

FABIANO HUGO BORSATO

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS BACIAS DE DRENAGEM DO MUNICÍPIO DE
MARINGÁ E OS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS COMO POTENCIAIS POLUIDORES

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-graduação em Geografia
(Mestrado) da Universidade Estadual de
Maringá como requisito parcial para obtenção
do grau de Mestre em Geografia.

Área de Concentração:
Análise Regional e Ambiental

Orientadora:
Prof. Dra. Astrid Meira Martoni

Maringá
2005

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS BACIAS DE DRENAGEM DO MUNICÍPIO DE
MARINGÁ E OS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS COMO POTENCIAIS POLUIDORES

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-graduação em Geografia
(Mestrado) da Universidade Estadual de
Maringá como requisito parcial para obtenção
do grau de Mestre em Geografia, área de
concentração: Análise Regional e Ambiental.

Aprovada em **07 de março de 2005**.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Dr^a Astrid Meira Martoni – Orientadora
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Marcos Rafael Nanni
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Emerson Galvani
Universidade de São Paulo

AGRADECIMENTOS

À Deus em primeiro lugar, por me dar saúde e perseverança na execução desse trabalho.

Aos meus pais e irmão, que são a base da minha vida.

À professora Dr^a. Astrid Meira Martoni, pela orientação, sugestões, apoio e principalmente pela amizade.

Aos professores Dr. Marcos Rafael Nanni do Departamento de Agronomia e Dr^a. Maria Teresa de Nóbrega do Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá (UEM) pelas preciosas dicas e sugestões durante a qualificação.

Ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP), na pessoa do senhor Paulino Heitor Mexia, que me permitiu acesso aos processos de licenciamento dos postos de combustíveis.

Aos funcionários e donos de postos de combustíveis que me permitiram acesso às instalações e sistemas de tratamento de efluente.

Ao programa de Mestrado em Geografia da UEM pela oportunidade de realização deste trabalho.

E a todos que direta ou indiretamente colaboraram na execução desse trabalho.

RESUMO

Os problemas ambientais em bacias hidrográficas podem ser estudados isolando-as uma das outras, uma vez que as maiores interferências se devem aos focos poluidores presentes em suas superfícies e conseqüências no nível subterrâneo. Assim, o desenvolvimento desta pesquisa, tendo como cenário a cidade de Maringá, localizada na região noroeste do Paraná, enfatizou dois aspectos importantes relacionados à temática proposta: por um lado um estudo detalhado das características físicas das bacias hidrográficas, e, por outro, a relação que estes parâmetros podem ter com a disposição final dos resíduos oriundos dos postos de combustíveis. Para isso, a metodologia consistiu em determinar as características físicas das bacias hidrográficas dentro do perímetro urbano da cidade, dispondo-se para isso de mapas digitais e cartas topográficas, que serviram de base para a determinação da maior parte dos parâmetros; o levantamento das condições de tratamento, equipamentos presentes, e disposição final dos resíduos dos postos e distribuidoras de combustíveis, localizados pontualmente nas bacias, por meio de pesquisas de campo e em órgãos ambientais; e um estudo estatístico para análise dos resultados. Os resultados obtidos dos parâmetros fisiográficos das bacias serviram de base para avaliar o potencial poluidor em cada uma delas, em relação ao número e localização dos postos. Sendo assim, verificou-se que através desses índices, a bacia do córrego Moscado pode ser considerada como a mais propensa à poluição, em comparação com mais quatro estudadas. Com relação à disposição dos resíduos líquidos dos postos, observou-se que a maior parte dos postos possui caixas separadoras para retenção de óleo e lama e se apresentam ligados à rede de esgoto. Quanto à disposição dos resíduos sólidos contaminados com óleo, em torno da metade dos postos e distribuidoras de combustíveis fazem destinação irregular.

Palavras-chaves: postos de combustíveis, óleos e graxas, características físicas, bacias hidrográficas, poluição.

ABSTRACT

The environmental problems in hydrographic basins can be studied by isolating them from each other, since the greatest interference occurs due to both the polluting focuses present on their surfaces and the consequences at the underground level. Therefore, the development of this research, having Maringá city, located in the Northeast of Paraná state, as its scenery emphasized two important aspects related to the theme proposed: on one hand, a detailed study of the physical characteristics of the hydrographic basins and, on the other hand, the relation that such parameters can have with the final disposition of the residues from the gas stations. Thus, the methodology consisted in determining the physical characteristics of the hydrographic basins in the urban perimeter of the city, using digital maps and topographic letters as a base to determine most of the parameters. The survey of the treatment conditions, equipment and final disposition of the residues from the gas stations and distributors, exactly located in the basins by using field researches and in environmental organs; and a statistical study to analyze the results were carried out. The results of the physiographic parameters of the basins obtained were the base to evaluate the polluting potential in each of them, in relation to the number and site of the gas stations. Therefore, it was verified that through such indexes, the Moscado stream basin can be considered as the most prone to pollution, in comparison to four more others studied. Considering the disposition of the liquid residues from the gas stations, it was observed that most of them have separating boxes to retain oil and mud and are linked to the sewerage system. Considering the disposition of residues polluted by oil, about half of the gas stations and distributors perform an irregular destination.

Key-words: Gas stations. Oil and slush. Physical characteristics. Hydrographic basins. Pollution.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01	Bacia de drenagem, fluxos e transformações de energia.....	23
FIGURA 02	Métodos para o ordenamento de canais	32
FIGURA 03	Curva hipsométrica	50
FIGURA 04	Definições e funções na análise hipsométrica de pequenas bacias de drenagem.....	52
FIGURA 05	Principais equipamentos exigidos num posto de combustível.....	69
FIGURA 06	Válvula retentora de vapor	69
FIGURA 07	Caixa separadora de água e óleo	72
FIGURA 08	Caixa separadora de água e óleo ZP – 2000	73
FIGURA 09	Separador de óleo tipo API	74
FIGURA 10	Tanque subterrâneo	75
FIGURA 11	Poço de monitoramento	78
FIGURA 12	Canaleta.....	78
FIGURA 13	Corte esquemático do piso em concreto	79
FIGURA 14	Tratamento de óleo solúveis	81
FIGURA 15	Localização do município de Maringá.....	90
FIGURA 16	Estrutura territorial do município de Maringá	91
FIGURA 17	Mapa da rede de drenagem do município de Maringá.....	92
FIGURA 18	Regressão do número de canais pela ordem	112
FIGURA 19	Regressão do comprimento médio dos canais pela ordem.....	114
FIGURA 20	Regressão dos valores de área média de contribuição pela ordem	118
FIGURA 21	Curva de distribuição de declividade das bacias pesquisadas.....	127
FIGURA 22	Carta clinográfica do município de Maringá	128
FIGURA 23	Curva hipsométrica das bacias urbanas de Maringá-PR	133

FIGURA 24	Curva hipsométrica em porcentagem para as bacias pesquisadas.....	133
FIGURA 25	Mapa hipsométrico do município de Maringá	134
FIGURA 26	Mapa hipsométrico da bacia do ribeirão Maringá.....	135
FIGURA 27	Mapa hipsométrico da bacia do ribeirão Morangueira.....	136
FIGURA 28	Mapa hipsométrico da bacia do córrego Moscado.....	137
FIGURA 29	Mapa hipsométrico da bacia do ribeirão Borba Gato.....	138
FIGURA 30	Mapa hipsométrico da bacia do ribeirão Água Suja	139
FIGURA 31	Perfil longitudinal do ribeirão Maringá.....	142
FIGURA 32	Perfil longitudinal do ribeirão Morangueira	142
FIGURA 33	Perfil longitudinal do córrego Moscado.....	143
FIGURA 34	Perfil longitudinal do ribeirão Borba Gato.....	143
FIGURA 35	Perfil longitudinal do ribeirão Água Suja	144
FIGURA 36	Perfis longitudinais dos córregos urbanos de Maringá	144
FIGURA 37	Perfis longitudinais dos córregos urbanos de Maringá em porcentagem..	145
FIGURA 38	Declividade dos canais versus ordem para as bacias da área urbana de Maringá-PR. Ilustração da lei de declividade dos canais.....	148
FIGURA 39	Retângulo equivalente da bacia do ribeirão Maringá.....	149
FIGURA 40	Retângulo equivalente da bacia do ribeirão Morangueira.....	150
FIGURA 41	Retângulo equivalente da bacia do córrego Moscado.....	150
FIGURA 42	Retângulo equivalente da bacia do ribeirão Borba Gato.....	150
FIGURA 43	Retângulo equivalente da bacia do ribeirão Água Suja.....	151
FIGURA 44	Modelo digital do terreno para a bacia do ribeirão Maringá.....	152
FIGURA 45	Modelo digital do terreno para a bacia do ribeirão Morangueira.....	153
FIGURA 46	Modelo digital do terreno para a bacia do córrego Moscado.....	153
FIGURA 47	Modelo digital do terreno para a bacia do ribeirão Borba Gato.....	154
FIGURA 48	Modelo digital do terreno para a bacia do ribeirão Água Suja.....	154

FIGURA 49	Mapa urbano de Maringá com a localização dos postos de combustíveis	156
FIGURA 50	Distribuição percentual dos postos de combustíveis no município de Maringá, por bacia hidrográfica, em relação ao número total de postos...	157
FIGURA 51	Densidade dos postos de combustíveis por bacia hidrográfica	158
FIGURA 52	Carta clinográfica da bacia do ribeirão Maringá	162
FIGURA 53	Carta clinográfica da bacia do ribeirão Morangueira	163
FIGURA 54	Carta clinográfica da bacia do córrego Moscado	164
FIGURA 55	Carta clinográfica da bacia do ribeirão Borba Gato	165
FIGURA 56	Carta clinográfica da bacia do ribeirão Água Suja	166
FIGURA 57	Distribuição percentual das unidades de tratamento disponíveis nos postos pesquisados	169
FIGURA 58	Relação percentual da disposição final do efluente nos postos Pesquisados	170
FIGURA 59	Densidade de postos ligados às galerias pluviais por bacia hidrográfica..	171
FIGURA 60	Distribuição percentual dos postos de combustíveis em relação à classificação de sua área em torno (raio de 100m)	175
FIGURA 61	Distribuição percentual dos postos pesquisados no IAP por bacia hidrográfica	175
FIGURA 62	Distribuição percentual dos sistemas de proteção existentes para os postos de combustíveis segundo a classificação da área em torno (todos os equipamentos exigidos)	177
FIGURA 63	Conformidade dos tanques de combustíveis subterrâneos em relação à norma NBR 13.786	179
FIGURA 64	Número de postos com tanques irregulares por bacia hidrográfica	180
FIGURA 65	Porcentagem de postos com tanques irregulares por bacia hidrográfica...	180
FIGURA 66	Número de postos de combustíveis segundo o tipo de tanque subterrâneo	181
FIGURA 67	Conformidade do piso da área de abastecimento dos postos de combustíveis segundo a NBR 13.786	184
FIGURA 68	Número de postos com pisos irregulares por bacia hidrográfica	185

