA

Nos canais, deverão ser implantados e executados os serviços de escavação / reaterro, conforme as especificações já apresentadas para esses serviços. A cota e dimensões de escavação deverão ser as indicadas em projeto, garantindo uma sobre escavação para execução da camada de terra vegetal e implantação do revestimento superficial em grama.

Os serviços de proteção vegetal dos taludes consistem no plantio de vegetais diversos com a finalidade de proteger superficialmente as áreas expostas dos taludes, proporcionando-lhes condições de resistência à erosão



superficial e preservando, quando possível, as características da paisagem natural vizinha.

A proteção vegetal será constituída por grama. Será, em geral, utilizado o sistema de leivas, que consiste em placas de gramas já desenvolvidas e que são transportadas para plantio no local desejado. Nos locais indicados pela Fiscalização, deverá ser feito o plantio por sementeira.

Para o bom desenvolvimento vegetal, há necessidade de se espalhar sobre a superfície a ser protegida uma camada de pelo menos 15 cm de solo vegetal ou material obtido por processos de compostagem.

Quando necessária, a utilização de adubos e corretivos só deverá ser feita através de fórmulas obtidas após a análise química do solo a ser protegido e da camada de solo vegetal utilizada.

A fixação da grama em leivas poderá ser feita através de ripas de madeira ou bambu, grampos de ferro, estacas de madeira, etc., após cobertura com uma camada de terra, devidamente compactada com soquete de madeira ou de ferro.

No caso de plantio por sementeira, as sementes deverão ser aplicadas uniformemente por espalhamento a lanço. Após a operação, as sementes deverão ser cobertas com uma camada de solo vegetal, de cerca de 2 cm, para se evitar que as mesmas fiquem expostas a ação de pássaros.

Deverão ser utilizadas leivas e/ou sementes de gramíneas de porte baixo, de sistema radicular profundo e abundante, comprovadamente testadas, de preferência nativas ou adaptadas à região. No caso de emprego de leivas, estas deverão ter dimensões uniformes, sendo extraídas por processo manual ou mecânico. O plantio deverá ser, preferencialmente, feito 2 meses antes do período de chuvas, e ser seguido por irrigação.

Quando houver necessidade, a rega deverá ser feita com equipamento aspersor, não sendo admitidos métodos que possam comprometer a estabilidade dos maciços. A irrigação será processada à medida que as leivas e ou sementes forem implantadas, sendo repetida pelo menos semanalmente, até o início do período chuvoso, no período da manhã ou no final da tarde.

Os serviços serão aceitos pela Fiscalização quando, vencidos os prazos de manutenção estabelecidos, as plantas apresentarem perfeito estado de vigor ou sanidade, com total cobertura do solo nas áreas a serem protegidas.



No caso da não aceitação dos serviços, a Empreiteira deverá providenciar o replantio, arcando com todos os custos envolvidos nesta operação.

21.11. - MANUTENÇÃO DA SUPERFÍCIE GRAMADA

Durante o prazo de vigência do contrato, a Empreiteira deverá manter equipes para executar a poda periódica da grama e a recomposição de eventuais trechos danificados por ações de intempéries ou outro motivo qualquer (seca prolongada, emanações gasosas, etc.).

A poda deverá ser programada em intervalos não superiores a 90 dias, nos períodos úmidos, e 180 dias, no período de estiagem, ou a critério da Fiscalização.

Durante os trabalhos deverão ser ainda removidas as eventuais pragas que porventura ocorrerem na superfície gramada.

Durante os períodos de estiagem, cuidados especiais deverão ser tomados para evitar a possível ocorrência de fogo. Caso seja constatada essa possibilidade, a critério da Fiscalização, as áreas mais suscetíveis a seca deverão ser regadas com equipamentos apropriados.

21.12. - CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

21.12.1. – MEDIÇÃO

Os canais abertos executados em concreto armado, serão medidos pelos serviços componentes, em conformidade com as especificações contidas no projeto executivo.

As escavações, alvenarias, concretos, formas e cimbramentos, armaduras, tubos porosos, drenos e reaterro serão medidos conforme o estabelecido nas respectivas especificações. Especificamente são destacados:

- O desmatamento, destocamento e limpeza será medido em metros quadrados em função da área efetivamente trabalhada.



- As escavações serão medidas pelo volume geométrico em metros cúbicos, calculado pelas seções transversais, considerando-se o horizonte de escavação e a classificação do material escavado.
- A remoção do material escavado para bota-fora será medida em metros cúbicos X distância média de transporte em quilômetros (DMT).
- A conformação de taludes será medida em função da área efetivamente trabalhada.
- Os serviços de esgotamento, serão medidos em função do tipo de esgotamento adotado.
- Os revestimentos em concreto serão medidos em função do volume e do tipo aplicado, com base nas características de aplicação, lançamento “in loco” e/ou peças pré-moldadas.
- Os serviços de enrocamento serão medidos pelo volume aplicado, considerando a forma de lançamento.
- As camadas filtrantes serão medidas em metros cúbicos e as mantas de geotêxtil pela área efetivamente aplicada.
- Os serviços de gabião serão medidos em volume efetivamente executado, conforme quantitativos constantes do projeto específico.
- Os tratamentos de taludes com grama serão medidos pela área efetivamente tratada.
- Outros.

22 – MEMORIAL DESCRITIVO PARA O ESTUDO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO

Nesse memorial do projeto será apresentada a teoria e as fórmulas utilizadas para os Cálculos Hidráulicos e Hidrológicos do município. Os cálculos e resultados serão apresentados neste relatório em uma ordem crescente, de acordo com a numeração atribuída na divisão do município em sub-bacias.

Todos os cálculos e fórmulas apresentados a seguir são referentes aos desenvolvidos em todas as áreas estudadas, de acordo com os dados atribuídos e coletados.



22.1 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS

22.1.1. - DECLIVIDADE EQUIVALENTE DO TALVEGUE

Para determinar a declividade equivalente do Talvegue, é utilizada a seguinte expressão (S) retirada do Manual de Cálculo das Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo:

$$S = \left[\frac{\sum L}{\frac{L1}{\sqrt{J1}} + \frac{L2}{\sqrt{J2}} + \dots + \frac{Ln}{\sqrt{Jn}}} \right]^2$$

Onde:

[L] = Km

[J] = m/m

[S] = m/m

22.1.2. - TEMPO DE CONCENTRAÇÃO DA BACIA (TC)

$$tc = 57 \cdot \left(\frac{L^2}{S} \right)^{0,385}$$

Onde:

L = Comprimento do Talvegue do Rio [Km]

S = Declividade equivalente [m/Km]

tc = min



22.1.3 - TEMPO DE RETORNO (TR)

De acordo com a Instrução Técnica DPO nº 2, a tabela 1 demonstra os valores para o tempo de retorno para zona urbana e rural:

Localização	TR (anos)
zona rural	25
zona urbana ou de expansão urbana	100

Figura 15: Valores de período de retorno

Fonte: DAEE (2007)

22.1.4 - EQUAÇÃO DE CHUVA DO PROJETO

A equação utilizada neste estudo foi da cidade de Bauru devido à proximidade e por não existir equação específica determinada para o município, sendo:

$$\text{Equação: } i_t, T = 35,4487 (t+20)^{-0,8894} + 5,9664 (t+20)^{-0,7749} \cdot [-0,4772 - 0,9010 \ln \ln(T/T-1)]$$

22.1.5. - CÁLCULOS DA VAZÃO E DA VAZÃO DE CHEIA

Para calcular essas vazões faz-se necessário o cálculo de alguns parâmetros, como segue abaixo:

22.1.6. - COEFICIENTE DE FORMA DA BACIA (F)

Precisa-se do coeficiente F para calcular-se o coeficiente C (coeficiente de escoamento superficial – adimensional).



Para determinar o F temos:

$$F = \frac{L}{2(A/\pi)^{1/2}}$$

22.1.7. - COEFICIENTE (C)

Para determinar o Coeficiente C temos:

$$C1 = \frac{4}{(2 + F)}$$

Portando:

$$C = \frac{2}{(1 + F)} \times \frac{C2}{C1}$$

Onde

L = comprimento do talvegue do Rio, [L] = Km.

A = área da bacia de contribuição, [A] = Km².

C2 = Tabela do guia Prático de para Pequenas Obras Hidráulicas, 1998.

USO DO SOLO OU GRAU DE URBANIZAÇÃO	VALORES DE C	
	MÍNIMOS	MÁXIMOS
Área totalmente urbanizada	0,50	1,00
Área parcialmente urbanizada	0,35	0,50
Área predominantemente de plantações, pastos etc.	0,20	0,35

Figura 16: Uso do solo e grau de urbanização

Fonte: DAEE - (2005).



22.1.8. - COEFICIENTE DE DISPERSÃO DA CHUVA (K)

Do livro Manual de Cálculos Das Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas Bacias Hidrográficas do estado de São Paulo, temos um ábaco para determinar o coeficiente K:

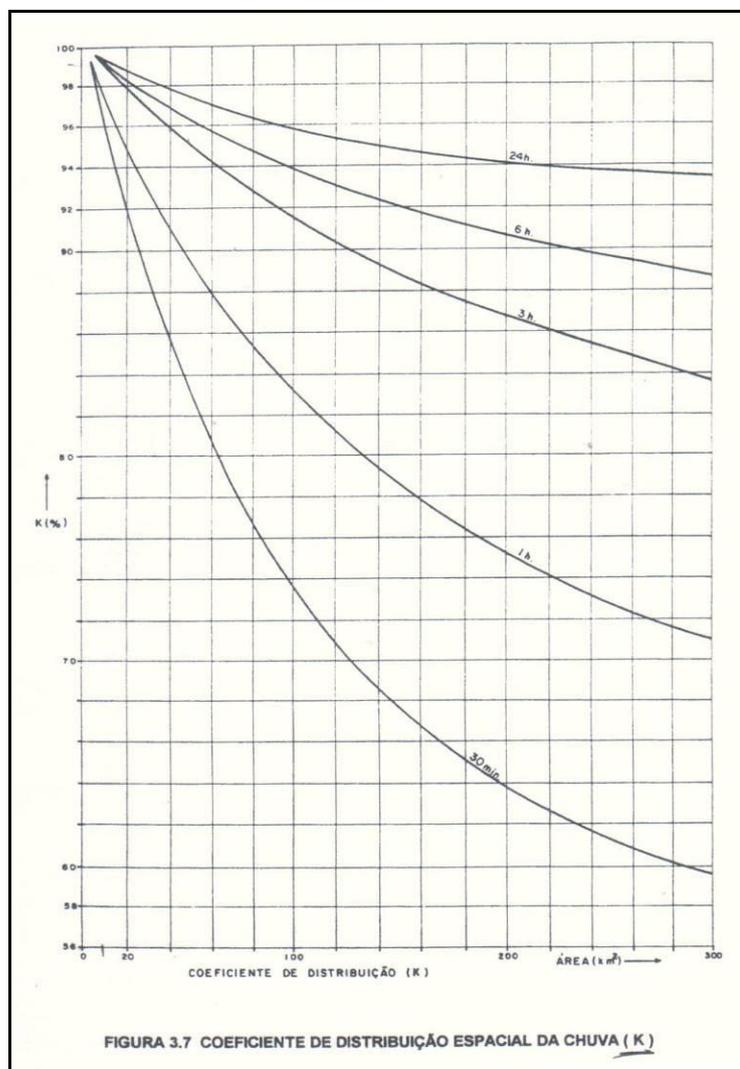


Gráfico 23: Coeficiente de distribuição da chuva

Fonte: DAEE (1994).

22.1.9. - VAZÃO DE CHEIA (Q)

Para determinação da vazão de cheia (Q) em bacias com até 2 Km² de área, é utilizado o método racional; e para bacias de 2 a 200 Km² de área é utilizado o método indireto conhecido como Método I-PAI-WU, descritos como:



22.1.10. - MÉTODO RACIONAL

$$Q = 0,1667 C i A D$$

Onde:

Q – Vazão de Cheia [Q] = m³/s.

C – Coeficiente de escoamento superficial.

i – Intensidade de chuva [i] = (mm/h).

A - Área da bacia de contribuição [A] = Km².

22.1.11. - MÉTODO I – PAI - WU

$$Q = 0,278 . C . i . A^{0,9} . K$$

Onde:

Q – Vazão de Cheia [Q] = m³/s.

C – Coeficiente de escoamento superficial.

i – Intensidade de chuva [i] = (mm/h).

A - Área da bacia de contribuição [A] = Km².

K – coeficiente de distribuição espacial da chuva.

Por fim, para determinar a vazão máxima de cheia adota-se um coeficiente de 1,10 (fator de segurança para corrigir a vazão máxima) para o

Valor de Q:

$$Q_{Max} = Q \times 1,10$$



22.2. - CÁLCULOS HIDRÁULICOS

22.2.1. - DIMENSIONAMENTO DA PONTE

Para dimensionar as pontes foram utilizadas as seguintes fórmulas retiradas do Guia prático para dimensionamentos de pequenas obras hidráulicas (DAEE, 2006):

$$Q = V \cdot A_m$$

$$V = \frac{1}{n} Rh^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i}$$

$$Rh = \frac{A_m}{P_m}$$

Onde:

Q – Vazão Máxima em m³/s

A_m – Área molhada em m²

V – Velocidade em m/s

Rh – Raio Hidráulico

N – coeficiente de Rugosidade Manning [n]

i – Declividade do local em (m/m)

A_m – Área molhada em m²

P_m – Perímetro molhado em m

Para resolver essas equações utilizaram-se os dados concebidos através de cálculos anteriores, adicionando as dimensões das pontes, que foram disponibilizadas pelo relatório de campo.