FIGURA 69	Porcentagem de postos com pisos irregulares por bacia hidrográfica.....	185
FIGURA 70	Número de postos irregulares quanto aos parâmetros de lançamento de efluentes por bacia hidrográfica	187
FIGURA 71	Porcentagem de postos com parâmetros de lançamento irregulares por bacia hidrográfica.....	188
FIGURA 72	Porcentagem dos postos com destinação adequada e inadequada do óleo lubrificante usado de acordo com a Resolução Conama 09/1993.....	191
FIGURA 73	Porcentagem dos postos com destinação adequada e inadequada de materiais têxteis contaminados com óleos de acordo com a norma NBR 10.004/2004	192
FIGURA 74	Porcentagem dos postos com destinação adequada e inadequada da areia e lodo das caixas separadoras de acordo com a norma NBR 10.004/2004	194
FIGURA 75	Porcentagem dos postos com destinação adequada e inadequada de embalagens e filtros de óleo lubrificantes de acordo com a norma NBR10.004/2004	196
FIGURA 76	Curva de distribuição de declividade da bacia do ribeirão Maringá	213
FIGURA 77	Curva de distribuição de declividade da bacia do ribeirão Morangueira..	214
FIGURA 78	Curva de distribuição de declividade da bacia do córrego Moscado	215
FIGURA 79	Curva de distribuição de declividade da bacia do córrego Borba Gato	216
FIGURA 80	Curva de distribuição de declividade da bacia do ribeirão Água Suja.....	217
FIGURA 81	Curva hipsométrica para a bacia do ribeirão Maringá	221
FIGURA 82	Curva hipsométrica para a bacia do ribeirão Morangueira	222
FIGURA 83	Curva hipsométrica para a bacia do córrego Moscado	223
FIGURA 84	Curva hipsométrica para a bacia do ribeirão Borba Gato	224
FIGURA 85	Curva hipsométrica para a bacia do ribeirão Água Suja	225

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Postos de combustíveis: formas de poluição e suas conseqüências.....	68
TABELA 2	Classificação dos postos de serviço conforme o ambiente em torno (raio de 100 m)	76
TABELA 3	Distribuição dos equipamentos conforme classificação do posto de serviço.....	85
TABELA 4	Latitude, longitude e altitude dos pontos extremos das bacias pesquisadas.....	93
TABELA 5	Área de drenagem e tempo de concentração estimado das bacias urbanas do município de Maringá-PR.....	107
TABELA 6	Índices de Forma.....	109
TABELA 7	Ordem das bacias.....	110
TABELA 8	Relação de Bifurcação.....	111
TABELA 9	Logaritmo do número de canais segundo a ordem e R_B resultante.....	111
TABELA 10	Comprimentos totais dos cursos d'água segundo a ordem.....	113
TABELA 11	Relação dos Comprimentos.....	113
TABELA 12	Logaritmo dos comprimentos médios e R_L	114
TABELA 13	Relação entre o índice dos comprimentos e o índice de bifurcação.....	116
TABELA 14	Valores de R_{LB} e LT estimado.....	116
TABELA 15	Área de drenagem total dos cursos d'água segundo a ordem.....	117
TABELA 16	Relação das áreas.....	117
TABELA 17	Logaritmo das áreas médias e R_A	117
TABELA 18	Valores de E_1 , E_2 e K , segundo a caracterização de Tokunaga.....	119
TABELA 19	Valores de P , Q e número estimado de canais por ordem e total.....	119
TABELA 20	Densidade de drenagem.....	120
TABELA 21	Densidade de confluências.....	122

TABELA 22	Extensão média do escoamento superficial.....	122
TABELA 23	Sinuosidade do curso d'água.....	123
TABELA 24	Relação do equivalente vetorial.....	124
TABELA 25	Coeficiente de manutenção de canais.....	124
TABELA 26	Densidade hidrográfica.....	125
TABELA 27	Relação de área e comprimento do canal principal.....	126
TABELA 28	Área das bacias estimadas por A_1 , R_B e R_{LB}	126
TABELA 29	Declividades médias e medianas das bacias.....	129
TABELA 30	Declividade média e declividade média das vertentes.....	130
TABELA 31	Relação de relevo.....	131
TABELA 32	Número de rugosidade.....	132
TABELA 33	Dados hipsométricos.....	140
TABELA 34	Declividades de álveo.....	146
TABELA 35	Declividades segundo a ordem e a relação entre elas.....	146
TABELA 36	Retângulo equivalente.....	151
TABELA 37	Distribuição dos postos por bacias hidrográficas.....	157
TABELA 38	Densidade de postos por bacia e características físicas.....	159
TABELA 39	Unidades que compõem o sistema de tratamento nos postos de combustíveis de Maringá-PR.....	167
TABELA 40	Número de postos ligados à galeria pluvial e sua densidade.....	171
TABELA 41	Equipamentos e sistemas de controle presente nos postos de serviço.....	173
TABELA 42	Tanques de combustíveis subterrâneos.....	177
TABELA 43	Contaminação do solo por BETX e PAH proveniente dos postos de combustíveis.....	182
TABELA 44	Piso da área de abastecimentos dos postos de combustíveis.....	183
TABELA 45	Análise físico-químicas dos efluentes dos postos de combustíveis.....	186

TABELA 46	Resultados de análises físico-químicas para o ribeirão Morangueira.....	188
TABELA 47	Medidas de velocidade e vazão para o ribeirão Morangueira.....	189
TABELA 48	Óleo lubrificante usado.....	190
TABELA 49	Material têxtil contaminado com óleo.....	192
TABELA 50	Areia e lodo das caixas separadoras.....	193
TABELA 51	Embalagens e filtros de óleos lubrificantes.....	195
TABELA 52	Distribuição de declividade da bacia do ribeirão Maringá.....	213
TABELA 53	Distribuição de declividade da bacia do ribeirão Morangueira.....	214
TABELA 54	Distribuição de declividade da bacia do córrego Moscado.....	215
TABELA 55	Distribuição de declividade da bacia do ribeirão Borba Gato.....	216
TABELA 56	Distribuição de declividade da bacia do ribeirão Água Suja.....	217
TABELA 57	Declividade média das vertentes para a bacia do ribeirão Maringá.....	218
TABELA 58	Declividade média das vertentes para a bacia do ribeirão Morangueira....	218
TABELA 59	Declividade média das vertentes para a bacia do córrego Moscado.....	219
TABELA 60	Declividade média das vertentes para a bacia do ribeirão Borba Gato.....	219
TABELA 61	Declividade média das vertentes para a bacia do ribeirão Água Suja.....	220
TABELA 62	Elementos para obtenção da curva hipsométrica da bacia do ribeirão Maringá.....	221
TABELA 63	Elementos para obtenção da curva hipsométrica da bacia do ribeirão Morangueira.....	222
TABELA 64	Elementos para obtenção da curva hipsométrica da bacia do córrego Moscado.....	223
TABELA 65	Elementos para obtenção da curva hipsométrica da bacia do ribeirão Borba Gato.....	224
TABELA 66	Elementos para obtenção da curva hipsométrica da bacia do ribeirão Água Suja.....	225
TABELA 67	Perfil longitudinal e declividade S ₃ do ribeirão Maringá.....	226

TABELA 68	Perfil longitudinal e declividade S_3 do ribeirão Morangueira.....	226
TABELA 69	Perfil longitudinal e declividade S_3 do córrego Moscado.....	227
TABELA 70	Perfil longitudinal e declividade S_3 do ribeirão Borba Gato.....	227
TABELA 71	Perfil longitudinal e declividade S_3 do ribeirão Água Suja.....	227
TABELA 72	Elementos para obtenção do retângulo equivalente da bacia do ribeirão Maringá.....	228
TABELA 73	Elementos para obtenção do retângulo equivalente da bacia do ribeirão Morangueira.....	228
TABELA 74	Elementos para obtenção do retângulo equivalente da bacia do córrego Moscado.....	229
TABELA 75	Elementos para obtenção do retângulo equivalente da bacia do ribeirão Borba Gato.....	229
TABELA 76	Elementos para obtenção do retângulo equivalente da bacia do ribeirão Água Suja.....	229

LISTA DE SÍMBOLOS

A	área de drenagem da bacia, km ²
t_c	tempo de concentração, min
L_{talv}	comprimento do talvegue, km
H_M	relevo máximo da bacia, m, km
K_c	coeficiente de compacidade, sem dimensão
K_f	fator de forma, sem dimensão
R_c	relação de circularidade, sem dimensão
R_e	relação de alongamento, sem dimensão
P	perímetro da bacia, km
L_{ax}	comprimento axial da bacia, km
L_M	comprimento máximo da bacia, km
R_B	índice de bifurcação, sem dimensão
N_u	número de canais de ordem u, unidade
b	coeficiente de regressão, sem dimensão
R^2	coeficiente de determinação, sem dimensão
N_{est}	número total de canais estimado, unidade
U	ordem da bacia, unidade
R_L	índice dos comprimentos, sem dimensão
L_u	média dos comprimentos dos canais de ordem u, km
R_{LB}	relação entre o índice dos comprimentos e o índice de bifurcação, sem dimensão
LT	comprimento total dos cursos d'água, km
R_A	relação das áreas, sem dimensão
A_u	média das áreas contribuintes dos canais de ordem u, km ²

K	constante da relação dos tributários laterais, sem dimensão
${}_uE_p$	número de seguimentos de ordem p desaguardo num canal de ordem superior u lateralmente, unidade
P, Q	parâmetros para determinação de N_{uest} , sem dimensão
N_{uest}	número estimado de canais de ordem u, unidade
D_d	densidade de drenagem, km/km ²
D_c	densidade de confluências, 1/km ²
NC	número de confluências da rede de drenagem, unidade
ℓ	extensão média do escoamento superficial, km
Sin	sinuosidade do curso d'água, sem dimensão
L_p	comprimento do rio principal, km
Rev	relação do equivalente vetorial, sem dimensão
Ev_u	equivalente vetorial médio dos canais de ordem u, km
C	coeficiente de manutenção dos canais, km ² /km
D_h, f	densidade hidrográfica, frequência dos canais, 1/km ²
N	número de canais, unidade
Dh_{est}	densidade hidrográfica estimada, 1/km ²
L_{est}	comprimento estimado do rio principal, km
A_{est}	área da bacia estimada, km ²
m	número de classes de frequência, unidade
n	número total de valores, unidade
S	declividade média das vertentes, %
ΔI	diferença de altitude entre duas curvas de nível, km
w	largura ou distância entre as curvas, km
a	área entre as curvas de nível, km ²

n_c	número de intervalos de curvas de nível, unidade
R_h	relação de relevo, sem dimensão
H	relevo da bacia, km
R_{hp}	relação de relevo em porcentagem, %
G	número de rugosidade, sem dimensão
E	elevação média da bacia, m
e	altitude média entre duas curvas de nível consecutivas, m
A_M	altura média, m
A_C	altura média da seção de controle, m
CM	coeficiente de massividade, sem dimensão
CO	coeficiente orográfico, m
S_1, S_2, S_3	Declividade do álveo, m/km
C_n	altitude da nascente, m
C_f	altitude da foz, m
L_i	comprimento de cada trecho do rio, km
D_i	declividade de cada trecho, m/m
R_{gc}	relação entre os gradientes dos canais, sem dimensão
G_{C_u}	declividade média dos canais de ordem u, m/m
L	Lado maior do retângulo equivalente, km
l	Lado menor do retângulo equivalente, km

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	20
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1 A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ESTUDO DOS PROCESSOS AMBIENTAIS E ANTRÓPICOS: SUA CARACTERIZAÇÃO FÍSICA.....	22
2.1.1 Área de drenagem e tempo de concentração	26
2.1.2 Forma da bacia.....	28
2.1.2.1 Índices de forma.....	29
2.1.3 Sistema de drenagem	30
2.1.3.1 Relação de bifurcação	33
2.1.3.2 Relação dos comprimentos	34
2.1.3.3 Relação entre o índice dos comprimentos e o índice de bifurcação	35
2.1.3.4 Relação das áreas	35
2.1.3.5 Relação dos tributários laterais	36
2.1.3.6 Densidade de drenagem	38
2.1.3.7 Densidade de confluências.....	40
2.1.3.8 Extensão média do escoamento superficial	40
2.1.3.9 Sinuosidade do curso d'água	41
2.1.3.10 Relação do equivalente vetorial	42
2.1.3.11 Coeficiente de manutenção dos canais.....	42
2.1.3.12 Densidade hidrográfica	43
2.1.3.13 Relação da área e comprimento do canal.....	44
2.1.4 Características do relevo da bacia.....	45
2.1.4.1 Declividade da bacia	46
2.1.4.2 Declividade média das vertentes.....	47
2.1.4.3 Relação de relevo	47
2.1.4.4 Número de rugosidade	48
2.1.4.5 Curva hipsométrica	49
2.1.4.6 Declividade de álveo.....	53

2.1.4.7 Retângulo equivalente.....	56
2.1.4.8 Modelo digital do terreno.....	57
2.2 POLUIÇÃO PROVENIENTE DE ESTABELECIMENTOS REVENDADORES DE COMBUSTÍVEIS	57
2.2.1 Fontes de poluição nos cursos d'água	59
2.2.2 Despejos de produtos de petróleo	60
2.2.3 “Indústria” dos óleos usados.....	61
2.2.4 Conseqüência da presença de óleo nas águas.....	64
2.2.5 Poluição oriunda dos postos de combustíveis.....	65
2.2.5.1 Contaminação de águas superficiais e solo.....	65
2.2.5.2 Contaminação de águas subterrâneas e riscos de explosões	67
2.2.6 Formas de controle de poluição nos postos de combustíveis.....	69
2.2.6.1 Válvula retentora de vapor.....	69
2.2.6.2 Caixas separadoras.....	70
2.2.6.2.1 Vasos separadores gravitacionais.....	74
2.2.6.3 Tanques subterrâneos.....	75
2.2.6.4 Poço de monitoramento	77
2.2.6.5 Canaletas	77
2.2.6.6 Piso em concreto	79
2.2.7 O problema dos óleos emulsionados nos despejos	79
2.2.8 Licenciamento ambiental dos postos.....	80
2.2.9 Objetivos do licenciamento	84
2.2.10 Autorização da instalação de postos de combustíveis.....	87
2.2.11 Lavagem e troca de óleo	87
2.2.12 Descarte de frascos plásticos	88
3 ÁREA DE ESTUDO	89
4 MATERIAL E MÉTODOS	94
4.1 DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DA CIDADE	94

4.1.1 Área de drenagem e tempo de concentração	94
4.1.2 Forma da bacia.....	95
4.1.3 Sistema de drenagem	95
4.1.4 Características do relevo	101
4.2 METODOLOGIA APLICADA AOS POSTOS E DISTRIBUIDORAS DE COMBUSTÍVEIS	106
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	107
5.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	107
5.1.1 Área de drenagem e tempo de concentração	107
5.1.2 Forma da bacia.....	108
5.1.3 Sistema de drenagem	110
5.1.4 Características do relevo	127
5.2 POSTOS DE COMBUSTÍVEIS.....	155
5.2.1 Localização dos postos de combustíveis.....	155
5.2.2 Distribuição por bacia hidrográfica.....	155
5.2.3 Unidades de tratamento dos postos de combustíveis	161
5.2.4 Equipamentos e sistemas de controle presentes nos postos de combustíveis	172
5.2.5 Material dos tanques subterrâneos	176
5.2.6 Piso da área de abastecimentos dos postos	182
5.2.7 Análises físico-químicas de efluentes.....	186
5.2.8 Análises físico-químicas e medidas de vazão no ribeirão Morangueira	188
5.2.9 Destino final do óleo lubrificante usado.....	189
5.2.10 Destino final dos resíduos sólidos	191
5.2.10.1 Material têxtil contaminado com óleo	191
5.2.10.2 Areia e lodo das caixas separadoras.....	193
5.2.10.3 Embalagens e filtros de óleo lubrificantes	195
6 CONCLUSÕES	198
REFERÊNCIAS.....	204
APÊNDICES	212
ANEXOS.....	230

1 INTRODUÇÃO

Os despejos dos postos de combustíveis são uma das principais causas de poluição de córregos e corpos d'água, por serem geradores constantes de óleos e graxas, provenientes de águas de lavagem, e combustíveis que vazam das bombas ou mesmo dos tanques enterrados. Quando ligados à rede de esgotos podem ter seus efeitos poluidores diminuídos pelo tratamento dispensado pela estação, embora as estações tenham valores máximos permitidos para o lançamento de óleos e graxas em seu sistema. Quando ligados diretamente às galerias de águas pluviais, como ocorre em alguns casos, o problema pode ser pior, já que a água poluída segue diretamente para o sistema de drenagem natural. No caso do vazamento de tanques enterrados o problema é ainda mais grave, pois nesse caso há infiltração no solo e conseqüente poluição dos aquíferos, cuja recuperação é muito mais lenta que a das águas superficiais, além de poder provocar a própria contaminação das mesmas.

Apesar de a poluição de córregos por óleos e graxas ser um problema antigo, ele foi pouco estudado até hoje, dada a quase inexistência de trabalhos sobre este assunto. Além disso, a frequência com que esse problema ocorre é muito grande, uma vez que acompanhamos por meio de divulgação da imprensa fatos que denunciam a ocorrência de contaminação de córregos por óleos, graxas e produtos de limpeza, que são potenciais poluidores.

Uma vez que os problemas de poluição hídrica se concentram na bacia hidrográfica, fez-se um levantamento da distribuição dos postos nas cinco bacias que fazem parte do perímetro urbano da cidade de Maringá, localizada na região noroeste do Estado do Paraná, a fim de se constatar as mais afetadas pela ocorrência de postos de comercialização e/ou armazenamento de combustíveis.

Para isso foi realizado um estudo completo das características físicas das referidas bacias hidrográficas, e utilizados alguns parâmetros para analisar as suas relações com o potencial poluidor da bacia.

Aliado a isto, verificou-se o tipo de tratamento dos efluentes dos postos de combustíveis, distribuidoras e postos particulares da cidade de Maringá. Por meio desse levantamento verificou-se se os mesmos apresentavam canaletas para o pátio, caixas retentoras de barro e lama, caixa separadora de água e óleo, ligação à rede de esgoto, ou às galerias de águas pluviais, fossas sépticas e sumidouros, entre outros dispositivos.

Foram realizadas algumas análises de qualidade da água do ribeirão Morangueira, uma vez que se trata de um dos sub-afluentes do rio Pirapó, que abastece o município de Maringá.

No IAP – Instituto Ambiental do Paraná, sede de Maringá, realizou-se a avaliação dos processos de licenciamento dos postos e sistemas retalhistas de combustíveis. Catalogou-se a situação de cada um deles e realizou-se a análise estatística dos processos. Por meio desse levantamento, foi possível, entre outros fatores, determinar os equipamentos e sistemas de controle existentes nos postos e o destino final dos resíduos gerados.

Todos os postos foram localizados no mapa do município, por meio do Sistema de Processamento de Imagens Geocodificadas - *Spring*, criando um banco de dados, a fim de se disponibilizar a outras pesquisas e aos órgãos competentes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica abrange dois aspectos objetivos deste trabalho: análise das características físicas da bacia hidrográfica como unidade de estudo dos processos ambientais e antrópicos, e estudo dos postos de combustíveis como seus potenciais poluidores. Apesar das diversas fases do ciclo hidrológico não serem conciliadas na obtenção e análise dos resultados deste trabalho, o que aumentaria sua complexidade, apresenta-se inicialmente a bacia como elemento de análise deste ciclo.

2.1 A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ESTUDO DOS PROCESSOS AMBIENTAIS E ANTRÓPICOS: SUA CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

A bacia hidrográfica é o elemento fundamental de análise no ciclo hidrológico, principalmente na sua fase terrestre, que engloba a infiltração e o escoamento superficial. Ela pode ser definida como uma área limitada por um divisor de águas, que a separa das bacias adjacentes e que serve de captação natural da água de precipitação por meio de superfícies vertentes. Por meio de uma rede de drenagem, formada por cursos d'água, faz convergir os escoamentos para a seção de exutório, seu único ponto de saída (LINSLEY; FRANZINI, 1978; SILVEIRA, 1997). A quantidade de água que atinge os cursos d'água depende do tamanho da área ocupada pela bacia, da precipitação total e de seu regime, e das perdas devido à evaporação, à transpiração e à infiltração (CHRISTOFOLETTI, 1974). O entendimento da distribuição das bacias de drenagem e os canais que as drena, também é de fundamental importância para a geomorfologia. A área de drenagem, por exemplo, serve como uma medida da descarga média de uma bacia, enquanto que sua relação com o canal principal dá uma noção de como a bacia foi moldada (DODDS; ROTHMAN, 1999).