22.2.2. - COEFICIENTE DE RUGOSIDADE MANNING [N]

De acordo com o Guia prático para dimensionamentos de pequenas obras hidráulicas, (2006), os valores de Manning, temos:

Tabela 23: Valores de Manning

REVESTIMENTO	n
Terra	0,035
Rachão	0,035
Gabião	0,028
Pedra argamassada	0,025
Aço corrugado	0,024
Concreto ⁶	0,018

Valores sugeridos pelo DAEE.

Fonte: DAEE – (2005).

22.3. - METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizadas as metodologias dos guias desenvolvidos pelo DAEE: Guia prático para pequenas obras hidráulicas, (2006); Manual de Cálculo das Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo, (1994); e Instruções Técnicas DPO de 1 a 4 de 30/07/2007. As equações escolhidas foram: o método racional que é utilizado para bacias hidrográficas com área até 2 Km²; e o método I-PAI-WU, utilizado em cálculos indiretos em bacias de 2 a 200 Km².

23. – OBRAS DE DETENÇÃO E RETENÇÃO

É importante destacar os conceitos relativos as obras de detenção e retenção do escoamento superficial, obras estas que fazem parte do contexto da macrodrenagem e que vem assumindo uma importância crescente dentro



das conceituações modernas no trato da drenagem urbana. Conforme mencionado anteriormente, existem duas abordagens distintas de controle da quantidade e qualidade do escoamento superficial, uma voltada para o esgotamento rápido das águas provenientes do escoamento superficial e outra para o seu armazenamento. Estas duas formas de abordagem não são mutuamente excludentes.

A seguir, será feita uma apresentação geral dos conceitos e procedimentos fundamentais para planejamento e projeto de obras de detenção e retenção. Convém enfatizar que não é possível, nem desejável, estabelecer uma metodologia detalhada neste sentido, face a grande variabilidade de possibilidades de soluções. Entretanto é possível, com base na experiência, identificar os aspectos essenciais relativos ao planejamento e projeto de obras de detenção e retenção, e mostrar caminhos possíveis na busca de soluções.

As expressões “obras de detenção” e “obras de retenção” tem os mais variados significados e interpretações, tanto na literatura técnica como também nos termos de uso corrente. No âmbito do presente trabalho, serão adotadas as seguintes definições para obras dessa natureza:

Bacias de detenção (BD) - São obras que permitem o armazenamento de água de escoamento superficial, normalmente secas, projetadas para “deter” temporariamente as águas, durante e imediatamente após um evento. Constituem exemplos de dispositivos de detenção: valas naturais em levantamento transversal atuando como estrutura de controle, depressões naturais ou escavadas, caixas ou reservatórios subsuperficiais, armazenamento em telhado e bacias de infiltração.

Bacias de retenção (BR) - São obras que permitem o armazenamento de águas de escoamento superficial com o objetivo de dar uma destinação destas águas retidas para fins recreativos, estéticos, abastecimento, ou outros propósitos. A água de escoamento superficial é temporariamente armazenada acima do nível normal de retenção, durante e imediatamente após um evento de precipitação. Constituem exemplos de dispositivos de retenção, reservatórios e pequenos lagos em áreas públicas, comerciais ou residenciais.



Bacias de sedimentação (BS) - São dispositivos que permitem o armazenamento de águas de escoamento superficial com o objetivo de reter material sólido em suspensão, bem como detritos flutuantes carregados através do sistema de drenagem. Estes, por sua vez, podem ser parte integrante de um sistema mais amplo, tendo em vista múltiplos propósitos.

23.1. – PROCEDIMENTOS DE PLANEJAMENTO E PROJETO

O planejamento e projeto de obras de detenção e retenção é muito mais do que um simples exercício de hidrologia e de hidráulica. Existem muitos aspectos técnicos que devem ser cuidadosamente considerados além da hidrologia e da hidráulica. Destacam-se:

- A determinação da inclinação máxima de talude para escavação de reservatórios de armazenamento em locais potencialmente favoráveis para isso, assim como de pequenos levantamentos em valas naturais que ofereçam condições propícias para armazenamento;
- A estimativa da carga anual de transporte de material sólido da bacia tributária, verificando se será necessário prever bacia (s) de sedimentação ou outros meios de controle de sedimentos;
- A seleção das variedades de grama para proteção de taludes que resistam a inundações ocasionais que possam durar várias horas ou mesmo vários dias.

Devem também ser consideradas as condicionantes e as necessidades de natureza não técnica, dentre as quais ressaltam-se:

- A análise das necessidades da comunidade local, inclusive as relativas a recreação de modo a inserir as possíveis obras de detenção e retenção num contexto de uso múltiplo;



- A análise dos riscos que possam comprometer as condições de segurança e prever os meios de mitigá-los;
- A procura dos caminhos adequados, tendo em vista o financiamento de desapropriações, construção e manutenção das obras.

Para uma abordagem completa e adequada de todos os aspectos fundamentais no planejamento e projeto de um sistema de obras de detenção e retenção, recomendam-se seguir os passos discriminados abaixo:

- Aquisição e análise de dados relativos a bacia drenada;
- Configuração preliminar da concepção hidrológica do projeto;
- Estudos de amortecimento de cheias e definição da faixa operativa;
- Identificação dos possíveis locais para armazenamento;
- Análise e consolidação de todas as restrições e condicionantes laterais e verticais;
- Estudo do vertedouro de emergência e estabelecimento de critérios de segurança;
- Desenho do projeto hidrológico-hidráulico;

Os passos acima não se aplicam a todas as situações, podendo surgir circunstâncias especiais. Os tópicos a seguir abordam cada um dos passos acima indicados em seus aspectos essenciais.



23.2. – CUIDADOS ESPECÍFICOS QUANTO ÀS OBRAS DE DETENÇÃO

Os dispositivos de retenção nos sistemas de drenagem urbana, muito embora possam ter uma grande eficiência em termos de redução dos picos de cheias, apresentam alguns aspectos negativos que devem ser devidamente considerados.

Os principais problemas que podem ocorrer são resultantes da deposição de sedimentos e detritos que podem desencadear uma série de dificuldades, cabendo destacar: a perda de capacidade de armazenamento nos reservatórios de retenção caso os sedimentos depositados não sejam removidos em tempo hábil, o aparecimento de maus odores e problemas de saúde pública resultantes da decomposição da matéria orgânica dos depósitos e, finalmente, problemas de colmatção, com perda de capacidade de retenção em obras previstas para infiltração e percolação.

Para evitar tais problemas e fundamental tomar alguns cuidados, cabendo atentar para os aspectos mencionados a seguir:

1) É conveniente que as áreas onde venham a ser implantadas obras de retenção já sejam consolidadas em termos de ocupação urbana;

2) É também conveniente que essas áreas sejam dotadas de um razoável sistema de coleta de lixo e de limpeza das vias públicas, a fim de que os detritos carregados pelo sistema de drenagem sejam de pequena monta;

3) É importante atentar para o nível de educação da população dessas áreas, uma vez que este aspecto tem uma relação muito estreita com o lixo lançado diretamente no sistema de drenagem;

4) No projeto de obras de retenção, de maneira geral, é necessário prever condições de acesso que facilitem os trabalhos de remoção de detritos e limpeza, em particular nos casos de obras subterrâneas que, pela sua própria natureza, envolvem dificuldades inerentes a esse tipo de obra;



23.3. – IDENTIFICAÇÃO DE POSSÍVEIS LOCAIS PARA ARMAZENAMENTO

Neste passo é efetuada uma escolha prévia dos locais potencialmente favoráveis a obra de detenção e retenção antes de efetuar uma análise mais detalhada de cada um deles. A seguir são mencionados os fatores que devem ser considerados nessa abordagem, aproximadamente na ordem em que devem ser tratados.

Uma primeira consideração relativa a obra de detenção e retenção é que ela esteja localizada a montante, e tão próximo quanto possível da área que requer proteção. Quanto mais próximo ao local de armazenamento esteja da área sujeita a inundação, maior será a porção da área de drenagem controlada pela obra cogitada.

Um local potencialmente utilizável deve revelar, mesmo numa avaliação aproximada, um porte adequado em termos de área, bem como de volume que possa conter armazenamento temporário. Uma vez conhecidas as características da área tributária ao local em consideração, é possível efetuar uma estimativa aproximada do volume de escoamento superficial que deve ser desviado ou retido no local de armazenamento.

Uma primeira estimativa pode ser feita considerando uma chuva de grandes proporções e que tenha causado inundações na região ou chuvas com período de retorno escolhido para projetor pesquisando-se a duração crítica da chuva, um coeficiente de escoamento superficial ou um número de curva (CN) representativo da área de drenagem, convertendo em seguida esta precipitação em volume de escoamento superficial.

Obviamente é sempre preferível que uma obra de detenção e retenção possa operar exclusivamente por gravidade, tanto em termos de captação das águas a serem armazenadas como da sua restituição para o sistema local de drenagem. Constitui condição necessária para que tal possibilidade exista que se trate de local de armazenamento situado em área com declive relativamente acentuado.

Em certos casos, a área favorável para implantação de uma obra de detenção e retenção pode estar situada no próprio vale do curso local a ser controlado, podendo haver ou não a necessidade de escavação adicional para obter o volume de armazenamento necessário. Em tais casos as condições de



entrada serão simplificadas, restringindo-se as estruturas de controle apenas ao ponto de descarga.

Ha situações em que as áreas favoráveis podem estar situadas fora do vale do curso local, havendo a necessidade de obras de transposição, devendo-se prever então obras de captação e desvio para o local de armazenamento. Poderá haver ou não a necessidade de escavações adicionais para a obtenção do volume necessário de armazenamento.

Para o estudo das possibilidades em questão é imprescindível um conhecimento detalhado dos sistemas de drenagem locais existentes em termos de suas características hidráulicas, hidrológicas e limitações principais.

Outros fatores relevantes poderão eventualmente ser considerados, pelo menos ainda no âmbito de uma análise preliminar, dependendo das circunstancias. Alguns locais potencialmente favoráveis para obras de retenção e retenção podem ser aproveitados em condições quase que imediatas. Como exemplo hipotético pode-se citar uma área baixa situada a montante de uma rodovia que passa sobre um bueiro que, mediante a inclusão de um dispositivo de restrição de capacidade em sua entrada, pode atuar como obra de controle e permitir que a citada área atue como reservatório de retenção.

24. – DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO E RESERVATÓRIO

Os reservatórios de retenção são obras que permitem controlar a vazão num trecho de canal, natural ou não. Eles fazem parte de um conjunto de medidas estruturais que permitem à cidade conviver com o regime sazonal dos rios. Esses reservatórios podem permanecer vazios durante boa parte do tempo, só armazenando água durante a ocorrência de chuvas, são os chamados reservatórios de retenção, também podem permanecer parcialmente com água, formando um lago para compor com o paisagismo local, são os chamados reservatórios de retenção. Os reservatórios exercem duas funções básicas, controlar a vazão a jusante da sua instalação e compor com outras obras de drenagem de um sistema de controle de cheias na sua



bacia hidrográfica, ou seja, eles exercem um controle local e um controle sistêmico em função da sua posição na bacia hidrográfica.

Do ponto de vista hidrológico/hidráulico, o dimensionamento de um reservatório envolve basicamente três elementos:

- Dimensionar o volume total de armazenamento
- Dimensionar a sua estrutura de entrada
- Dimensionar a sua estrutura de saída

Todos esses componentes estão tecnicamente conectados e eles são determinados em função do grau de proteção requerido pelo reservatório e pelo sistema de obras no qual ele está inserido. A fixação do grau de proteção, dado pelo risco hidrológico, é fundamental e sua definição deve ser feita quando da execução do programa de bacia hidrográfica.

O reservatório de retenção pode modificar o regime de cheias de um canal de duas formas distintas.

Ele pode ser instalado de forma a interceptar transversalmente o canal, toda vazão do rio passa pelo seu interior e sai por sua estrutura de descarga, e pode ser instalado lateralmente ao canal e a vazão do rio pode ser desviada para o seu interior. No primeiro caso, o mais tradicional do ponto de vista da reservação, ele é chamado de reservatório *in-line*, o segundo caso, é chamado de *off-line*. Do ponto de vista hidrológico/hidráulico, como será visto, o comportamento dos dois reservatórios é totalmente diferente. A Figura abaixo mostra esquematicamente a posição dos dois reservatórios em relação a um canal.



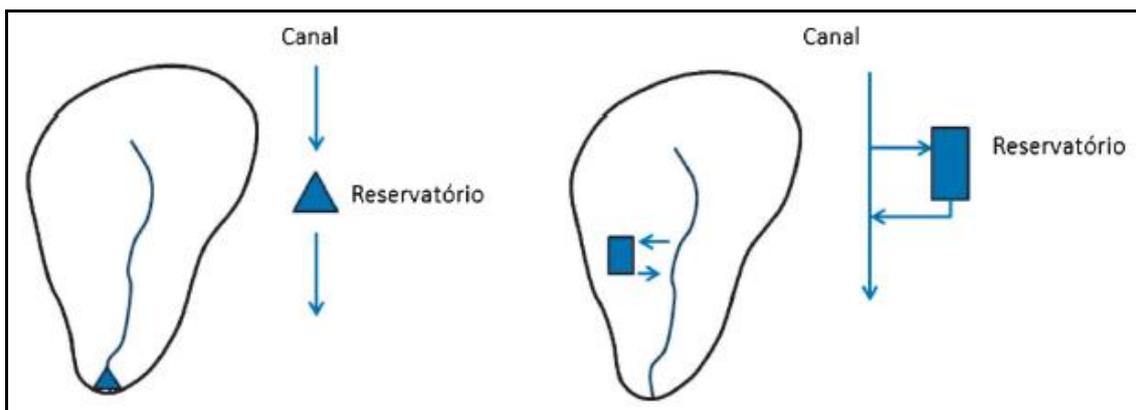


Figura 17: Reservatório in-line e off-line

A escolha do tipo de reservação é muito complexa. Os principais condicionantes para a escolha do tipo de reservatório são:

- O objetivo da reservação (proteção local e/ou sistêmica);
- A disponibilidade de área para sua instalação;
- As condições geotécnicas e hidrogeológicas da região;
- Impactos sociais, ambientais e econômicos envolvidos nas fases de obra, operação e manutenção do reservatório.