De acordo com Cunha e Guerra (1996), o sistema de drenagem formada numa bacia hidrográfica, pode ser considerado um sistema aberto, onde ocorre entrada e saída de energia. Segundo Chorley, Schumm e Sugden (1985), a entrada de energia envolve energia térmica do sol, energia potencial e cinética da precipitação, energia potencial das atividades vulcânicas e tectônicas, e energia química do intemperismo. A saída se dá pela eliminação de água, sedimentos e materiais solúveis, resultando na manutenção ou transformação da superfície topográfica na busca do melhor ajuste. De acordo com Allen (1997), o transporte de sedimentos e materiais solúveis, que corresponde ao transporte fluvial de massa numa bacia de drenagem, geralmente é o fator dominante no balanço de massa da bacia, onde a maior

parte será obtida por meio do intemperismo. O total de materiais transportados pelo rio pode ser determinado de maneira satisfatória por meio da medição da concentração de materiais dissolvidos e suspensos nos rios. A Figura 01 esquematiza todo esse processo em uma bacia de drenagem, com seus fluxos de entrada e saída e transformação de energia.

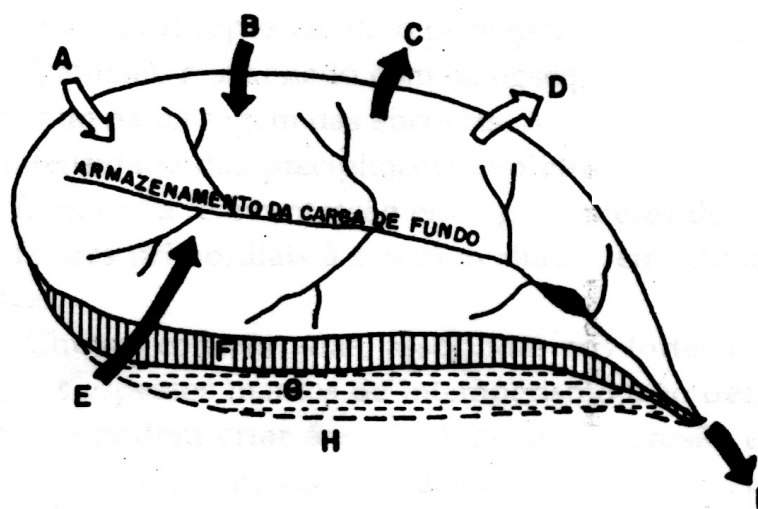


Figura 01. Bacia de drenagem, fluxos e transformações de energia. A – energia radiante, B – precipitação, C – evapotranspiração, D – energia latente, E – material intemperizado, F – armazenamento de umidade do solo, G – armazenamento de água subterrânea, H – material fonte, I – descarga transporte de sedimentos em suspensão, dissolvido e de fundo. (Fonte: Cunha e Guerra, 1996)

Conforme Cunha e Guerra (1996), as condições naturais e atividades humanas podem provocar alterações em todo o fluxo energético de saída e dependendo da escala e intensidade da mudança, os canais e tipos de leito podem ser alterados. A evolução do relevo também será desempenhada pela bacia hidrográfica visto que os rios são importantes modeladores da paisagem.

Dessa forma, o caráter da rede de drenagem é importante porque pode ser usada para interpretar condições geológicas responsáveis por certos padrões e, além disso, a textura desses padrões é controlada e também tem influência no papel hidrológico da bacia de drenagem (CHORLEY; SCHUMM; SUGDEN, 1985).

Segundo Silveira (1997), o papel hidrológico da bacia hidrográfica seria o de transformar uma entrada de volume concentrada no tempo (precipitação), em uma saída de água (escoamento) de forma mais distribuída no tempo. Esse papel hidrológico vai ser grandemente influenciado pelas características físicas das bacias que compreendem a sua área de drenagem, forma, sistema de drenagem e características do relevo. Para Villela e Mattos (1975), existe uma grande correspondência entre as características físicas e o regime

hidrológico pois, por meio de relações e comparações entre esses dois elementos, pode-se determinar indiretamente valores hidrológicos em regiões onde esses dados são escassos. Além disso, com informações de características físicas pode-se inferir condições sobre formações geológicas, perdas de sedimentos entre outras características relacionadas à geomorfologia e ao solo da região.

As características físicas são importantes, por exemplo, para determinação da precipitação média em uma bacia, que faz parte da fase atmosférica do ciclo hidrológico, e varia em função da área e relevo da bacia (SOUZA PINTO et al., 1976).

Segundo Wisler e Brater (1964), em relação à intensidade, um fator importante é que ela varia inversamente com a área coberta pela chuva, ou seja, quanto maior for a bacia, menor será a intensidade da chuva que atingirá toda a área de uma só vez, e, portanto, menor será a vazão de inundação. De acordo com Tucci (1997), para bacias com área menor que 500 km², as precipitações convectivas de grande intensidade, pequena duração e distribuídas numa área pequena, podem provocar as grandes enchentes. Por outro lado, para as bacias maiores, as precipitações mais importantes são as frontais, que atingem grandes áreas com intensidade média.

Além disso, a quantidade precipitada depende diretamente das características do relevo da bacia, pois diferenças de altitude geram diferenças nos totais precipitados dentro de uma mesma bacia, afetando o comportamento do ciclo hidrológico, como um todo.

Outro elemento do ciclo hidrológico que é influenciado pela fisiografia da bacia hidrográfica é a evaporação, cujos fatores principais que afetam a sua taxa são: umidade relativa, temperatura, vento e radiação solar (SOUZA PINTO et al., 1976). Esses fatores, por sua vez, estão diretamente relacionados com o relevo da bacia. Por exemplo, grandes variações de altitude dentro da bacia são responsáveis também por diferenças significativas de temperaturas. Essas variações de temperatura exercem influência sobre as perdas de água que ocorrem sob a forma de evaporação e transpiração, afetando, conseqüentemente, o deflúvio médio (VILLELA; MATTOS, 1975).

O escoamento superficial gerado pelas vertentes, após a saturação superficial dos solos, provocada pela precipitação, faz parte da fase terrestre do ciclo hidrológico, assim como a infiltração. Ele é um dos elementos mais importantes no ciclo hidrológico, pois dele depende diretamente o fluxo de cheia de um rio, de grande impacto econômico e social. Ele é grandemente afetado pelas características físicas das bacias, tanto indireta, como diretamente. Indiretamente, ele é influenciado pelas variações de precipitação - fonte de todo o escoamento - que ocorrem devido ao relevo. Diretamente, as características físicas mais importantes que

afetam o escoamento são: a área de drenagem, forma, rede de drenagem e a declividade da bacia.

A área de drenagem tem influência direta no volume escoado, pois quanto maior a área, maior o volume, conseqüentemente, maior poderá ser o pico de enchente esperado. A forma é importante devido ao tempo de concentração, definido como o tempo, a partir do início da precipitação, necessário para que toda a bacia contribua na seção em estudo (VILLELA; MATTOS, 1975). Quanto mais longa e estreita uma bacia, menor a possibilidade de uma precipitação intensa atingir toda a área simultaneamente, portanto, maior o tempo de concentração, assim, a tendência para enchentes é menor.

Com relação à rede de drenagem, conforme destaca Wisler e Brater (1964), ela é importante para o escoamento superficial por dois motivos. Se a bacia é bem drenada, a extensão do escoamento de saída é curta, o escoamento superficial concentra-se rapidamente, os picos de inundação são altos, e provavelmente o fluxo mínimo é baixo. Assim quanto mais eficiente for a drenagem, mais rápida é a vazão do curso d'água, e vice-versa. Outro motivo destacado pelos autores é que a disposição da rede de drenagem fornece indicações da natureza do solo e das condições superficiais que existem na bacia hidrográfica, que, por sua vez, afetam a infiltração e o escoamento. Além disso, segundo Costa-Cabral e Burges (1997), a morfologia da rede de drenagem pode refletir movimentos tectônicos regionais e estruturas geológicas locais, onde há a prevalência dos processos de erosão, que por sua vez, afetam processos hidrológicos e fluxos.

A declividade dos terrenos de uma bacia é um dos fatores principais que controlam o tempo de duração do escoamento superficial e de concentração da precipitação nos leitos do curso d'água (WISLER; BRATER, 1964). Segundo Villela e Mattos (1975), a magnitude dos picos de enchente e a maior ou menor oportunidade de infiltração e susceptibilidade para erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia.

Além das características físicas das bacias, outros fatores importantes para o escoamento superficial são: a) a classe de solo, a dimensão e textura dos grãos, união, estrutura e arranjo das partículas, que afeta a sua taxa de infiltração, e, por conseguinte, o escoamento; b) e a sua cobertura, que afetará diretamente a velocidade e volume do escoamento superficial. Para as bacias urbanas esse fator é muito importante. O alto grau de impermeabilização que as mesmas estão submetidas provoca o aumento vertiginoso do escoamento superficial e, conseqüentemente, dos picos de enchente. Além disso, sem

encontrar as barreiras naturais impostas pela vegetação, a sua velocidade também aumenta, provocando erosão nas vertentes e no leito dos rios.

Para a obtenção do escoamento superficial existem alguns métodos de cálculo que são dependentes das características físicas das bacias hidrográficas, tanto diretamente quanto indiretamente. Pode-se obter a parcela do escoamento superficial, também chamado de chuva efetiva, por meio do hidrograma, que seria a representação gráfica da variação da vazão em relação ao tempo. O hidrograma é fortemente influenciado pela fisiografia da bacia. Por exemplo, bacias alongadas apresentam vazão mais distribuída no tempo, com maior tempo de concentração. O mesmo vai ocorrer para as bacias maiores.

Em relação ao potencial poluidor de uma bacia, os fatores fisiográficos mais importantes serão: a) a ordem dos canais, cuja maior ou menor ramificação e magnitude é importante na extensão da rede de drenagem atingida; b) declividade, que determinará o tempo com que o poluente de uma determinada fonte chegue ao corpo d'água e sua taxa de infiltração no solo; c) a densidade de drenagem que tem influência direta na distância que determinado poluente pode ter até o curso d'água; e, principalmente, d) o coeficiente de manutenção dos canais, índice que permite quantificar o número de unidades poluidoras por quilômetro de canal. Todos esses fatores, porém, dependem da localização das fontes poluidoras. No caso dos postos de combustíveis, caracterizados como fontes pontuais de poluição, a localização ao longo das bacias é importante para se determinar o grau de comprometimento dos canais, haja vista que uma concentração maior nas cabeceiras, resulta no comprometimento de toda a rede de drenagem. Além disso, a vazão do curso d'água e das fontes poluidoras torna-se extremamente importante para se definir o nível de comprometimento de um curso d'água qualquer e sua possível diluição.