Antes de detalhar os critérios de dimensionamento dos reservatórios, é importante apresentar, de forma geral, o efeito que os dois tipos de reservatórios, in-line e off-line, causam na onda de cheia natural que translada e amortece no canal.

Na Figura 17 está o efeito do reservatório in-line. A onda de cheia entra totalmente no reservatório (onda afluyente) e a sua estrutura de saída permite a sua saída (onda efluente), percebe-se nitidamente que a onda de cheia natural é amortecida e que a vazão máxima efluente ocorre exatamente no ponto de interseção dos dois hidrogramas, ou seja, este processo de amortecimento, também conhecido por routing, permite controlar desde o início da cheia a vazão que vai para jusante.



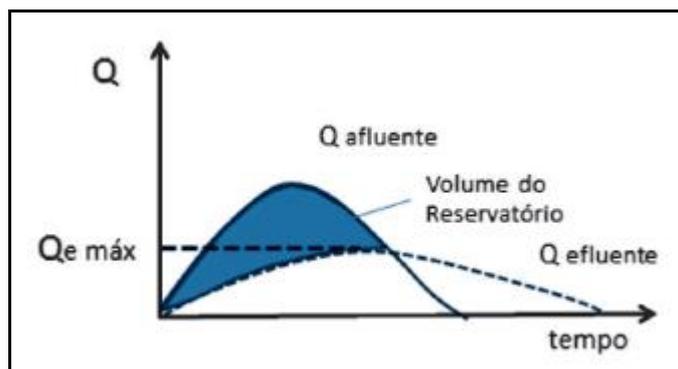


Figura 18: Efeito no reservatório in-line

Na Figura 18 está o efeito do reservatório off-line. Percebe-se nitidamente a diferença no efeito de armazenamento, a cheia natural passa pelo canal até que o nível d'água alcança a cota da estrutura de desvio lateral, passando então a restringir a vazão de jusante e a encher o reservatório. Em geral, o reservatório off-line só passa a efluir quando o nível d'água a jusante é inferior à cota da estrutura de desvio lateral. O nível de corte da vazão é função da capacidade do canal a jusante e da função sistêmica do reservatório no contexto de outras obras na bacia.

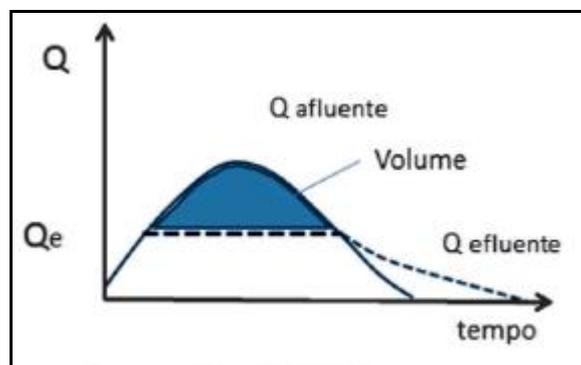


Figura 19: Efeito no reservatório off-line

As áreas hachuradas correspondem aos volumes que devem estar disponíveis para o amortecimento.

O volume requerido pelos reservatórios in-line é, em geral, inferior ao volume requerido pelo off-line. Também existe uma percepção ambiental de que, em geral, os reservatórios in-line são mais adequados para integrar o paisagismo de uma região uma vez que o rio está inserido no seu interior, ao



contrário dos reservatórios off-line que ficam boa parte do tempo secos. Isso não é verdade, pois existem inúmeros exemplos de obras em que os reservatórios off-line podem ser instalados em praças, em regiões de ocupação temporária, perfeitamente inseridos na paisagem da região. Portanto, nos dois casos o conceito da sustentabilidade no projeto pode ser aplicado.

Quanto aos critérios de dimensionamento, os dois tipos de reservatórios empregam técnicas diferentes. Os reservatórios in-line podem ser dimensionados de três formas diferentes, conforme o critério adotado em relação ao risco hidrológico e às descargas ao canal a jusante:

- Critério de vazão de restrição a jusante;
- Critério associado à condição de sazonalidade natural do regime a jusante;
- Critério de ponderação entre armazenamento e condutividade hidráulica a jusante.

O critério de vazão de restrição a jusante ocorre quando, por diversos motivos, existe a jusante do local de reservação uma restrição de descarga, por exemplo, restrição por limitação física da condutividade do canal existente, por uma travessia, etc. Neste caso, o reservatório é dimensionado de tal forma que a vazão máxima efluente deve ser igual à vazão de restrição em qualquer situação, isto é, independentemente do evento de precipitação que está ocorrendo a vazão máxima não pode ultrapassar a vazão de restrição.

Fixando-se o risco hidrológico, o período de retorno, estima-se o hidrograma de projeto para esta probabilidade, considerando a ocupação do solo a montante do reservatório correspondente ao horizonte de projeto considerado no projeto. Esta cheia de projeto amortecida no reservatório e mais a vazão efluente máxima predefinida, a vazão de restrição, servem como critério para dimensionamento das estruturas hidráulicas, sendo o volume do reservatório dado por este processo de amortecimento e propagação aqui descrito. A Figura 20 ilustra este tipo de critério de dimensionamento.



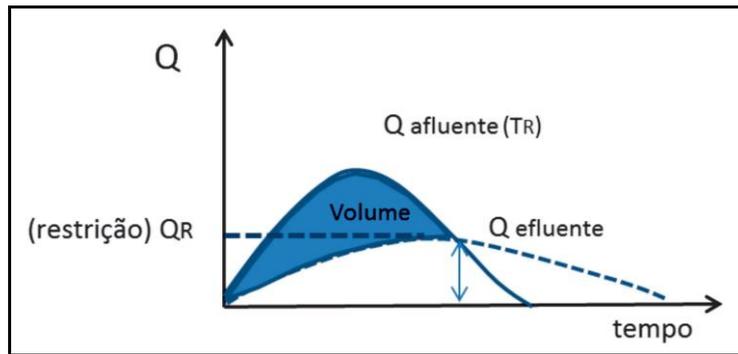


Figura 20: Definição de volume do reservatório in-line

O critério associado à sazonalidade hidrológica é aquele que permite manter a jusante do reservatório a relação entre o período de retorno e vazão máxima de cheia, até o risco hidrológico de projeto, definidor do volume máximo do reservatório e da máxima vazão efluente permitida. Ou seja, este tipo de critério objetiva manter o regime variável de escoamento no canal, na condição preexistente natural ou numa nova condição “possível” de restabelecer, mesmo que parcialmente, o regime renaturalizado do rio. O reservatório neste caso deve possuir uma estrutura de descarga que permita variar a vazão de saída em função da cheia afluyente. A estrutura de saída é dimensionada de tal forma que possa amortecer diferentes cheias, relacionadas a diferentes períodos de retorno. A Figura 21 ilustra melhor esta condição.

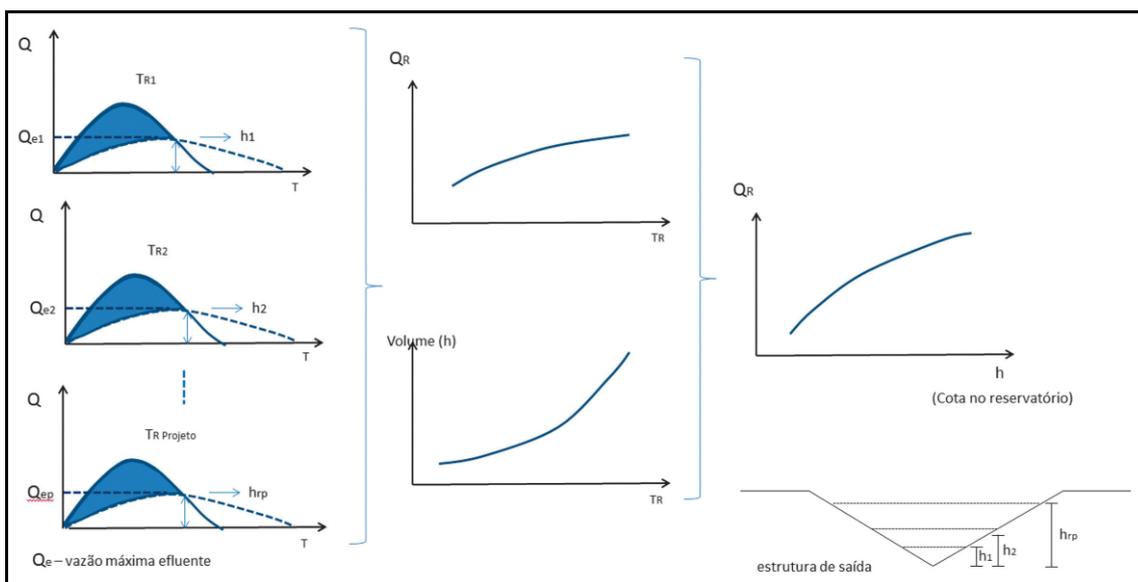


Figura 21: Dimensionamento de reservatório com preservação da sazonalidade



Observa-se nesta figura que é possível determinar a partir de diversos “*routings*”, para diferentes períodos de retorno, a relação entre a vazão efluente e os volumes retidos no reservatório. Com a curva cota x volume do reservatório é possível determinar a relação entre a vazão efluente e a cota do nível d’água no reservatório, o que permite determinar a curva de descarga de um vertedor (indica-se na figura um vertedor triangular). Observa-se que para este tipo de dimensionamento o reservatório não vai seguir uma vazão de restrição como o caso anterior, ele vai descarregando as vazões para jusante em função do nível d’água afluente, preservando a sazonalidade das cheias. Percebe-se que para o mesmo risco hidrológico, o reservatório dimensionado deste modo apresenta um volume máximo inferior ao método da vazão de restrição. A Figura 22 também complementa a relação entre os dois métodos.

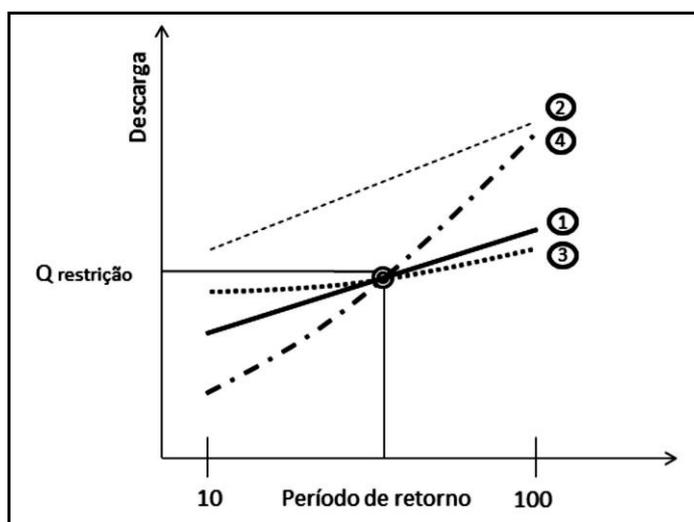


Figura 22: Relação entre os critérios de restrição e de sazonalidade de cheias

A curva 1 da Figura 22 corresponde a relação entre os picos de cheia e os correspondentes períodos de retorno da bacia na condição preexistente, natural ou atual. Ela representa o que se deseja alcançar com o projeto de reservação: manter a sazonalidade. A curva 2 é a mesma curva mas com a condição de uso e ocupação do solo para o horizonte de projeto (HP). Deseja-se “trazer” a curva 2 para a curva 1, com a ocupação prevista no HP. O ponto indicado na figura corresponde a vazão de restrição, obtido pelo primeiro critério. As curvas 3 e 4 indicam os prováveis comportamentos da relação pico



x período de retorno com o reservatório operado para manter a vazão de restrição a jusante com a ocupação do HP. As curvas se afastam da curva 1 desejada.

Portanto, a decisão final sobre esses dois critérios se baseia na análise geral dos efeitos dos dois critérios.

O terceiro critério é intermediário entre os métodos anteriores, ele procura definir um conjunto de alternativas entre a reservação e a melhoria da condutividade hidráulica no canal de jusante. A análise benefício-custo neste caso permite indicar a alternativa de maior eficiência econômica, porém a decisão deve envolver os aspectos sociais e ambientais envolvidos.

O reservatório off-line é dimensionado segundo critério diferente, mais próximo da condição de sazonalidade. Estabelece-se em função da condutividade de jusante uma vazão de “corte” do hidrograma, a partir desse valor a vazão do rio é desviada para o reservatório. Do ponto de vista hidráulico, esse desvio em geral é feito por um vertedor lateral, instalado longitudinalmente ao canal. A eficácia desse sistema depende de alguns condicionantes hidráulicos, essenciais para o bom desempenho do sistema. Muitas vezes a modelação física é necessária para o perfeito layout das obras. O esvaziamento dos reservatórios off-line pode ser feito por gravidade ou por bombeamento. Em geral admite-se que o esvaziamento desse reservatório deve iniciar logo após constatação de que a vazão no canal é inferior à vazão correspondente à de desvio para o canal lateral, isto é, o esvaziamento inicia quando o nível do canal é inferior à cota da crista do vertedor lateral.

Cabe comentar que o layout das obras de reservação é extremamente dinâmico, não existem dois casos em que as condicionantes hidrológicas/hidráulicas sejam iguais.

Tanto os reservatórios in-line como os off-line podem ser subterrâneos, isso depende de condicionantes locais e sistêmicos.

Finalmente, cabe mencionar que os reservatórios devem ser sempre analisados de forma sistêmica, a inserção de um reservatório deve ser avaliada localmente e no conjunto de todas as obras hidráulicas operando simultaneamente. Os critérios hidrológicos locais são importantes para dimensionamento das obras no seu ponto de instalação. Quando avaliadas no



seu conjunto, os efeitos hidrológicos devem ser revistos, pois passam a predominar os efeitos espaciais dos eventos chuvosos.

Os eventos chuvosos variam no tempo e no espaço. A bacia hidrográfica e todas as suas obras hidráulicas exibem comportamento diferente diante de eventos muito diversos. A combinação entre duração de chuva, intensidade da chuva, distribuição espacial e condição inicial do estado do sistema, cria uma série de combinações de eventos que devem ser avaliados. Para tal a técnica de concepção de cenários de eventos chuvosos é fundamental, e deve ser aplicada em modelos matemáticos hidrológicos/hidráulicos que possam avaliar a eficácia das obras em diferentes condições. Isso é fundamental para que se possa efetivamente estimar o risco real a que o sistema está sujeito. O próprio conceito do período de retorno das obras perde o seu valor porque é muito difícil se estimar a probabilidade de falha de um evento aleatório multidimensional. A técnica da concepção de cenários deve ser aplicada para que se possa melhor avaliar a segurança das obras.

24.1. – OBRAS MÚLTIPLAS DE DETENÇÃO E RETENÇÃO

A implantação indiscriminada das obras de retenção e retenção numa dada bacia visando apenas a solução de problemas localizados, pode levar a efeitos adversos e deve ser sempre evitada. É importante destacar duas situações que podem ocorrer em decorrência da presença de obras de retenção e retenção numa bacia que são: o surgimento de um falso senso de segurança em determinadas áreas e o efeito de sincronismo de picos de cheias de sub-bacias resultando, em certos pontos, descargas maiores que antes da implantação das obras.

Embora obras de retenção e retenção individuais numa dada bacia permitam resolver problemas localizados de inundação (i.e. imediatamente a jusante delas), podem interagir com a bacia como um todo de forma a agravar problemas de inundação em outros locais da bacia a jusante.

A Figura 18 ilustra esquematicamente como uma nova obra de retenção e retenção pode provocar um problema de sincronismo adverso numa bacia. Conforme se observa na Figura 23 abaixo, a construção de uma obra de



detenção e retenção num tributário de um dado curso d'água pode ter um efeito favorável de atenuação de inundações no próprio tributário, enquanto que, no curso principal, poderá ter um efeito desfavorável ou mesmo agravar problemas existentes de inundação.

Mein (1980) propõe que nos estudos de detenção e retenção seja estabelecido, como objetivo principal de projeto, manter descargas máximas permissíveis em determinados pontos de controle, e recomenda a utilização de chuvas com durações diferentes. Em suas investigações ele conclui que uma obra de detenção e retenção é mais eficiente do que duas obras em série, e que duas são mais eficientes do que três em série e assim por diante.

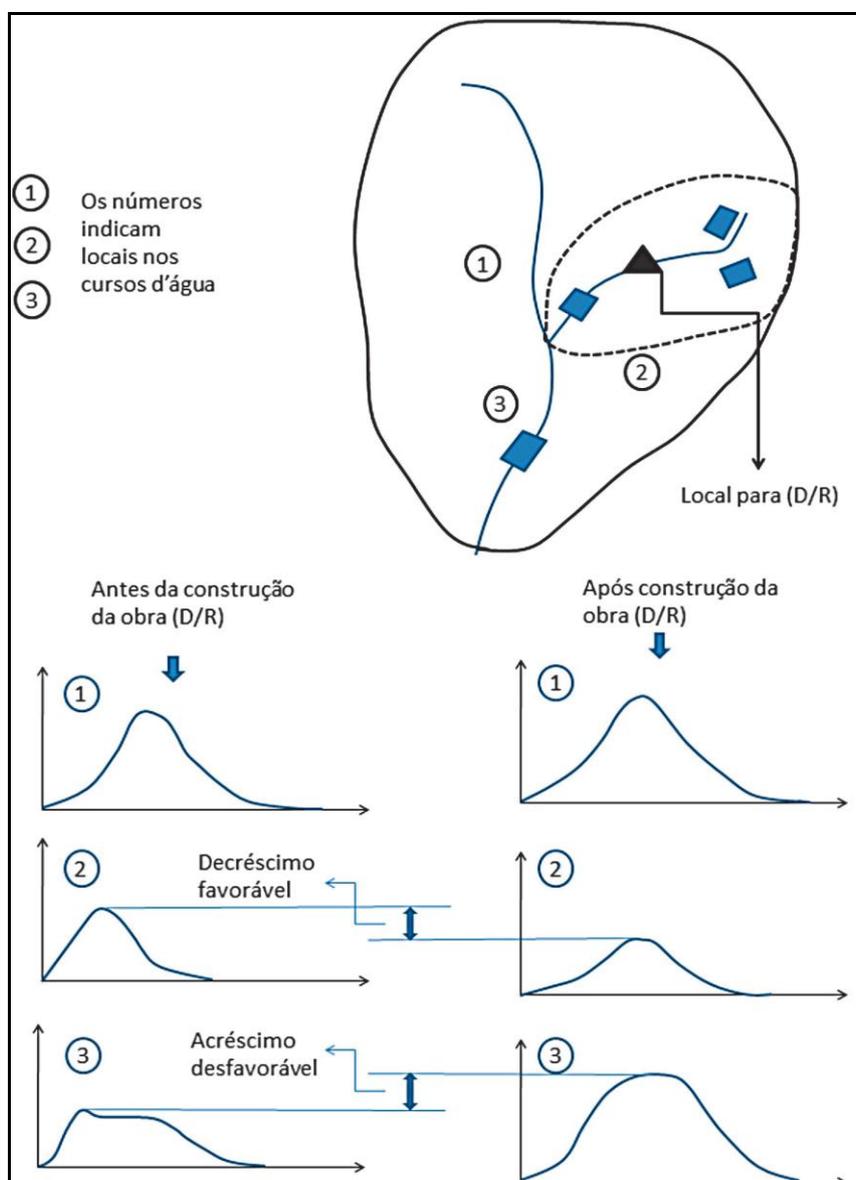


Figura 23: Interação adversa de hidrogramas de cheias como consequência de uma obra de detenção/retenção



Um sistema de obras de detenção e retenção no qual o critério de dimensionamento corresponda à probabilidade simples, não permite um efeito significativo de redução de picos de cheias, tanto para eventos de grandes como de pequenas magnitudes, o que constitui um dos aspectos do “falso senso de segurança”.

Isto significa que um sistema com uma ou mais obras de detenção e retenção numa bacia, pode controlar apenas uma pequena parte da gama de possibilidades de cheias que possam ocorrer, permanecendo determinadas áreas da bacia sujeitas a inundações para condições hidrológicas diferentes daquelas consideradas no projeto.

Mein (1980) indica que embora um conjunto de obras de detenção e retenção em série ou paralelo possam não incrementar significativamente os picos de cheias ao longo de uma bacia, elas podem também produzir um efeito interativo de modo a não proporcionar nenhuma redução dos picos, o que constitui um outro aspecto de “falso senso de segurança”. Em outras palavras num sistema de obras de detenção e retenção pode ocorrer um tipo de efeito interativo inesperado, de modo que umas anulem os benefícios de outras, causando problemas em áreas a jusante.

24.2. – ASPECTOS NEGATIVOS E USOS INADEQUADOS DE OBRAS DE DETENÇÃO E RETENÇÃO

As obras de detenção e retenção constituem uma das possíveis medidas de natureza estrutural e não estrutural tendo em vista o gerenciamento das águas urbanas em termos de quantidade e de qualidade. Elas não constituem uma panaceia universal, e seu uso deve ser efetuado com as devidas cautelas.

Debo e Ruby (1982) efetuaram uma abordagem dos aspectos negativos das obras de detenção e retenção com base em cerca de 10 anos de experiência na área metropolitana de Atlanta. Os problemas citados incluem:

1) manutenção inadequada ou não continuada, particularmente quando as obras não são de responsabilidade do proprietário próximo. Possível solução: atribuir a responsabilidade pela operação a municipalidade, com



exceção dos casos em que os setores industrial e comercial locais possam assumir tal encargo;

2) dificuldade de acesso para manutenção;

3) taludes muito inclinados, criando dificuldades para implantação e manutenção de vegetação;

4) dispositivo de controle de vazão de dimensões muito reduzidas que acarretam os problemas de obstrução, resultando em dificuldades de operação e água estagnada após a ocorrência de chuvas;

5) problemas de controle de mato e ervas daninhas, particularmente em obras com armazenamento permanente, ou como consequência de falta de manutenção;

6) proliferação de mosquitos, ratos e outros vetores de doenças;

7) problemas de segurança, particularmente de crianças, devido a profundidades muito grandes e velocidades excessivas;

8) inexistência de controle de cheias a jusante ou o agravamento dos problemas de inundação, como consequência de efeitos interativos inesperados de duas ou mais obras de retenção e retenção na bacia;

9) ocorrência de erosão imediatamente a jusante dos dispositivos de descarga;

10) surgimento ou agravamento de problemas de erosão no canal a jusante, como possível consequência de um tempo mais prolongado de permanência das vazões escoadas;

11) reduzido ou nenhum efeito sobre as cheias em outros locais que não aquele em que se situa a obra de retenção e retenção.

25. – MEDIDAS ESTRUTURAIS DE CONTROLE NA FONTE

25.1. – CRITÉRIOS DE ESCOLHA DAS OBRAS DE REDUÇÃO E CONTROLE

A escolha dos tipos de técnicas de medidas de controle na fonte a serem adotadas em uma bacia ou sub-bacia e dependente de fatores urbanísticos, sociais, econômicos e ambientais. Estas podem ser utilizadas em diversas



situações, no entanto, devem levar em consideração algumas características da bacia estudada para que suas potencialidades sejam efetivas.

Dentre os fatores que condicionam as medidas de controle na fonte podem ser citados:

25.1.1 – ÁREA DE DRENAGEM

Normalmente utilizada como parâmetro para o cálculo hidrológico e hidráulico das obras na bacia, sendo a área que contribui para o local de controle e que deve ser estimada através da determinação do divisor de águas.

25.1.2 – CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DO SOLO

Característica utilizada para o dimensionamento de dispositivos de infiltração, podendo viabilizar ou inviabilizar a sua aplicação. Por exemplo, em solos argilosos, a capacidade de infiltração é reduzida quando em comparação a capacidade de infiltração dos solos arenosos.

25.1.3 – NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO

O nível elevado do lençol freático pode reduzir a capacidade de infiltração no solo, acarretando as mesmas restrições citadas para a capacidade de infiltração.

25.1.4 – DECLIVIDADE DO TERRENO

A declividade determina a condição de escolha das estruturas, podendo inviabilizar estruturas de infiltração, terrenos de elevada declividade produzem escoamento com alta velocidade.

25.1.5 – DISPONIBILIDADE DA ÁREA



Conforme a disponibilidade de área pode-se optar, segundo o tamanho e a disposição, pelos dispositivos mais adequados. Em áreas menores, é aconselhado dispersar os dispositivos.

25.1.6 – INSTALAÇÕES SUBTERRÂNEAS

A presença de instalações subterrâneas pode inviabilizar certos tipos de dispositivo. Isto ocorre pela interferência na infiltração, disposição de espaço e incorre na possibilidade de contaminação no caso de rede de água potável.

25.1.7 – POLUIÇÃO POR ESGOTO

A poluição proveniente do sistema de coleta separador de esgoto e águas pluviais, por via de descargas irregulares acaba despejando poluentes no sistema de águas pluviais. Deve ser considerado para que sejam utilizados dispositivos que possam melhorar as condições de qualidade do efluente.

25.1.8 – SEDIMENTOS

Assim como ocorre com a afluência de poluentes, alguns dispositivos não operam bem com um aporte de sedimentos, como é o caso das bacias de retenção e detenção. Portanto, os projetos devem constar de dispositivos que sejam operados facilmente, não necessitando de limpeza e manutenção tão constantes.

25.1.9 – SISTEMA VIÁRIO ADJACENTE A INTENSIDADE DE TRÁFEGO

O sistema viário adiciona restrições na instalação de canais e galerias. A instalação de dispositivos de infiltração também é restringida pela dimensão das vias.

25.1.10 – POLUIÇÃO DIFUSA



A poluição difusa é gerada pelo escoamento superficial, em áreas urbanas e rurais, proveniente da deposição de poluentes, de maneira esparsa, sobre a área contribuinte da bacia hidrográfica. Elas aderem aos corpos d'água ao longo de sua extensão.

De acordo com Baptista et al. (2005), o processo de escolha e de concepção de sistemas pluviais com medidas de controle na fonte pode se dar em duas etapas: a de eliminação e a de decisão ou escolha, propriamente dita. A fase de eliminação baseia-se na análise de suas características físicas e de suas implicações para a área de implantação. Os critérios de análise são fundados essencialmente no confronto entre a tipologia da técnica, seus princípios de funcionamento, de armazenamento e de esvaziamento e em requisitos e restrições de uso.