Para o estudo da fisiografia das bacias de drenagem, a análise pode ser feita respeitando-se quatro características principais: área de drenagem e tempo de concentração, forma da bacia, sistema de drenagem e características do relevo.

2.1.1 Área de drenagem e tempo de concentração

De acordo com Villela e Mattos (1975), a *área de drenagem* de uma bacia hidrográfica pode ser definida como a área plana (projeção horizontal) delimitada pelos seus divisores topográficos. É o elemento básico para o cálculo das outras características físicas e, por isso, segundo Gregory e Walling (1985), deve ser delimitada da maneira mais precisa possível. Normalmente é expressa em km² ou hectares. Strahler (1964) define a área da bacia

de uma dada ordem u como o somatório das áreas de contribuição de todos os canais de ordem inferior (1, 2, ..., $u-1$), mais as áreas adicionais, conhecido como a área entre bacias, que contribui diretamente para o canal de ordem maior que um, projetada sobre uma superfície horizontal plana. Segundo Silveira (1997), a área da bacia é fundamental para definir a potencialidade hídrica da mesma, pois seu valor multiplicado pela lâmina da chuva precipitada define o volume de água recebido pela bacia. Além disso, a área tem grande importância na resposta hidrológica de uma bacia, pois, desconsiderados os outros fatores, quanto maior a área, maior o tempo de concentração, portanto, menos pronunciados serão os picos de enchentes.

Existem controversas quanto à classificação das áreas das bacias hidrográficas. Segundo Porto et al. (1997), os critérios mais comuns consideram como *bacias pequenas* aquelas com área inferior a 2,5 km² ou tempo de concentração menor que 1 hora, *bacias médias*, com área variando de 2,5 km² a 1000 km² ou tempo de concentração entre 1 e 12 horas e *bacias grande* aquelas com área superior a 1000 km² ou tempo de concentração superior a 12 horas. Para Wisler e Brater (1964), *bacias pequenas* são as que possuem área inferior a 10 milhas quadradas (26 km²) e *bacias grandes* com área superior a esse valor.

O tempo de concentração pode ser definido como o tempo necessário para que a água precipitada no ponto mais distante da bacia, desloque-se até a seção principal (TUCCI, 1997). Segundo Porto et al. (1997) existem diversas equações que estimam o tempo de concentração em função das características da bacia, como área, declividade, comprimento do talvegue; rugosidade de superfície; e eventualmente intensidade de chuva. Segundo os autores, essas equações originam-se de estudos experimentais de campo (na maioria bacias rurais) ou de laboratório e, portanto, devem ser aplicadas em condições próximas àquelas para as quais foram determinadas.

Uma dessas equações é a fórmula de California Culverts Practice, desenvolvida em 1942. Essa equação utiliza o comprimento do talvegue e diferença de altitude entre o exutório e o ponto mais a montante da bacia. Foi desenvolvida em bacias muito pequenas de até 0,5 km², fato que sugere que os parâmetros devam representar o escoamento em superfícies. Quando o comprimento do talvegue é superior a 10 km, a fórmula parece subestimar o tempo de concentração (PORTO, 1995).

Uma outra equação, desenvolvida em bacias médias, com área entre 140 a 930 km², utiliza, além do comprimento do talvegue e diferença de altitude, a área da bacia. Ela foi desenvolvida por Dooge em 1956, e seus parâmetros refletem o comportamento de bacias médias e escoamento predominante em canais (PORTO, 1995).

Em relação ao potencial poluidor, quanto maior a área da bacia, maior a probabilidade de um número mais elevado de fontes poluidoras, portanto, maior seria a poluição dessa bacia. Porém, a área não é um bom indicativo para se avaliar o potencial poluidor, pois se aumentando a área, provavelmente aumentar-se-á a vazão a extensão dos canais, e a ordem diminuindo assim as conseqüências dessa poluição. Considerando o tempo de concentração, quanto maior o seu valor, maior o tempo em que o poluente, juntamente com a água da chuva, demora para atingir a seção de exutório.

2.1.2 Forma da bacia

A principal influência da forma da bacia é sobre a proporção de água que é fornecida ao rio principal, da nascente à foz, fato esse que serve de base importante à utilização econômica do curso d'água, como também para seu perfil e dimensões de seu canal (WISLER; BRATER, 1964). A forma afeta o tempo de concentração da bacia e por conseqüência as vazões de pico. De acordo com Gregory e Walling (1985), a forma pode ser significativamente influenciada por outras características da bacia como a geologia. Normalmente as bacias tendem a ter o formato de pêra, mas variáveis geológicas podem resultar em grandes derivações dessa forma (LINSLEY; KOHLER; PAULHUS, 1975). Para as bacias geográficas maiores, as principais estruturas geológicas, dobras e cadeias de montanhas serão os fatores preponderantes da posição das linhas divisórias de água das nascentes, enquanto que os limites laterais podem ser determinados pelas estruturas geológicas ou erosão. Para as bacias menores, normalmente a erosão é o fator primordial (WISLER; BRATER, 1964). Horton (1941) considerou o formato de pêra da bacia como prova de que as bacias são formadas principalmente por fortes processos de erosão agindo sob uma superfície inicialmente inclinada.

Como a forma da bacia afeta sua vazão de pico e, conseqüentemente, sua maior ou menor probabilidade de enchentes, dependendo do menor ou maior tempo de concentração, respectivamente, no caso de os córregos estiverem poluídos, há o risco de contaminação do solo ao longo das margens dos rios, por ocasião de uma cheia. Por outro lado, quando tal fenômeno ocorre, pode haver diluição dessa poluição exatamente por causa do grande aumento da vazão. Especificamente, no caso dos postos de combustíveis, como os principais fatores contaminantes são os óleos e graxas, imiscíveis em água, o aumento de vazão não terá grande influência na diluição desses elementos. Sendo assim, no caso de uma enchente, o risco de contaminação das margens e áreas adjacentes aos canais é grande.

2.1.2.1 Índices de forma

Os índices mais comumente usados para determinar a forma da bacia são o *coeficiente de compacidade*, também chamado *índice de Gravelius* (k_c), e o *fator de forma* (k_f).

O *coeficiente de compacidade* (k_c) é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência do círculo, cuja área é igual à da área de drenagem da bacia. Este índice, portanto, compara a bacia a um círculo. Quanto mais próxima da unidade, mais circular será a bacia, assim, se os outros fatores forem iguais, a tendência a enchentes será maior (VILLELA; MATTOS, 1975), pois maior será a possibilidade de toda a área estar contribuindo de uma só vez.

O *fator de forma* (k_f) é a relação entre a largura média e o comprimento do eixo (ou axial) da bacia. Esse comprimento é medido da foz ao ponto mais distante da bacia, seguindo-se o curso d'água principal. Devido ao fato de o canal principal poder ser muito sinuoso e não apresentar orientação retilínea, alguns autores consideram como mais adequado medir o comprimento do eixo como uma linha reta entre a foz e o ponto mais distante no perímetro da bacia. Porém para esse trabalho foi adotado o comprimento seguindo-se o curso d'água principal. Obtêm-se a largura média dividindo-se a área pelo comprimento do eixo. Este índice compara a bacia a um retângulo. Para bacias com saídas laterais, com largura maior que o comprimento, este valor pode ser superior a unidade. O fator de forma também dá alguma indicação sobre a tendência a inundações, pois uma bacia com fator de forma baixo, há possibilidade menor de uma chuva intensa cobrir toda a sua extensão do que numa bacia com mesma área e fator de forma maior (WISLER; BRATER, 1964). Nesse sentido, segundo Villela e Mattos (1975), em tal bacia a contribuição dos afluentes atinge o rio principal em vários pontos, afastando da condição ideal da bacia circular, onde a concentração do deflúvio ocorre num só ponto. Já para Linsley, Kohler e Paulhus (1975), este índice não implica na suposição de nenhum formato em especial para a bacia. Segundo os autores, para o círculo o fator de forma seria igual a 0,79, para o quadrado com a seção de exutório na metade de um lado, o fator de forma seria igual a 1 e para o quadrado com a seção de exutório no canto o fator de forma seria igual a 0,5. Além disso, de acordo com os autores, valores com outras formas geométricas são facilmente calculados.

Miller (1953) utilizou um outro índice para definir a forma da bacia que ele chamou de *relação de circularidade* (R_c), definido como a razão entre a área da bacia e a área de um círculo de mesmo perímetro da bacia, portanto um índice equivalente ao coeficiente de compacidade. Quanto mais próximo de 1,0 esse valor, mais próxima da forma circular estará a

bacia. De acordo com Alves e Castro (2003), valores de R_c iguais a 0,51, indicam bacias com escoamento moderado e pequena probabilidade de enchentes rápidas, valores maiores a 0,51 indicam bacias circulares favorecendo os processos de inundação e bacias com valores menores que 0,51 indicam bacias mais alongadas favorecendo o processo de escoamento. Miller encontrou valores bastante uniformes entre 0,6 e 0,7 para bacias de primeira e segunda ordens em materiais dolomíticos homogêneos, indicando a tendência de que pequenas bacias em materiais geológicos homogêneos apresentam similaridade geométrica. Por outro lado, bacias de primeira e segunda ordens situadas nos flancos de quartzito de moderada inclinação em Clinch Mountain, Virgínia, Estados Unidos, apresentaram-se bastante alongadas com relações de circularidade entre 0,4 e 0,5.

Schumm (1956) utilizou um índice chamado *relação de enlongamento* (R_e), definido como a razão entre o diâmetro de um círculo de mesma área da bacia e o comprimento máximo da mesma. O comprimento máximo da bacia, segundo a concepção de Schumm, é a distância em linha reta entre a foz e a cabeceira mais distante da bacia. Para as mais variadas condições climáticas e geológicas, ele encontrou valores variando de 0,6 a 1,0. Valores próximos a 1 são, segundo o autor, típicos de regiões planas, ao passo que valores entre 0,6 a 0,8 são geralmente associadas a regiões montanhosas com altas declividades.

2.1.3 Sistema de drenagem

O sistema de drenagem de uma bacia é constituído pelo canal principal e seus afluentes ou tributários. Segundo Costa, Grinfeld e Wattis (2002), na década de 1940, as tentativas dos geólogos de quantificar as descrições morfológicas num sistema de drenagem levaram a introdução de parâmetros com a função de refletir, de maneira quantitativa, as noções de canal principal e afluentes numa bacia hidrográfica. Esse trabalho começou com Robert E. Horton, que em 1945, foi quem primeiro introduziu o conceito de ordem de canal e as regras para determinar as ordens de todos os canais de uma rede de drenagem. Arthur N. Strahler, em 1952, fez uma pequena modificação no sistema de Horton, com a análise passando a ser puramente topológica, referindo-se apenas as interconexões, não importando comprimentos, formas ou orientações das ligações.