Diversos são os fatores que condicionam a viabilidade das diferentes medidas. Com base nas experiências norte-americana (Schueler, 19872) e francesa (Azzout et al., 19943), podem ser apontados os seguintes fatores:

- Área da bacia de contribuição a ser controlada: dependente da natureza do dispositivo que pode ser projetado para o controle de pequenas ou grandes áreas;
- Capacidade de infiltração do solo: tem influência sobre o desempenho dos dispositivos de infiltração;
- Nível do lençol freático: o nível máximo do lençol freático deve ser de até 1 m abaixo do fundo do dispositivo de infiltração, proximidades maiores reduzem a capacidade de infiltração. Em reservatórios subterrâneos pode haver infiltração de água para o seu interior, exigindo bombeamento;
- Risco de contaminação de aquífero: ocorre devido a infiltração de águas superficiais poluídas;
- Fragilidade do solo à ação da água: possibilidade de desestruturação do solo em presença de água, o que restringe a implantação de dispositivos de infiltração. É o caso de solos argilosos ou com muitos finos;
- Permeabilidade do subsolo: limita o escoamento da água percolada nos dispositivos de infiltração;



- Declividade do terreno: altas declividades restringem a implantação de dispositivos de retenção e infiltração;
- Ausência de exutório: limita a utilização de dispositivos de retenção, pois estes exigem um local de destino para a descarga do volume armazenado. Isto pode ser devido à inexistência de uma rede pluvial ou curso d'água nas proximidades ou devido a questões ambientais que podem impedir este tipo de despejo;
- Disponibilidade de área: restringe a implantação de dispositivos que necessitam espaços amplos;
- Presença de instalações subterrâneas: interferências com outras redes subterrâneas é limitante;
- Restrição de urbanização: áreas com alta densidade habitacional restringem a implantação de valas de inundação, enquanto a maioria dos pavimentos porosos não resiste ao tráfego intenso;
- Afluência poluída: as técnicas compensatórias, em sua maioria, não toleram afluentes com altas concentrações de poluentes (esgotos ou carga difusa); nestes casos é recomendada a utilização de pré-tratamento;
- Afluência com alta taxa de sedimentos e lixo: igualmente à afluência poluída, as técnicas compensatórias não toleram afluentes com altas concentrações de sedimentos e lixo, deve-se considerar manutenção de rotina;
- Risco sanitário por falha de operação: a manutenção periódica é essencial para contornar este tipo de risco;
- Risco sedimentológico por falha de operação: neste caso também é essencial que seja realizada manutenção periódica;
- Esforços e tráfego intensos: esforços e vibrações podem danificar as estruturas de bacias subterrâneas e condutos enterrados; dispositivos de infiltração sofrem degradação sob tráfego intenso;
- Flexibilidade de desenho: restringe a implantação de estruturas que exigem escoamento por gravidade, como é o caso do micro reservatório e bacias subterrâneas. Já os telhados reservatórios são limitados à configuração da edificação;



- Limites de altura ou profundidade da medida compensatória (MC): é dependente do tempo de residência desejado (MCs de infiltração) e da capacidade de infiltração do solo.

25.2. – PRÉ-DIMENSIONAMENTO DAS MEDIDAS DE CONTROLE

Medidas de controle são aquelas construídas para reduzir o volume e/ou remover os poluentes do escoamento. São medidas estruturais a construção de bacias de retenção, colocação de pavimento poroso, uso de áreas ou canais cobertos de vegetação para infiltração, obras de retenção de sedimentos nos locais em construção e criação de banhados.

A escolha das medidas mais apropriadas deve levar em consideração se a área está em processo de urbanização ou se já está urbanizada. No primeiro caso, a possibilidade de implantação de medidas não estruturais como zoneamento urbano é mais fácil, enquanto que em zonas já urbanizadas é praticamente impossível. Algumas medidas estruturais, como a criação de bacias de retenção, são também mais simples de serem adotadas na fase de planejamento, pela possibilidade de se deixar espaço livre para tal. Em áreas já urbanizadas, nas quais é complicada a implantação de medidas que requeiram o uso de áreas já ocupadas, medidas não estruturais, como as relativas à melhoria dos serviços de limpeza, são fundamentais para a diminuição da carga poluidora.

A gestão da qualidade da água do escoamento urbano será mais eficiente quanto mais cedo se iniciar a implantação das medidas de controle. Além disso, medidas estruturais e não estruturais são complementares no que se refere ao controle desejado. Devem também ser levadas em conta as características hidrológicas, topográficas e pedológicas da bacia para a escolha das medidas a serem adotadas e, no caso de não haver experiência local, pode sempre ser selecionada uma área piloto para testes de eficiência das ações pretendidas.

Os principais objetivos a serem alcançados com a implantação de medidas estruturais para controle e redução da poluição por cargas difusas em zonas urbanas são a remoção eficiente dos poluentes presentes no



escoamento superficial, a minimização dos impactos do lançamento da drenagem urbana no corpo receptor, o estabelecimento de uma relação custo/benefício aceitável, a seleção de alternativas que apresentem necessidades futuras de operação e manutenção viáveis a longo prazo e, sempre que possível, a associação a soluções com usos múltiplos, como áreas de recreação, parques e recursos paisagísticos.

25.2.1 – BACIA DE DETENÇÃO

O pré-dimensionamento das bacias de detenção, para aplicação como medida de controle, segue os mesmos critérios de dimensionamento de reservatórios de detenção e de retenção.

25.2.2 – TÉCNICAS DE COMPENSAÇÃO LINEAR

As técnicas de compensação linear têm como objetivo aumentar a capacidade de armazenamento do sistema de drenagem, o que promove a redução nas vazões de pico e aumenta o tempo de concentração da bacia. Assim sendo, o reservatório linear funciona como um reservatório “in line”, mas com o seu volume sendo armazenado ao longo das galerias e canais.

Para o pré-dimensionamento desta técnica é necessário que sejam obedecidos os critérios e restrições de vazão impostos pelo projeto, para uma precipitação de tempo de retorno predeterminado.

Assim, como para as bacias de detenção, deve ser calculado o volume a ser reservado, para que as restrições não sejam excedidas.

Uma vez determinado o volume, é necessário distribuí-lo ao longo dos canais e galerias, aumentando as dimensões das seções e introduzindo seções de controle de vazão, para que seja possível utilizar todo o volume dos condutos no amortecimento das ondas de cheia.

As estruturas de restrição deverão ser dimensionadas de tal forma que permitam a passagem das vazões básicas livremente e passem a atuar somente quando o sistema for solicitado por uma tormenta de projeto determinada, atuando como uma forma de represa até que seja atingido o nível da crista do dispositivo, que eventualmente, para vazões maiores que as de



projeto, possa verter o excedente para a seção de jusante, sem comprometer e colocar em carga o escoamento.

25.2.3 – TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO E DETENÇÃO

É necessário avaliar quais as condições e possíveis impactos dos eventos extremos nas estruturas de infiltração e detenção. Para tanto, o dimensionamento de trincheiras de infiltração e detenção necessita a escolha do risco hidrológico de projeto, definido pelo tempo de retorno.

Para este tempo de retorno são então estudadas as condições de funcionamento dos dispositivos, podendo simular os eventos de projeto e possibilitando verificar se os dispositivos terão capacidade de suportar a solicitação.

Segundo Baptista M., Nascimento N. Sylvie B. (2005), as dimensões iniciais nem sempre são pré-estabelecidas. Portanto, no caso de restrição de espaço disponível, as dimensões das trincheiras ficam restritas aos espaços ainda disponíveis.

As dimensões básicas da trincheira são seu comprimento longitudinal, profundidade e largura.

Cada uma delas é determinada de acordo com a natureza dos dispositivos. No caso da profundidade, os valores dos ensaios de capacidade de infiltração são aqueles utilizados para o dimensionamento. Já para a largura, as dimensões dependem da área disponível. Caso haja espaço suficiente, o dimensionamento também deve levar em consideração a possibilidade de colmatção da trincheira, e, portanto, fazendo com os valores da relação profundidade/largura, uma relação básica que ajuda no dimensionamento, sejam reduzidos.

Este dispositivo é normalmente posicionado em pontos baixos e segue longitudinalmente o terreno no sentido de menor declividade.

A trincheira de infiltração tem como objeto fazer com que parte do escoamento superficial infiltre no solo, assim sendo, determinar as vazões de descarga do dispositivo é fundamental.

As vazões são influenciadas pela capacidade de absorção do material com o qual são projetadas as trincheiras, dependendo da condutividade



hidráulica e da saturação do material. O cálculo da vazão vem demonstrado pela seguinte equação:

$$Q = \alpha \cdot q_{as} \cdot A_{inf}$$

Onde:

A_{inf} – Superfície contribuinte

q_{as} – Capacidade de absorção por unidade de superfície

α – Coeficiente de segurança devido à colmatagem

O fator de segurança α é aplicado devido à redução da permeabilidade, o que acaba reduzindo a capacidade de infiltração do dispositivo.

A vazão de projeto deve considerar também as restrições de descarga a jusante, que é um fator limitado por restrições impostas pelas autoridades ou pela própria capacidade hidráulica no exutório da bacia, seja por fatores naturais ou por uma vazão de restrição a jusante destinada à proteção da região.

O custo de implantação varia consideravelmente, dependendo do material e das dimensões da trincheira. Uma aproximação dos valores é fornecida por Baptista M., Nascimento N. Sylvie B. (2005), que indica R\$ 68/m³ (valores de janeiro de 2000), como o valor estimado para as obras, em razão do volume necessário na construção do dispositivo, recomendando-se a atualização deste valor indicado com a ajuda de indicadores da construção civil para a projeção atual dos custos.

Além deste valor, uma estimativa também pode ser realizada com o auxílio de:

$$Lv = (PT)^{0,4}$$

Onde:

Lv – Longevidade (anos)



P – Permeabilidade (mm/h)

T – Fator de longevidade (assume-se $T= 20$ anos)

Com esta equação poderão ser estimados os custos de acordo com sua vida útil prevista.

25.2.4 – VALAS, VALETAS E PLANOS DE DETENÇÃO E INFILTRAÇÃO

O dimensionamento do perfil transversal das valas considera normalmente a disponibilidade de área e as características do solo para sua implantação. Tal consideração decorre das características de estabilidade dos taludes e da capacidade de infiltração do terreno disponível para implantar as medidas.

A partir destas características, será possível definir qual a profundidade e largura de projeto da vala, não permitindo que a vala apresente inclinação das paredes superior a indicada para o solo. Assim sendo, é possível também relacionar esta restrição com a profundidade, que pode, segundo Baptista M., Nascimento N. Sylvie B. (2005), ser entre 4 e 10 vezes menor do que a largura das valas.

Como as valas são medidas que priorizam a infiltração a condução propriamente dita do escoamento superficial, as vazões de saída são condicionadas pela capacidade de infiltração do dispositivo e determinadas pela equação:

$$Q = q_{as} \cdot A_{ef}$$

Onde:

q_{as} – Capacidade de absorção por unidade de área

A_{ef} – Área da projeção transversal da seção de infiltração

As valas podem funcionar, além de dispositivos de infiltração, como valas de retenção, não somente infiltrando o escoamento, como também



promovendo a regularização das vazões. Neste caso as vazões a serem calculadas devem conter tanto a parcela infiltrada quando aquela regularizada.

25.2.5 – PAVIMENTOS PERMEÁVEIS COM ESTRUTURAS DE DETENÇÃO E INFILTRAÇÃO

É importante salientar que os pavimentos podem funcionar como medidas de controle do escoamento de três maneiras diferentes, sendo somente revestimentos permeáveis, pavimentos de retenção e pavimentos de infiltração.

Para cada um destes casos, a obra deve ser dimensionada de forma diversa.

Para pavimentos com um simples revestimento permeável, não é necessário o dimensionamento propriamente dito da medida, uma vez que será realizada somente a substituição do pavimento tradicional por um que permita a infiltração das águas pluviais. Desta maneira, será necessário somente caracterizar qual o material e configuração do pavimento.

No caso de aplicação de pavimentos de retenção, é necessário, seguindo as restrições impostas pelas solicitações de projeto, calcular o volume esperado de armazenamento na camada do pavimento, que permite o acúmulo de um determinado volume entre seus poros ou em um dreno ou reservatório instalado sob a camada do pavimento. Deste modo, os volumes armazenados poderão ser infiltrados diretamente no solo ou destinados ao sistema de águas pluviais.

Já para o caso dos pavimentos de infiltração, existem duas configurações possíveis, a que visa a reserva temporária e posterior infiltração no terreno, e aquela de simples infiltração direta.

Em ambos os casos, é necessário dimensionar uma base para o pavimento que seja revestido por material permeável ou impermeável, dependendo da função que o pavimento deve desempenhar. Desse modo, o dimensionamento deve obedecer às restrições e volumes de projeto para um período de retorno determinado.



25.2.6 – POÇOS

O dimensionamento de poços de infiltração segue os mesmos critérios já apresentados neste item para as demais estruturas de controle do escoamento superficial na fonte, dependendo do tipo do evento chuvoso e o período de retorno.

Como a infiltração dos poços depende da infiltração da água diretamente no terreno, a capacidade drenante é diretamente relacionada à sua superfície de infiltração, portanto, é importante saber as dimensões, principalmente da profundidade dos poços, pois o seu diâmetro pode ser limitado pelas condições de ocupação da área de projeto. Vale ressaltar que os valores de profundidade, por elevado custo, preferencialmente não devem passar de 20 metros, e que a capacidade de infiltração do dispositivo também é um fator que deve ser levado em consideração no dimensionamento.

A vazão de descarga, assim como os demais dispositivos de infiltração, depende da capacidade de infiltração do terreno, e, conseqüentemente, da área necessária a absorver os volumes de projeto. Portanto, a vazão pode ser expressa por:

$$Q = q_{as} \cdot A_{inf}$$

Onde:

q_{as} – Capacidade de absorção por unidade de área ($m^3/s/m^2$)

A_{inf} – Área de contribuição para a evacuação de água

Como as águas pluviais, podem conter contaminantes, os efeitos da infiltração na qualidade das águas e no solo são fatores a serem considerados.

Uma vez levantada esta questão, a qualidade da água é fator de grande importância ao instalar um poço de infiltração, como medida de controle do escoamento superficial, pois partindo da premissa da não poluição do solo e do lençol freático, projetos do gênero não devem ser instalados quando houver possibilidade de contaminação.



25.2.7 – TELHADOS ARMAZENADORES

O dimensionamento de telhados reservatório obedece aos critérios de período de retorno estabelecidos pelas normas brasileiras de instalações prediais. Como uma referência, a NBR 10844 estabelece que a instalação dos condutos de águas pluviais devem ter cobertura para um período de retorno de 5 anos e fixa a duração de precipitação em 5 minutos. A norma também fornece as informações necessárias para o projeto do número de drenos a partir de ábacos que relacionam o diâmetro interno dos condutos com a vazão de dimensionamento.