Segundo Argento e Cruz (1996, p. 271), “a ordem oferece maior significado hidrológico do que a toponímia que acompanha o canal na carta”, pois segundo os autores, num mesmo tipo de ambiente e numa mesma escala, um rio de primeira ordem terá sempre

menor volume que um rio de segunda ordem, menor vazão recebida, menor número de tributários (ausente para o rio de primeira ordem), e assim por diante.

De acordo com Dodds e Rothman (1999), o ordenamento dos canais se constitui numa ferramenta básica na análise dos sistemas de drenagem, pois fornece níveis de significância aos canais de uma bacia. O ordenamento permite comparações lógicas entre diferentes partes de uma rede de drenagem e fornece uma linguagem básica para a descrição da estrutura de drenagem. Segundo Gregory e Walling (1986), o objetivo do ordenamento dos canais não é somente indexar tamanho e escala, mas também fornecer um índice aproximado para volume de água que pode ser produzida para uma rede de drenagem em particular.

Todavia, tanto a classificação de Horton como a de Strahler, são, segundo Christofolletti (1974), mais significativas para um sistema fluvial regular, com rede fluvial composta por confluências de rios de mesma ordem. Porém, na natureza, as redes fluviais são geralmente mais complexas com a existência de muitos canais de ordens inferiores. Outro problema, conforme Gregory e Walling (1986) é que pequenas modificações na rede de drenagem podem levar a mudanças na ordem do canal principal. Diante disso, houve o aparecimento de outras classificações, onde a existência desses canais é levada em conta na determinação da ordem do rio principal, como a classificação de Scheidegger, proposta em 1965, e a classificação de Shreve, proposta em 1966, que introduziu o conceito de magnitude, ou seja, a quantidade de canais de primeira ordem que contribuem para a alimentação da bacia (CHRISTOFOLLETTI, 1974).

Segundo Strahler (1964), a utilidade do ordenamento de canais depende da premissa de que na média, se um modelo suficientemente grande for tratado, a ordem dos canais é diretamente proporcional ao tamanho da bacia, às dimensões do canal e à sua vazão, ou seja, quanto mais volumoso e maior o curso d'água, maior o número de ramificações e conseqüentemente maior a sua ordem. Pelo fato de ser um valor adimensional, dois canais de dimensões em escala linear totalmente diferentes podem ser comparados geometricamente por meio do ordenamento. Ainda de acordo com o autor, parece óbvio que o número de canais de dada ordem será menor que da ordem imediatamente inferior e maior do que da ordem superior.

Quanto ao efeito poluidor, o comprometimento poderá ser maior quanto menor a ordem da bacia, pois nesse caso haverá um número menor de canais e, portanto, maior a possibilidade de toda a rede à jusante da fonte poluidora ser comprometida. Nesse sentido as classificações de Scheidegger e Shreve são de mais utilidade, pois permitem verificar com precisão a magnitude da rede de drenagem, assim, quanto menor a magnitude maior a

possibilidade de toda a rede ser atingida. Além disso, a tendência é que a vazão do rio principal, próximo à desembocadura seja menor devido ao menor número de canais contribuintes, aumentando, dessa forma, as consequências nocivas da poluição. O ordenamento dos canais pode ser exemplificado de acordo com a Figura 02.

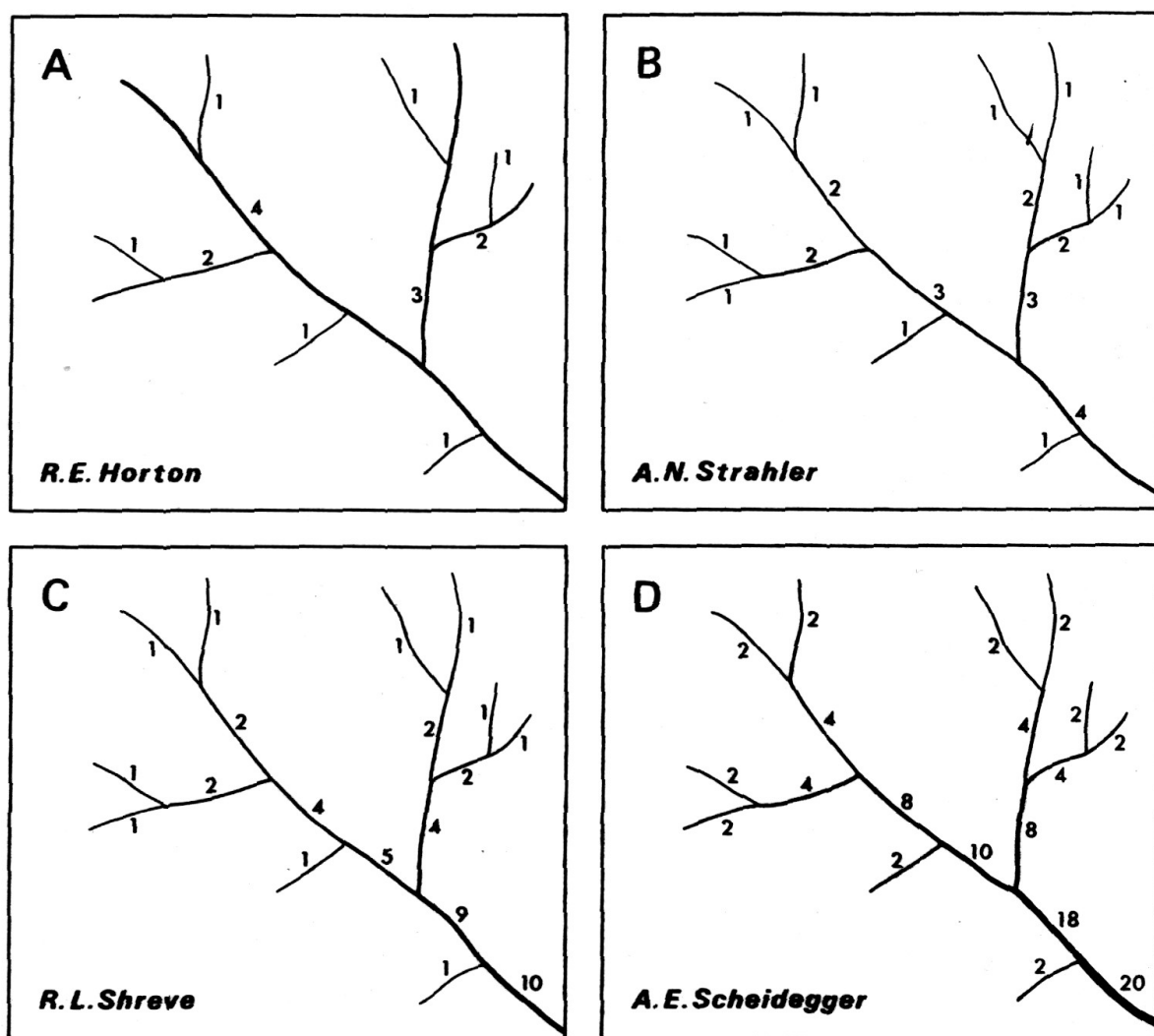


Figura 02. Métodos para o ordenamento de canais (Fonte: Gregory e Walling, 1985)

Baseado no ordenamento dos canais, diversos índices foram propostos para se avaliar o sistema de drenagem de uma bacia. Horton, em 1945, entre diversos outros índices, propôs o emprego das seguintes relações empíricas: relação de bifurcação (R_B), relação dos comprimentos (R_L) e relação entre o índice dos comprimentos e o índice de bifurcação (R_{LB}).

2.1.3.1 Relação de bifurcação

A *relação de bifurcação* ou *índice de bifurcação* (R_B) é a relação entre o número de canais de dada ordem, pelo número de canais de ordem imediatamente superior. Segundo Strahler (1964), a relação de bifurcação não é exatamente a mesma de uma ordem a outra, por causa das variações na geometria da bacia, mas tende a ser constante. Essa observação é baseada na *lei do número de canais* de Horton (1945), que diz que o “número de canais de cada ordem (N_u) forma uma série geométrica inversa com o número de ordem (u), onde o primeiro termo é a unidade de primeira ordem, e a razão a relação de bifurcação (R_B)”. Matematicamente, essa lei pode ser escrita como: $N_u = R_B^{U-u}$, onde U corresponde à ordem da bacia. Portanto, de acordo com essa lei, o número de canais tende a diminuir à uma razão constante de uma ordem a outra. Assim, uma rede de drenagem de ordem U é composta de R_B sub-redes de ordem $U-1$, mais o canal principal de ordem U (TABOTON, 1996). Segundo Christofolletti (1974), a lei do número de canais não considera nenhuma mensuração e pode ser aplicada com a mesma exatidão tanto para as bacias ordenadas de acordo com o sistema de Horton ou Strahler.

Segundo Strahler (1964), a relação de bifurcação varia normalmente entre 3,0 e 5,0 para bacias cujas estruturas geológicas não afetam o sistema de drenagem. Já segundo Linsley, Kohler e Paulhus (1975), ela varia entre 2,0 e 4,0 com valor médio próximo a 3,5. Pelo fato de a relação de bifurcação ser adimensional e os sistemas de drenagem em materiais homogêneos tenderem a apresentarem similaridade geométrica, ela acaba variando pouco de região para região. Valores extremamente altos deste índice podem ser esperados em regiões de vales rochosos escarpados e vão sugerir bacias alongadas com hidrogramas apresentando o mesmo formato (STRAHLER, 1964). Essas regiões geralmente apresentam numerosos tributários de pequena extensão, enquanto nas regiões planas de solo profundo e permeável, somente os tributários relativamente longos permanecem (WISLER; BRATER, 1964).

Considerando a possibilidade de poluição das bacias e tomando uma distribuição homogênea das fontes poluidoras na área, quanto maior a relação de bifurcação, menor a possibilidade de toda a rede de drenagem ser atingida, pois maior a tendência da bacia apresentar grau de ramificação maior, ou seja, maior número de canais. Além disso, no caso de haver concentração de fontes poluidoras em uma das sub-bacias, haverá número maior de sub-bacias que serão preservadas, exatamente devido ao índice elevado de relação de bifurcação.

Como consequência da lei do número de canais, Horton (1945), mostrou que o número total de cursos d'água de todas as ordens numa rede de drenagem pode ser estimado pela relação de bifurcação. Considerando o potencial poluidor esse número será importante ao se analisar bacias de mesma ordem, uma vez que quanto maior o número de canais, menor a possibilidade de que toda a rede seja atingida por uma fonte poluidora, e maior a possibilidade de preservação de sub-bacias, no caso de haver concentração de unidades poluidoras.

2.1.3.2 Relação dos comprimentos

A *relação dos comprimentos* ou *índice dos comprimentos* (R_L) corresponde à relação entre a média dos comprimentos dos rios de determinada ordem, pela média dos comprimentos dos rios de ordem imediatamente inferior (SILVEIRA, 1997). De acordo com Bras (1990), resultados empíricos indicaram variação desse valor de 1,5 a 3,5 para as bacias naturais, o que vai de encontro ao destacado por Strahler (1964), que diz que o comprimento médio dos canais de uma dada ordem tende a ser maior que o da ordem imediatamente inferior. Segundo Horton (1945), a relação dos comprimentos tende a ser constante ao longo das sucessivas ordens de uma bacia. Baseado nisso ele formulou a *lei dos comprimentos dos canais*, que afirma que “os comprimentos médios dos canais de cada uma das sucessivas ordens de uma bacia (L_u) tendem a aumentar aproximadamente segundo uma progressão geométrica, cujo primeiro termo é o comprimento médio dos canais de primeira ordem (L_1), e a razão é a relação entre os comprimentos médios (R_L)”.

Segundo Strahler (1964), uma verificação das leis de Horton para os números de canais e para os comprimentos médios dá suporte a teoria de que a similaridade geométrica é preservada com o aumento da ordem dos canais, ou seja, uma bacia de terceira ordem tende a ser geometricamente similar às bacias de segunda ordem que estão dentro dela, que, por sua vez, tendem a ser geometricamente similares às bacias de primeira ordem no seu interior. No entanto, segundo estudos de Hack (1957), para bacias de até 4 ordens e área de até cerca de 260 km², essa similaridade não se verifica, uma vez que as bacias tendem a ficar mais longas e estreitas, conforme aumentam de tamanho.

Um número elevado de relação dos comprimentos significa que o comprimento médio dos rios de determinada ordem é bem superior ao comprimento médio dos rios da ordem inferior. Um comprimento médio elevado significa que os canais normalmente apresentam grande extensão e são em pequeno número. O potencial poluidor, no caso, será maior, uma vez que a rede será menos ramificada. Por outro lado, uma relação dos comprimentos alta

pode ser resultado também do comprimento médio da ordem inferior bastante reduzindo, ou seja, grande número de canais para essa ordem, o que trará efeito oposto para o potencial poluidor, para essa ordem em específico. Valores extremamente altos desse índice, significa que o comprimento médio de dada ordem será muito elevado e, ao mesmo tempo, o comprimento médio da ordem inferior será muito baixo. Assim, é provável que se tenha grande número de canais para uma ordem e número reduzindo para a ordem imediatamente superior, com a bacia tendendo a ser alongada com a presença de várias sub-bacias de ordens menores.

2.1.3.3 Relação entre o índice dos comprimentos e o índice de bifurcação

Segundo Christofletti (1974), a *relação entre o índice dos comprimentos e o índice de bifurcação*, índice também desenvolvido por Horton, é um fator importante na relação entre a rede de drenagem e o desenvolvimento fisiográfico das bacias hidrográficas, pois, de acordo com o autor, se o índice dos comprimentos e o índice de bifurcação forem iguais, o tamanho médio dos canais aumentará ou diminuirá na mesma proporção. Se não forem iguais, o que é mais normal ocorrer, o tamanho dos canais poderá diminuir – se R_{LB} for menor que 1,0 - ou aumentar – se R_{LB} for maior que 1,0 - de forma progressiva com a elevação de suas ordens, pois são os fatores hidrológicos, morfológicos e geológicos que determinam o último grau do desenvolvimento da drenagem em determinada bacia.

O índice de bifurcação e o índice de comprimentos também pode ser combinados para se determinar o comprimento total de todos os canais de uma bacia hidrográfica. Horton (1945), verificou que a relação de bifurcação e a relação dos comprimentos, junto com a área, ordem da bacia e comprimento médio dos canais de primeira ordem, determinam completamente a composição do sistema de drenagem e permitem estimar a densidade de drenagem e a frequência dos canais.

2.1.3.4 Relação das áreas

Schumm (1956), propôs uma equação equivalente à de Horton para relacionar as áreas contribuintes dos canais, que ficou conhecida como *relação das áreas* (R_A). Ela é obtida dividindo-se a média das áreas contribuintes dos canais de dada ordem pela média das áreas contribuintes dos canais de ordem imediatamente inferior considerando que a área de

drenagem de ordem maior abrangerá também a área de todos os seguimentos de ordens menores que lhe são subsidiários (CHRISTOFOLETTI, 1974).

De acordo com Bras (1990), resultados empíricos indicaram variação desse valor de 3,0 a 6,0 para as bacias naturais. Horton (1945), verificou que também as áreas médias de contribuição dos canais tendem a aumentar aproximadamente com a ordem segundo uma progressão geométrica, exatamente como ocorre com os comprimentos médios. Schumm (1956), expressou essa relação na forma da *lei de área de canais*, que diz que “em uma bacia hidrográfica determinada, a área média das bacias de drenagem dos canais de cada ordem ordena-se aproximadamente segundo uma série geométrica direta, na qual o primeiro termo é a área média das bacias de primeira ordem”. A relação das áreas indica que a área de drenagem é na média composta de R_B sub-áreas, diminuída por um fator de escala em unidade de comprimento $1/\sqrt{R_A}$ (TABOTON, 1996).

Dodds e Rothman (1999) descobriram que para redes de drenagem estruturalmente similares para as mais variadas escalas, ou seja, semelhança geométrica entre redes e sub-redes, e com densidade de drenagem uniforme ao longo de toda a rede, R_A será equivalente a R_B . Porém, a tendência é que o primeiro seja maior que o segundo, uma vez que, de acordo com Tarboton (1996), a área de drenagem de qualquer canal é maior que a soma da área de drenagem de seus tributários.

Horton (1945) interpretou as leis do número de canais, comprimento e área, como reveladoras que o ajustamento que ocorre refletem padrões organizados de conectividade dos canais ou topologia da rede de drenagem. Já Kirchener (1993) mostrou que essas leis são estatisticamente inevitáveis em virtualmente todas as redes possíveis e é profundamente indiferente a estrutura da rede de drenagem. Ele afirma que elas são consequência da hierarquia criada pelo ordenamento proposto por Strahler.

2.1.3.5 Relação dos tributários laterais

Segundo Tarboton (1996), as leis propostas por Horton para o sistema de drenagem são descrições estatísticas da similaridade geométrica de bacias e sub-bacias e só são válidas em termos médios. De acordo com Leopold, Wolman e Miller (1964), metade dos canais de uma dada ordem, entram diretamente em canais de dois ou mais ordens maiores. Os canais de primeira ordem desaguando diretamente nos canais de terceira ordem acabam induzindo a um desvio no índice médio de bifurcação, de forma que a média dos valores de N_1/N_2 nas sub-bacias, será menor que a média geral de N_1/N_2 . Esse desvio só pode ser evitado se os canais

desaguarem somente naqueles uma ordem superior, ou seja, uma confluência de dois canais de mesma ordem, formando um canal de ordem superior, o que é raro na natureza.

Baseado nisso, Tokunaga (1978), fornece uma descrição alternativa da ramificação da rede de drenagem que não sofre dessa deficiência. Ela também é baseada no ordenamento de Strahler. Considerando ${}_uE_p$ o número de seguimentos de ordem p desaguando num canal de ordem superior u lateralmente, Tokunaga sugere que ${}_uE_p = E_{u-p} = E_\ell$, onde $\ell = u-p$. E_ℓ , por sua vez, é um termo dependente de tal forma que: $K = E_\ell / E_{\ell-1}$; onde K é constante. A lei de Tokunaga será descrita, portanto, da seguinte maneira: $E_\ell = E_1 K^{\ell-1}$.

Os parâmetros E_1 e K são necessários para descrever a composição do sistema de drenagem, onde E_1 , corresponde ao número médio de tributários laterais de ordem $u-1$ para cada seguimento de ordem u e K descreve como o número desses tributários laterais aumenta para cada ordem, também na média (DODDS; ROTHMAN, 1999). Tokunaga (1978), fornece uma equação para se calcular o número de canais de ordem u dentro de uma bacia de ordem U , que segundo Bras (1990), resulta na *lei do número de canais*, de forma que quando plotados os logaritmos do número de canais pela ordem, resultará numa curva levemente côncava para o céu.

A caracterização de Tokunaga generaliza a relação de bifurcação de Horton, considerando-a como um caso especial. O apelo dessa caracterização é a similaridade estrutural. Sub-redes dentro de uma rede maior são estaticamente equivalentes, exceto por um fator de escala. Na caracterização de Tokunaga, a lei dos comprimentos dos canais e das áreas de Horton pode continuar inalterada.

Dodds e Rothman (1999), num estudo comparativo das leis de Horton para número e comprimento dos canais e a caracterização de Tokunaga, descobriram que elas são equivalentes ao se considerar a densidade de drenagem uniforme ao longo da rede de drenagem. Em seus estudos, eles verificaram que $R_L = K$. Segundo os autores, a importância das leis de Horton e Tokunaga na descrição da rede de drenagem é que elas fornecem explícitas informações estruturais, ao passo que outras medidas como a relação de comprimento e área de Hack, fornece pouca informação sobre como uma rede de drenagem se ajusta.

Os valores esperados de E_1 e K numa rede de drenagem topologicamente randômica e infinita são 1 e 2. Esses valores são baseados na observação de Shreve (1966) que diz que na falta de controle geológico, a disposição dos canais numa rede de drenagem será topologicamente randômica.

Além desses índices, propostos por Horton, Schumm e Tokunaga, outros índices referentes à rede de drenagem e que são utilizados na regionalização de vazões são empregados, como a densidade de drenagem (D_d) e densidade de confluências (D_c). A extensão média do escoamento superficial (ℓ), sinuosidade do curso d'água (Sin), relação do equivalente vetorial (Rev), coeficiente de manutenção dos canais (C), densidade hidrográfica (D_h) e relação da área e comprimento são também índices utilizados para se analisar a rede de drenagem de uma bacia hidrográfica.

2.1.3.6 Densidade de drenagem

A *densidade de drenagem* (D_d) corresponde ao comprimento médio de cursos d'água por unidade de área dentro da bacia (LINSLEY; KOHLER; PAULHUS, 1949), ou seja, ela é o resultado da relação entre o comprimento total dos cursos d'água pela área da bacia. Este índice também é devido a Horton, que o utilizou para caracterizar o grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem dentro de uma bacia (BRAS, 1990). A densidade de drenagem varia inversamente com a extensão do escoamento superficial (VILLELA; MATTOS, 1975), pois uma baixa densidade de drenagem significa uma maior superfície de contribuição, fazendo com que o deflúvio demore mais para atingir os rios (GARCEZ, 1974).