A vazão de dimensionamento será condicionada pela vazão de restrição do lote, determinada pelo método racional.

O dispositivo lida também com o carregamento da estrutura e, portanto, não deve, para situações de solicitação maiores que as de projeto, sobrecarregá-la. Esta sobrecarga poderá levar ao comprometimento ou até o colapso dos telhados. Assim sendo, para solicitação maior que as determinadas para projeto, o sistema de águas pluviais deve funcionar normalmente, não funcionando mais como reservatórios, mas, sim, como sistema de escoamento.

25.3. – VANTAGENS DAS MEDIDAS DE CONTROLE NA FONTE

As medidas de controle na fonte apresentam um novo paradigma para a cidade, que é a convivência com as suas águas. Elas apresentam soluções que melhoram as condições gerais de uma região, uma vez que, em geral, elas produzem impactos inferiores àqueles gerados pelas medidas estruturais.

Como exemplo de medidas que favorecem a paisagem e reduzem os problemas de inundação podem ser citadas a implantação de valas de infiltração, a reserva de espaço nas várzeas e a aplicação de pavimentos porosos. São medidas que geram áreas verdes, assim como criam novas áreas que podem ser utilizadas para parques e lazer público.

Tendo em vista os custos essas medidas em geral apresentam dispêndios inferiores às medidas estruturais. Assim sendo, as técnicas das



medidas de controle na fonte são condizentes com o que se espera de uma drenagem urbana moderna e sustentável.

25.4. – EFEITO AMBIENTAL DAS MEDIDAS DE CONTROLE NA FONTE

As medidas de controle na fonte favorecem a infiltração e a retenção de água. Além dessas características, elas também influenciam na qualidade da água.

As medidas para o aumento da infiltração ocupam áreas anteriormente impermeabilizadas, liberando espaço para intervenções urbanísticas, como a criação de parques e áreas de convivência. Essas medidas modificam a paisagem e favorecem a melhoria das condições ambientais e na qualidade de vida dos habitantes.

Com a utilização de dispositivos de retenção, também é possível influenciar na qualidade das águas, já que os reservatórios podem auxiliar na retenção de resíduos sólidos e reter os volumes de primeira chuva, os quais são responsáveis por carrear grande parcela da poluição. Reservando este volume, é possível enviá-lo a estações de tratamento.

26. – FUNDAMENTOS DE MEDIDAS DE CONTROLE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

26.1. – MEDIDAS DE CONTROLE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

No planejamento dos sistemas públicos de drenagem, os efeitos desse tipo de medida sobre a redução dos picos de vazão e dos volumes de escoamento, geralmente não são considerados. Por serem intervenções que dependem de diversas condicionantes técnicas e também de ações de controle e fiscalização, nem sempre simples de aplicar, é muito difícil prever se, em uma determinada bacia, serão ou não implantadas de acordo com os critérios de dimensionamento adotados. Por isso são consideradas como medidas complementares, importantes para aumentar a segurança do sistema. Uma a



galeria dimensionada, por exemplo, para um risco hidrológico de 10 anos de período de retorno, poderá ter sua segurança aumentada para 12 ou 15 anos, caso sejam implantadas medidas de controle do escoamento superficial na bacia drenada por esta galeria. Além de reduzir os riscos de inundação, sem a necessidade de ampliar a capacidade da galeria, podem trazer também outros benefícios ao ambiente urbano como mostrado neste trabalho.

O princípio de funcionamento das medidas de controle do escoamento superficial baseia-se na retenção temporária e na infiltração do excesso de escoamento provocado por ações antrópicas, promovendo a restauração parcial do ciclo hidrológico natural.

Neste manual são apresentadas algumas das medidas de controle do escoamento superficial mais comuns. Outros tipos podem ser encontrados na literatura especializada, cada qual com suas características próprias, mas sempre concebidas a partir desses mesmos princípios.

26.1.1 – PAPEL DAS MEDIDAS DE CONTROLE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O papel das medidas de controle do escoamento superficial é o de proporcionar soluções para a retenção, infiltração e abatimento do escoamento superficial. Diferentemente da visão dos sistemas tradicionais de drenagem, que é a de acelerar o escoamento e se desfazer rapidamente dos volumes de água, as medidas de controle do escoamento superficial visam a retardar e a reduzir o escoamento com a ajuda dos dispositivos de controle.

Ao planejar a drenagem, é necessário considerar a integração entre os dispositivos tradicionais de drenagem para o controle do escoamento superficial com medidas de controle na fonte e não estruturais.

Esse tipo de medidas ainda é utilizado com menor frequência em comparação com as medidas tradicionais, sendo assim, menos conhecidas por projetistas.

As medidas de controle na fonte contêm dispositivos que atuam na redução dos volumes escoados, introduzem alternativas que se integram harmoniosamente com a paisagem e também tratam da poluição difusa, melhorando a qualidade da água que escoar para os canais.



Fundamentalmente, os dispositivos propostos pelas medidas de controle na fonte são classificados em função de sua atuação, na infiltração e no armazenamento, ou na combinação desses processos.

- **Dispositivos de Infiltração** - Alguns dos exemplos típicos de dispositivos de infiltração são as valas de infiltração, pavimentos porosos, trincheiras de infiltração e valas gramadas. Estes dispositivos têm a função de destinar a água para a sua absorção pelo solo, o que reduz a quantidade de água no sistema pluvial.

Os dispositivos têm escala adequada para a utilização em lotes, e é aplicado de forma dispersa na bacia.

- **Dispositivos de Armazenamento** - O objetivo principal do dispositivo de armazenamento é a retenção do escoamento, para posterior liberação do volume. Entre eles estão bacias de detenção, retenção nos lotes e microdrenagem de forma linear.

- **Dispositivos Mistos** - Os dispositivos mistos influem a infiltração e o armazenamento, podendo em algumas situações ser mais eficientes do que os dispositivos isolados.

Sua utilização é recomendada em regiões com pouca área disponível para obras, permitindo a melhor utilização do espaço e se adequando melhor às características da bacia.

Além destes dispositivos, a relação de ações não estruturais presentes nas medidas de controle na fonte, desempenham o papel de regular a utilização do solo e propor normas e critérios técnicos para a construção em áreas sujeitas a inundação.

Tais medidas têm forte ligação com o processo de planejamento, o que acaba reduzindo seus custos e permitindo a expansão urbana de forma que reduza os impactos da urbanização.

As principais ações não estruturais utilizadas pelas medidas de controle na fonte são o zoneamento, a aplicação de critérios construtivos para habitações, imóveis comerciais e industriais e áreas de lazer, assim como a normatização desta estrutura técnica.



26.2 – REVITALIZAÇÃO DE CORPOS HÍDRICOS

A revitalização de bacias urbanas é uma tendência com uma visão sustentável que vem sendo aplicada mundialmente para a melhoria das condições ambientais do meio urbano, levando em conta a reaproximação e convivência da população com a água no ambiente urbano. Para tanto é preciso considerar novas estratégias que dirijam-se a revitalização dos rios e córregos urbanos. A recuperação destas áreas deverá trazer benefícios para a qualidade de vida da população, com a diminuição dos prejuízos econômicos causados pelas inundações, o controle de doenças de veiculação hídrica e a valorização do meio ambiente urbano.

Nessa visão, os corpos hídricos urbanos, seja em razão de seu estado inicial, seja em função de um manejo, devem ser predominantemente vegetados e bastante diversificados quanto às suas dimensões, exercendo as múltiplas funções de:

- Manter, criar e enriquecer os habitats e proteger a diversidade de espécies;
- Contribuir para a valorização da paisagem urbana e consequente melhoria da qualidade de vida da população;
- Proteger os recursos hídricos e contribuir para o manejo das águas pluviais, reduzindo a exposição dos moradores às áreas de risco de inundação;
- Contribuir para a melhoria do microclima local, bem como pelo efeito acumulativo, influir no conjunto do espaço urbano metropolitano;
- Promover a saúde pública pelo controle do contato com solo e água contaminados, bem como pela promoção de atividades físicas, e oferecimento de espaços para contemplação, interação social, expressão cultural e educação ambiental;
- Criar um retorno financeiro de longo alcance em termos de valor das propriedades, investimentos urbanos e finalmente, no aumento da base fiscal municipal.

Estas áreas verdes não devem ser consideradas meramente como um meio de embelezamento urbano, mas sim como parte integrante da



infraestrutura urbana, articulando o espaço com o sistema viário e edificações e cumprindo as funções tradicionais de lazer, recreação e contemplação. Para isto, as ações de revitalização de corpos hídricos devem seguir as seguintes diretrizes básicas:

- Identificação dos rios ou trechos de cursos d'água passíveis de restauração;
- Delineamento dos objetivos que se pretende alcançar, o que muitas vezes é dependente das condições de degradação inicial do corpo hídrico;
- Realização de debates com a comunidade para troca de informações. Nessa etapa, é extremamente importante que a comunidade adote a proposta, desta forma ela poderá zelar pelo novo espaço que será criado, e este tende a ser mantido;
- Desenvolvimento de projeto conceitual com a participação de equipe multidisciplinar e da comunidade;
- Desenvolvimento de projeto executivo;
- Execução das ações de revitalização, obras e manutenção;
- Monitoramento antes e depois da implantação das ações de revitalização.

26.3. – O IMPACTO DA URBANIZAÇÃO SOBRE OS RIOS URBANOS

A degradação dos rios urbanos é resultante das alterações em sua bacia. O entendimento destas alterações é essencial para o estudo e restauração dos rios urbanos. Segundo Schueler (2005) as principais alterações que ocorrem em uma bacia urbana devido à urbanização são:

- Impermeabilização do solo: a impermeabilização do solo afeta intensamente a hidrologia das bacias urbanas diminuindo a infiltração da água no solo e aumentando o escoamento superficial. Comparando-se os hidrogramas da Figura 19 de uma bacia urbanizada com o de uma bacia rural, observa-se que o pico do hidrograma, em uma bacia urbana é maior e ocorre



em um tempo menor, outro aspecto importante é o aumento do volume em comparação com a condição anterior à urbanização.

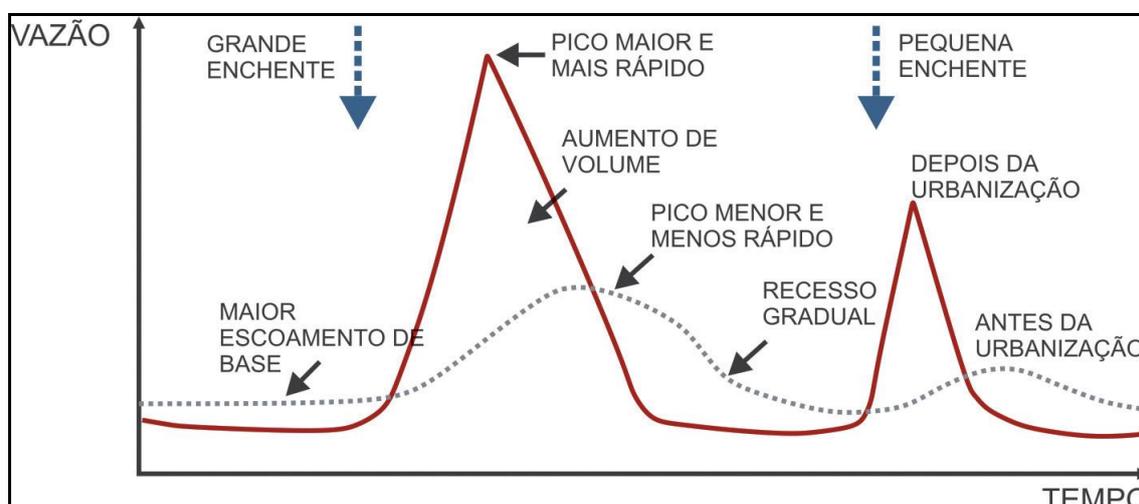


Figura 24: Comparações entre os hidrogramas de uma bacia urbana e uma bacia rural

- Interferências entre as redes de água, esgoto e de águas pluviais: a construção das redes de água, esgoto e de águas pluviais alteram as condições naturais de uma bacia urbana. As ligações clandestinas e o vazamento das redes de água e esgotos contribuem para alterações na quantidade e qualidade das águas que chegam aos córregos. Enquanto as redes de águas pluviais tradicionais transportam rapidamente as águas de chuva para jusante. Isso contribui para o aumento das inundações e o carreamento de poluentes a jusante, uma vez que em condições naturais a remoção de poluentes é facilitada pela vegetação ripária.

- Alterações ao longo do canal do rio: interrupções ao longo do canal podem ocorrer principalmente em áreas densamente ocupadas, a exemplo de travessias, pontes, canalizações, diques, e outros tipos de obras de engenharia projetadas para conduzir o fluxo do rio e suas inundações no local desejado. Outra alteração é a perda frequente da vegetação ao longo das margens dos rios com a urbanização, que se limita a uma estreita faixa ou muitas vezes inexistente.



- Ocupação das margens: a modificação mais comum, que resulta da ocupação destas áreas, são os aterros construídos para suportar as edificações, isso pode reduzir significativamente a seção do canal causando alterações no fluxo. Mesmo que esse tipo de ocupação não ocorra, as planícies de inundações se expandem em resposta à urbanização a montante. Como ilustrado, bacias urbanizadas produzem maiores inundações, conseqüentemente as planícies de inundação devem se expandir para acomodar estes volumes maiores.

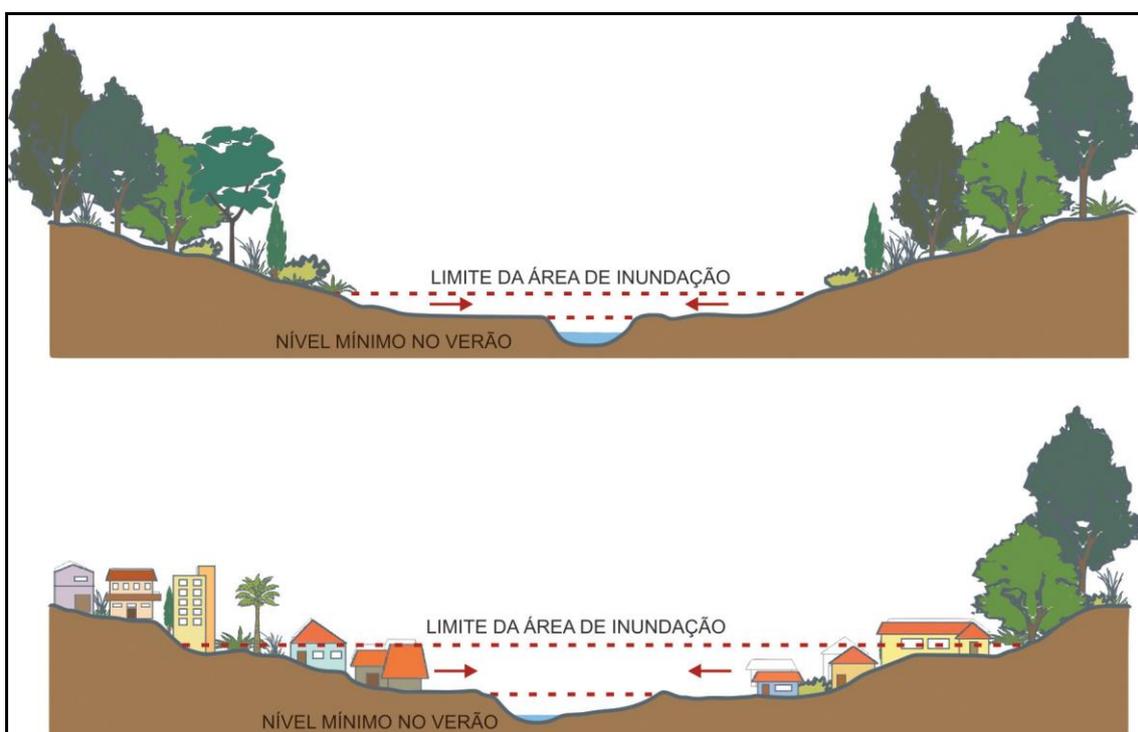


Figura 25: Resposta da geometria do escoamento devido à urbanização

- Degradação da qualidade da água: as águas pluviais que lavam as superfícies de uma área urbanizada carregam uma ampla quantidade de poluentes que alteram a qualidade da água do corpo receptor. A concentração de poluentes na água pode variar de acordo com característica do uso do solo, da região e da precipitação. E, na maioria das vezes, a concentração de poluentes aumenta na medida em que a área impermeável se desenvolve.



26.4. – ESTRUTURAS AUXILIARES DE RETENÇÃO DE LIXO E SEDIMENTOS

As estruturas de retenção de resíduos sólidos são importantes para o bom desempenho das medidas de controle na fonte.

Os resíduos sólidos e os sedimentos impactam negativamente a rede de drenagem, entupindo bocas de lobo, obstruindo sarjetas e assoreando galerias e canais. Portanto, projetar estruturas que englobem este fator em sua concepção é aconselhável para melhorar o desempenho do sistema como um todo.

A seguir são apresentadas duas possibilidades de solução para a captação e/ou retenção dos resíduos:

26.4.1 – BACIA DE RETENÇÃO DE SEDIMENTOS

Funcionam como uma bacia de retenção de cheias, reservando e reduzindo a velocidade do escoamento, fazendo com que o material em suspensão seja depositado no fundo do reservatório, necessitando de manutenção constantemente.

Elas têm a desvantagem de necessitar de áreas relativamente grandes para sua instalação.

26.4.2 – GRELHAS

As grelhas funcionam como barreiras para reter os resíduos sólidos, deixando que a água passe por suas aberturas separando o resíduo. Existem grelhas autolimpantes e grelhas de penetração parcial.

As grelhas autolimpantes são capazes de se manter limpas, retendo os resíduos sem a necessidade de intervenção mecânica. Elas geralmente são inclinadas fazendo com que os resíduos escoem por gravidade até um local de armazenamento e destinação.

As grelhas de penetração parcial estão imersas, mas não tocam a parte inferior do canal. Assim sendo, o fluxo de água passa pela parte inferior, enquanto, os resíduos são capturados pela grelha, que deve ser limpa constantemente, mecanicamente ou manualmente. A desvantagem deste



método está na geração de vórtices no escoamento, permitindo que os resíduos passem sob a grelha.

26.5. – REGULAMENTAÇÃO DA ZONA INUNDÁVEL

Um aspecto importante que deve ser considerado nos projetos de revitalização dos corpos hídricos é a regulamentação das áreas inundáveis.

Primeiramente, deve ser considerado o tratamento das APPs urbanas segundo as políticas públicas de meio ambiente (Lei nº 6.938/81), recursos hídricos (Lei nº 9.433/97) e urbanismo (Lei nº 10.257/01 - Estatuto da Cidade e a Lei nº 11.445/07).

As APPs referem-se a um regime jurídico especial de uso do solo e dos recursos vegetais, voltado à proteção do ambiente, sendo definidas nos seguintes termos:

“Área protegida nos termos dos arts. 2º e 3º do Código Florestal, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.”

No que se refere às APPs nas margens de cursos d'água consideram-se de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será:

- de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

- de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

- de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;



- de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

- de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros.

b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;

c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura.

Em face de ocupações ocorridas em desacordo com as normas ambientais, sobretudo nas cidades, pois a legislação que cuida da proteção do meio ambiente é muito posterior à implantação da maioria destas, foi incluído um parágrafo único ao art. 2º, que modificou o regime jurídico das florestas e demais formas de vegetação em áreas urbanas:

*Parágrafo único. No caso de áreas urbanas, assim entendidas as compreendidas nos perímetros urbanos definidos por lei municipal, e nas regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, em todo o território abrangido, observar-se-á o disposto nos respectivos planos diretores e leis de uso do solo, **respeitados os princípios e limites a que se refere este artigo.***

Nos municípios, as APPs urbanas devem ser disciplinadas pelo que dispuser o Plano Diretor e a legislação municipal de uso e ocupação do solo, o que vai ao encontro do conteúdo do art. 182 da CF/88, que remete ao município a definição de sua política urbana, traduzida no plano diretor. Todavia, o município, ao estabelecer a sua política urbana, deve respeitar os *princípios e limites* a que se refere o art. 2º do Código Florestal, que representa a norma geral sobre a matéria.

Nesse sentido, uma das ações do Plano de Gestão é o desenvolvimento de legislação e de instrumentos de gestão que viabilizem a incorporação do zoneamento de inundação à Lei Municipal de Uso e Ocupação do Solo,



definindo um conjunto de regras para a ocupação das áreas de risco de inundação, com o intuito de minimizar as perdas materiais e humanas resultantes das inundações. O detalhamento dessa ação será objeto de outra atividade, mas pretende-se apresentar neste item uma visão geral sobre o assunto, uma vez que os projetos de revitalização em corpos hídricos devem considerar este zoneamento.

O zoneamento deverá ser baseado no mapeamento das áreas de inundação dentro da delimitação da cheia de 100 anos ou maior registrada. Dentro dessa faixa, devem ser definidas áreas de diferentes riscos hidrológicos e com diferentes critérios de ocupação, tanto em relação ao uso como também aos aspectos construtivos. A Figura 26 apresenta um esquema da delimitação das zonas de inundação de acordo com o risco hidrológico dividida em três faixas:

Faixa 1 – Zona de passagem de enchente: nesta seção a construção de qualquer edificação reduz a área de escoamento, elevando os níveis a montante desta seção, deste modo deve-se procurar manter esta área livre.

Faixa 2 – Zona com restrições de ocupação: esta área representa o restante da superfície inundável. As inundações destas áreas, geralmente apresentam pequenas profundidades e baixas velocidades. Deste modo poderiam ser permitidos usos como: construção de parques, agricultura, habitações estruturalmente protegidas contra enchentes, áreas industriais ou comerciais sem o armazenamento de produtos perecíveis ou tóxicos.

Faixa 3 – Zona de baixo risco hidrológico: área com baixa probabilidade de inundações. Não necessita necessariamente de regulamentação, mas a população deve ser informada sobre o risco hidrológico a que está sujeita, mesmo este sendo baixo.



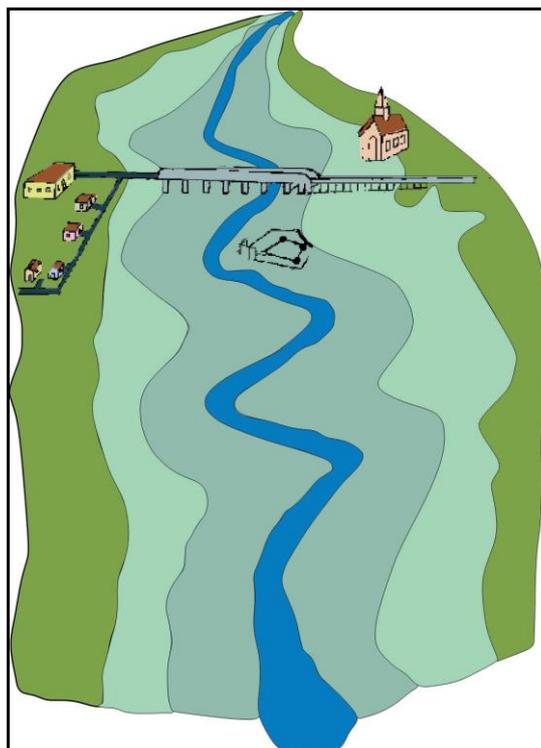


Figura 26: Regulamentação da zona inundável

O zoneamento deve ser incorporado pelo Plano Diretor Urbano da cidade e regulamentado por legislação municipal específica ou pelo Código de Obras. Para o caso de áreas já ocupadas, o zoneamento pode estabelecer um programa de transferência da população e/ou convivência com os eventos mais frequentes.

27. – FUNDAMENTOS DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

27.1. – EROSÃO URBANA

A drenagem urbana deve ser entendida como parte integrante do planejamento urbano, o que em nosso meio raramente acontece. Como consequência direta dessa não integração são comuns ocorrências de processos erosivos superficiais, por vezes intensos e localizados, devidos principalmente às deficiências de microdrenagem, e por vezes não tão intensos porém difusos, que resultam em grandes montantes de aporte sólido aos



corpos d'água receptores, decorrentes da presença de grandes áreas de exposição direta aos agentes de erosão.

Os processos de erosão urbana têm características muito diferentes dos correspondentes às bacias rurais, no que diz respeito às próprias ações físicas bem como às dimensões das áreas envolvidas. Do ponto de vista de instabilização da morfologia de cursos d'água, a erosão rural tem um caráter mais extensivo que as erosões urbanas, no entanto com taxas específicas de contribuição significativamente inferiores.

Um segundo aspecto que deve ser entendido é a grande variabilidade temporal do processo de erosão urbana. Numa primeira fase, nos casos mais comuns em que o processo de ocupação envolve grandes movimentos de terra sem maiores cuidados de proteção, ocorrem processos erosivos intensos com grande aporte sólido aos corpos d'água receptores. Com o decorrer do tempo as vias vão sendo gradualmente pavimentadas e os lotes ocupados de sorte que a intensidade de erosão vai decaindo até o momento em que ocorra a consolidação total da bacia. A partir dessa situação as contribuições mais significativas decorrem de intervenções localizadas na bacia.

É importante também considerar que durante o processo de ocupação urbana ocorrem transformações em toda a rede de drenagem natural. Isso faz com que haja modificações importantes na capacidade de transporte sólido dos cursos d'água que compõem a rede de drenagem, bem como nas condições que regem o equilíbrio morfológico. Do balanço entre essas alterações diretas na rede de drenagem e o suprimento de sedimentos da bacia é possível definir tendências de alterações morfológicas. Para isso é fundamental o conhecimento adequado de todas as variáveis que regem o fenômeno, o que evidentemente não é uma tarefa simples.

Tendo em vista os fatos apresentados, preparou-se neste capítulo uma descrição geral dos principais processos de transformações de bacias urbanas que com outras alterações de natureza hidráulica e hidrológica, afetam o equilíbrio de canalizações de sistemas de drenagem. Serão apresentadas também algumas considerações, que são úteis nos projetos de drenagem urbana.



27.1.1 – DEFINIÇÕES GERAIS

Antes de tratar da questão relativa às ações que desencadeiam alterações morfológicas de canalizações em geral, convém apresentar algumas definições básicas que ajudam a compreender melhor os mecanismos que regem o equilíbrio de canais.

27.1.2 – VAZÃO LÍQUIDA CARACTERÍSTICA

Nos estudos de estabilidade de rios, o ideal é trabalhar-se com séries históricas de vazões. No entanto, é comum nas avaliações mais frequentes trabalhar-se com uma única vazão representativa do hidrograma anual, denominada de **Vazão Modeladora**, que manteria o mesmo padrão geomorfológico do rio caso ocorresse constantemente ao longo do ano.

Não existe um padrão para a descrição da vazão modeladora, porém os critérios mais utilizados para a sua definição são os seguintes:

- Vazão de seção plena.
- Vazão do leito principal do rio. Essa definição somente é válida para rios aluvionares.
- Vazões com período de retorno entre 1,5 e 2 anos. Esse critério é equivalente ao anterior nos rios de planície, porém é mais genérico, podendo ser aplicado nos trechos superiores, onde as declividades são mais acentuadas.
- Vazão dominante.
- Representa o valor de uma vazão fictícia que se ocorresse constantemente ao longo do ano transportaria a mesma quantidade de sedimentos do hidrograma anual. Sua aplicação, no entanto, exige um nível de informações superior às definições anteriores.

27.1.3 – VAZÃO SÓLIDA

Essa é uma grandeza de fundamental importância para os estudos de fluviologia, porém raramente disponível. Quando há algum tipo de informação,

Página 271 de 280



de maneira geral, esta refere-se ao transporte sólido em suspensão. Em grande parte dos casos essa modalidade é constituída predominantemente por uma parcela denominada de carga de lavagem.

A carga de lavagem é definida como a parcela correspondente a frações granulométricas muito finas, comparadas ao material constituinte do leito, proveniente quase que totalmente das contribuições da erosão superficial da bacia. Como a capacidade de transporte sólido para essa fração granulométrica é superior ao suprimento, resultam deposições muito modestas desse material no leito e conseqüentemente sem uma participação ativa nas transformações morfológicas do curso d'água. Para que se entenda melhor essa definição, é interessante recorrer à Figura 27, que apresenta um confronto entre a capacidade de transporte sólido e o aporte de material proveniente da bacia de contribuição, ambos como função do diâmetro dos sedimentos.

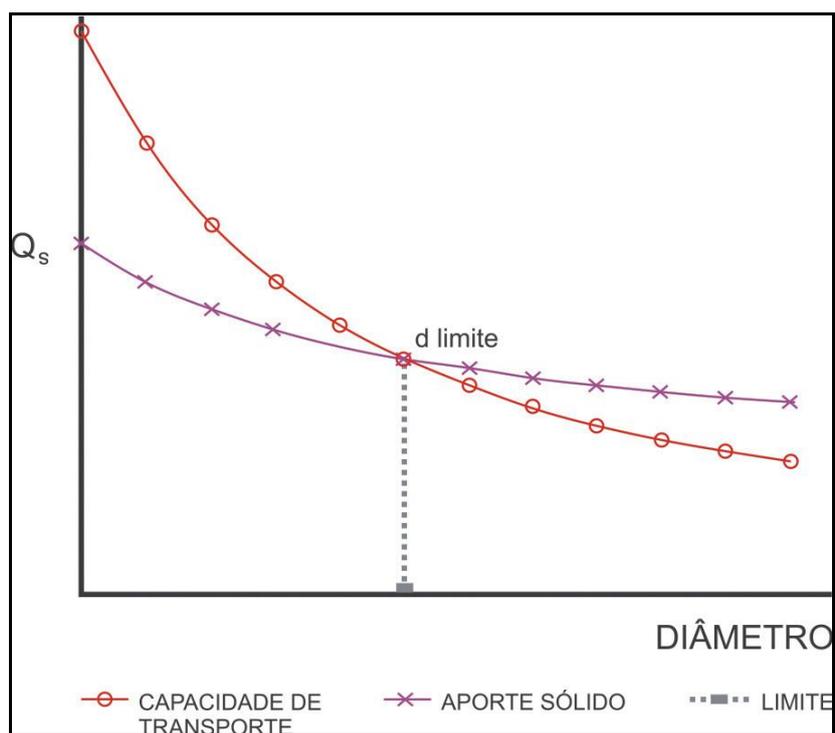


Figura 27: Confronto entre a disponibilidade de sedimentos e a capacidade de transporte sólido

Por este gráfico pode-se ver que existe um valor de diâmetro limite em que a capacidade de transporte sólido se iguala com o aporte de material da bacia, ou seja, uma situação de equilíbrio. Para valores superiores a esse limite



o transporte sólido estará condicionado à capacidade de transporte do canal, sendo o excedente depositado no leito. Para valores inferiores ao limite o transporte sólido estará condicionado pelo aporte sólido da bacia, uma vez que a capacidade de transporte do canal é superior a esse valor. Conforme já foi definido anteriormente, a esta última situação denomina-se de transporte da carga de lavagem, a qual não participa das transformações morfológicas fluviais.

Materiais que nos trechos superiores dos rios, onde a capacidade de transporte sólido é maior (as declividades são mais acentuadas e é maior a energia de escoamento), são caracterizados como carga de lavagem, passam a ser considerados como carga de material de leito nos trechos inferiores. Por esta razão a carga de lavagem não pode ser definida pela sua dimensão característica do material transportado.

A parcela da vazão sólida que efetivamente atua nos processos morfológicos é denominada de transporte de material do leito, que pode ocorrer na modalidade de transporte em suspensão ou por arrastamento ou saltação junto ao fundo. Devido à complexidade do fenômeno em si, e conseqüentemente das técnicas de medição e, conforme foi mencionado anteriormente, a exiguidade de postos fluviossedimentométricos, não é raro ter que se fazerem avaliações a partir das equações de transporte sólido disponíveis e mais adequadas aos estudos.

27.2. – EROSÃO SUPERFICIAL

27.2.1 – FORMAS DE EROSÃO

A erosão do solo pode ser de natureza eólica ou hídrica. A primeira é produzida pela ação aerodinâmica sobre a superfície sólida, que faz com que as partículas sobre a superfície do solo se desprendam e mantenham-se em suspensão pela ação turbulenta do escoamento e transportada até que haja condições de deposição. A segunda forma, é de natureza mais complexa, envolvendo diversas fases, que serão explicadas a seguir, de forma resumida.



A primeira fase da erosão superficial corresponde aos impactos das gotas de chuva. Existe nesta fase um primeiro efeito de desagregação das partículas do solo e um segundo de expulsão desse material do local de origem, expondo-o às ações hidrodinâmicas do escoamento superficial.

Quando as precipitações superam a capacidade de infiltração, se inicia o escoamento superficial, que devido predominantemente às forças atrativas do escoamento, produzem uma erosão superficial em camadas delgadas em toda a área. A intensidade deste tipo de erosão não é muito acentuada, porém devido a sua abrangência acaba produzindo contribuições sólidas consideráveis. Esta fase é denominada de erosão laminar.

A erosão em sulco resulta da concentração do escoamento em caminhos preferenciais. Produz-se, então, um grande aumento dos esforços cortantes sobre o solo e conseqüentemente da capacidade de transporte, resultando no aprofundamento desses sulcos.

Quando a erosão em sulco não é tratada e se desenvolve, pode atingir grandes proporções com a formação de ravinas. Se a erosão produzir aprofundamentos a ponto de atingir o nível do lençol freático, podem ocorrer grandes escorregamentos, principalmente se o material do substrato for arenoso, por efeito de erosões tubulares. A esta fase de erosão comumente denomina-se de voçoroca.

Ao contrário da erosão laminar, que apresenta baixas taxas de erosão específica, mas tem um caráter mais extensivo, estas últimas formas de erosão (sulcos, ravinas e voçorocas) têm intensidades mais acentuadas mas são localizadas. Em particular, a erosão na fase da voçoroca é a mais agressiva e, de maneira geral, somente se justificam obras para a sua recuperação em áreas urbanas, em virtude dos prejuízos e perigos potenciais que estas podem representar.

De maneira geral as erosões lineares (sulcos, ravinas e voçorocas) em áreas urbanas assumem uma maior relevância e estão estreitamente ligadas a deficiências de microdrenagem, podendo representar uma fonte importante de contribuição sólida.



27.2.2 – FATORES QUE AFETAM A EROSÃO

A erosão superficial que irá servir de aporte aos cursos d'água é fruto das ações dinâmicas de natureza hídrica ou eólica sobre o solo, das características intrínsecas do solo, da geomorfologia da bacia e sua cobertura. Embora já existam alguns modelos para a determinação da erosão e transporte sólido superficial, são de aplicação extremamente restrita, dada a complexidade do fenômeno e à quantidade de dados de entrada envolvidos e de difícil determinação. Portanto, esse tipo de solução ainda está longe de ter um caráter prático e suficientemente preciso para o enfrentamento do problema. Existem, no entanto, alguns indicadores de natureza empírica que têm se prestado para uma primeira avaliação do potencial de erosão de uma bacia. Dentre estes destaca-se a clássica **Fórmula Universal de Perda de Solo**, de Wischmeyer Smith (1960), desenvolvida para bacias rurais:

$$E = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Onde:

E - perda de solo média anual por unidade de área;

R - fator de erosividade para uma precipitação característica da bacia;

K - fator de erodibilidade do solo;

L, S - fatores topográficos do terreno, no caso o comprimento de rampa e a declividade longitudinal;

C, P - fatores relativos ao uso do solo, no caso o tipo de manejo agrícola e a prática conservacionista aplicada.

Este tipo de formulação é bastante didática, pois apresenta de forma explícita os fatores envolvidos na perda de solo. Os dois primeiros fatores, *R* e *K*, são devidos à características naturais enquanto os dois últimos, *C* e *P*, se devem tão somente à ação antrópica. Os fatores topográficos *L* e *S*, apesar de serem também características naturais, podem de alguma forma ser modificados pelo homem.



Sistemas de macrodrenagem urbana podem ter seu equilíbrio morfológico afetado, à medida que valores de perdas de solo estejam fora dos limites normais, quer por erosão da porção urbana da bacia quer por erosão da porção rural da bacia. Exemplo disto se tem, por exemplo, na região oeste do Estado de São Paulo, em que as perdas de solo são responsáveis pelo intenso assoreamento dos rios da região, comprometendo obras como travessias, captações de água e, relativamente ao tema aqui tratado, a capacidade de descarga de sistemas de drenagem.

Avaliações destas perdas envolvem complexos estudos específicos, acompanhados de intensas campanhas de medições. O Instituto Agrônomo de Campinas adota para o Estado de São Paulo valores de perda de solo em torno de 0,4 t/ha.ano para regiões de pasto, e uma variação entre 12 e 25 t/ha.ano para diversos tipos de cultura (Bertoni e Lombardi - 1985). Evidentemente estes valores devem ser tomados apenas como referências, uma vez que inúmeros fatores podem afetar a perda de solo, conforme já foi visto.

Apesar da Fórmula Universal de Perda de Solo ter sido desenvolvida para áreas rurais, é interessante verificar que alguns dos fatores desta equação são extremamente afetados nos processos de urbanização. Por exemplo, na implantação de loteamentos, obras públicas ou privadas de grande porte, de maneira geral ocorrem grandes movimentações de terra, em que se altera de forma significativa a topografia local (fatores L e S). Normalmente remove-se a camada superficial deixando expostos substratos que em algumas situações podem apresentar taxas de erodibilidade diferenciadas (fator K). Dependendo da duração para a completa implantação do projeto, com a recomposição da cobertura do solo (edificações, pavimentações e áreas verdes) e implantação da drenagem, é comum que o empreendimento atravesse períodos de chuvas em condições precárias; seria algo equivalente a uma condição desfavorável do fator P . Há inúmeros exemplos de processos inadequados de ocupação urbana, que potencializam os fatores erosivos descritos anteriormente, e que, aliados ao fato de haver uma drenagem inadequada, foram causadores de prejuízos de grande monta.



28. - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AZEVEDO NETTO, J.M & ALVAREZ, G.A. Manual de hidráulica. 6ª ed. São Paulo: Editora Blucher, 1973.

BAPTISTA, Marcio; NASCIMENTO, Nilo; BARRAUD, Sylvie. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana, Porto Alegre: ABRH, 2005.

DAEE / CETESB. Drenagem urbana: Manual de projeto. 2ª ed., São Paulo: DAEE / CETESB, 1980.

DAEE. Manual de Cálculo das vazões máximas, médias e mínimas nas bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. São Paulo: DAEE, 1994.

DAVID, DA SILVA. D, PRUSKI, F.F. Gestão de Recursos Hídricos, Aspectos legais, econômicos e sociais. Brasília, DF: Secretaria de Recursos Hídricos; Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2000.

DOP – Manual Técnico – caderno de encargos – Governo do Estado de São Paulo.

IPT. Estudo de Macro drenagem de Valentil Gentil – SN Engenharia e Consultoria, 2007.

IPT. Relatório de Situação dos Recursos hídricos da Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo/Grande. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2000.

LENCASTRE, A. Manual de hidráulica Geral. São Paulo: Editora Edgar Blucher, 1972.



PORTO, R. Melo. Hidráulica básica. São Carlos: EESC / USP, 1998.

RIGUETTO, A. Marozzi. Hidrologia e recursos hídricos. São Carlos: EESC/ USP, 1998. São Paulo. Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras.

Departamento de Água e Energia Elétrica. Síntese do Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. São Paulo: Departamento de Água e Energia Elétrica, 1999.

TPCO 10: Tabelas de Composições de preços para orçamentos. 10^a ed. São Paulo: Pini, 1996.

TUCCI, C.E.M. Hidrologia, ciência e aplicação. São Paulo: ABRH / EDUSP, 1993.

TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH / UFRGRS, 1995.

- CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente, Resolução nº20 de 18 de junho de 1986, define critérios para classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional;

- FUNASA –Fundação Nacional de Saúde, 2004, *Manual de Saneamento*, 3 ed., Brasília, Fundação Nacional de Saúde, 408 p;

- WILKEN, Paulo Sampaio,1978, *Engenharia de Drenagem Superficial*, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 478 p;

- NETTO, Azevedo José M., 1982, *Manual de Hidráulica*, 7 ed, São Paulo, Edgard Blucher;



- DER – Departamento de Estradas de Rodagem, *Manual de Drenagem do DER*;
- NBR 12266 – Projeto e Execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem;

- NBR 8893 – Tubo de Concreto para Drenagem

- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA: Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais, *Gerenciamento do sistema de Drenagem Urbana – Vol. I*, São Paulo, 2012.

- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA: Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais, *Aspectos Tecnológicos: Fundamentos Vol. II*, São Paulo, 2012.

- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA: Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais, *Aspectos Tecnológicos: Diretrizes para projetos – Vol. III*, São Paulo, 2012.



Lençóis Paulista, 28 de Abril de 2015.

MEP CONSULTORIA AMBIENTAL
ENG CIVIL. ANDRE PAVARINI
CREA: 5061281496