De acordo com Gregory e Walling (1985), a densidade de drenagem é uma característica topográfica de fundamental significância. Isso se deve ao fato de que é um parâmetro que pode de diversas maneiras fornecer a ligação entre a forma de uma bacia e os processos operando ao longo do canal. Devido à sua simplicidade, utilidade e fácil compreensão, é um parâmetro que tem sido largamente adotado. Conforme destacam Carson e Kirkby (1975), a densidade de drenagem tende a variar com o tempo. Segundo os autores, a densidade de drenagem e a configuração dos canais se ajustam ao longo do tempo inicialmente muito rápido, e então mais lentamente conforme ocorre o ajuste dos solos e relevo e praticamente cessa quando a paisagem atinge um equilíbrio dinâmico ou uma forma característica, embora a erosão continue.

Segundo Strahler (1964), a densidade de drenagem pode ser pensada como uma expressão da proximidade dos canais. Admite-se que a ela varie de 0,5 km/km² para bacias de drenagem pobre, a 3,5 km/km² ou mais para bacias excepcionalmente bem drenadas (VILLELA; MATTOS, 1975). Horton (1932) considerou a densidade de drenagem variando entre 0,93 e 1,24 km/km² para regiões bastante impermeáveis e de altas precipitações a próxima de zero em bacias permeáveis com altas taxas de infiltração. Já Langbein (1947)

sugeriu uma variação deste índice de 0,55 a 2,09 km/km² em regiões úmidas com valor médio de 1,03 km/km².

De acordo com Strahler (1964), foram feitas medições deste índice nos Estados Unidos nas mais variadas condições geológicas e climáticas. Os valores encontrados variaram de 3 a 4 mi/mi² (1,9 a 2,5 km/km²) em regiões de rochas resistentes. Regiões úmidas com rochas de resistência moderada e sob uma cobertura florestal decídua apresentaram valores entre 8 e 16 mi/mi² (5 e 10 km/km²) e regiões mais secas apresentaram valores que chegaram a 100 mi/mi² (62 km/km²). Smith (1958), registrou valores ainda maiores de densidade de drenagem em regiões áridas de argila mole, que chegaram a 400 mi/mi² (250 km/km²).

Segundo Linsley, Kohler e Paulhus (1975), densidade de drenagem alta reflete uma bacia altamente dissecada, que responde de maneira relativamente rápida a determinada quantidade de chuva, ou seja, apresenta baixo tempo de concentração, enquanto densidade de drenagem baixa reflete uma bacia de drenagem pobre com respostas hidrológicas lentas. Conforme os autores, densidades de drenagens baixas são observadas normalmente em solos mais resistentes à erosão ou muito permeável, onde o relevo é baixo e a cobertura vegetal é densa. De acordo com Pissarra, Politano e Ferraudo (2004), nos latossolos, onde o intemperismo é mais avançado, a superfície é desenvolvida sob condições de maior permeabilidade, resultando em drenagem menos dissecada, ou seja, menor densidade de drenagem. Segundo Christofolletti (1974), rochas de granulometria grossa tenderão a formar redes com baixa densidade.

Valores altos de densidade de drenagem podem ser esperados em bacias cujos solos são facilmente erodidos ou relativamente impermeáveis, as declividades são altas (relevo montanhoso) e as coberturas de vegetação são esparsas. Segundo Pissarra, Politano e Ferraudo (2004), nos locais onde a infiltração é dificultada, o escoamento superficial é maior, o que favorece a esculturação da rede de drenagem, como o escavamento vertical dos vales, resultando numa densidade de drenagem mais alta. Os argissolos apresentam essa característica. Christofolletti (1974), afirma que nas rochas clásticas de granulometria fina, há condições melhores para o escoamento superficial, gerando possibilidades para a formação de canais. Segundo o autor, o cálculo da densidade de drenagem é importante nas análises de bacias hidrográficas porque apresenta relação inversa com o comprimento dos rios, ou seja, conforme se aumenta o valor da densidade há diminuição quase proporcional do tamanho dos cursos d'água das bacias de drenagem.

Com relação ao potencial poluidor das bacias, naquelas de drenagem pobre, a distância que um elemento poluidor terá de percorrer para atingir o curso d'água será grande,

portanto os efeitos na rede, em média, demorarão mais a serem sentidos. Por outro lado, a possibilidade de que toda a rede de drenagem seja prejudicada é maior, uma vez que a rede tenderá a ser menos ramificada. Além disso, com uma distância maior de percurso, maior a possibilidade de infiltração no solo, considerando que essa poluição possa vir a ser levada por água da chuva, por exemplo, o que também pode resultar na contaminação dos lençóis freáticos. Outro fator importante, é que baixas densidades de drenagem irão refletir em vazões menores próxima à seção de exutório, aumentando as consequências negativas da poluição, em virtude da menor diluição do poluente.

2.1.3.7 Densidade de confluências

A *densidade de confluências* (D_c) é considerada uma forma mais simples de representar a densidade de drenagem de uma bacia, e é obtida dividindo-se o número de confluências ou bifurcações apresentadas pela rede de drenagem pela área da bacia (SILVEIRA, 1997). É um índice importante, pois permite verificar o grau de ramificação de uma bacia. Quanto maior a densidade de confluências, maior o número de ramificações por unidade de área. Considerando o potencial poluidor, com maior número de ramificações, menor a possibilidade de que toda a rede à jusante de uma fonte poluidora qualquer seja atingida e também maior a possibilidade de que pequenas sub-bacias sejam preservadas. Por outro lado, nessa situação, a distância percorrida pelo elemento poluidor até o curso d'água será menor, mas com a vantagem de a possibilidade de infiltração também o ser.

2.1.3.8 Extensão média do escoamento superficial

A *extensão média do escoamento superficial* (ℓ) pode ser definida como a distância média que a água da chuva teria que escoar sobre os terrenos de uma bacia, caso o escoamento se desse em linha reta, desde o ponto onde a chuva caiu até o ponto mais próximo no leito de um curso d'água qualquer da bacia (VILLELA; MATTOS, 1975).

Segundo Christofolletti (1974), a extensão média do escoamento superficial é uma variável independente que afeta tanto o desenvolvimento hidrológico como o fisiográfico das bacias de drenagem. Strahler (1964) concluiu que esse valor seria igual à aproximadamente a metade da distância média entre os canais de drenagem, e por essa razão aproximadamente igual à metade do recíproco da densidade de drenagem. Conforme destaca Linsley, Kohler e Paulhus (1975), essa aproximação ignora os efeitos da declividade dos terrenos da bacia e do

canal, que faz com que o comprimento real seja um pouco maior que o estimado. Horton (1945), propôs para a correção, a multiplicação do valor encontrado por $1/(1-s_c/s_b)^{0,5}$, onde s_c seria a declividade do canal e s_b a declividade média da bacia.

Este índice vem quantificar a distância média que um elemento poluidor, normalmente misturado às águas da chuva, terá de percorrer até atingir a rede de drenagem. Quanto maior essa distância maior a tendência de infiltração, o que dependerá também da declividade e do grau de impermeabilização das vertentes.

2.1.3.9 Sinuosidade do curso d'água

A *sinuosidade do curso d'água (Sin)* é a relação do comprimento do rio ou canal e o comprimento de um talvegue, que seria o seu comprimento reto medido a partir do fundo do seu leito (VILLELA; MATTOS, 1975). É um fator controlador da velocidade de fluxo, pois quanto maior a sinuosidade, maior a dificuldade encontrada pelo canal no seu caminho à foz, portanto menor a velocidade, e no caso de os canais estiverem poluídos, quanto menor a velocidade, maior será o tempo em que os poluentes demoram para atingir toda a sua extensão à jusante do lançamento. Além disso, com maior sinuosidade, maior a possibilidade de parte do poluente se depositar ao longo das margens.

De acordo com Alves e Castro (2003), valores de sinuosidade bem próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo e valores maiores que 2,0 indicam canais tortuosos. Valores entre 1,0 e 2,0 apontam para formas transicionais, regulares e irregulares. Segundo os autores, a sinuosidade é influenciada pela carga de sedimentos, estrutura geológica, compartimentação litológica e declividade dos canais.

Segundo Cunha (1996), a diferenciação entre os tipos de canais é definida pelo grau de sinuosidade que os mesmos apresentam. Eles podem ser classificados em retos, anastomasados e meandrantess. De acordo com Leopold, Wolman e Miller (1964) a sinuosidade varia de 1,0 até 4,0 ou mais. O valor igual ou superior a 1,5 indica o padrão meândrico e valor próximo a 1,0 indica um canal retilíneo. O canal anastomasado é aquele que se divide em diversos canais, que sucessivamente, juntam-se e voltam a se dividir. São canais que tendem apresentar sinuosidades maiores que 1,5. Conforme Cunha (1996), a diferenciação dos tipos de canais é importante, já que os processos de erosão, transporte e deposição atuam de acordo com o tipo de canal. Além disso, o tipo de carga detrítica será responsável, muitas vezes, pelas diferentes sinuosidades dos canais. Os canais meandrantess são associados geralmente a altos teores de silte e argila e os canais anastomasados, a carga

mais arenosa. Os canais anastomados estão associados também, conforme destacam Leopold, Wolman e Miller (1964) a vegetação esparsa ou totalmente ausente, ao passo que os canais não anastomados apresentam vegetação densa ao longo de suas margens. Segundo Cunha (1996), o aumento da carga detrítica pode diminuir a sinuosidade dos canais.

Num estudo das características físicas da Bacia do Ribeirão do Lobo em São Paulo, Villela e Mattos (1975) obtiveram um valor de sinuosidade para o curso principal de 1,1, que eles consideraram como praticamente inexistente. Também para as bacia pesquisadas neste trabalho, foi determinada a sinuosidade apenas do canal principal. Num outro estudo, realizado no rio do Tanque, em Minas Gerais, Alves e Castro (2003), obtiveram um valor de 2,12, portanto um canal sinuoso e de padrão meândrico.

2.1.3.10 Relação do equivalente vetorial

A *relação do equivalente vetorial (Rev)* é obtida dividindo-se o equivalente vetorial médio de determinada ordem, pelo equivalente vetorial médio de ordem imediatamente inferior (CHRISTOFOLETTI, 1974). O equivalente vetorial representa o comprimento, em linha reta, de determinado segmento fluvial, desde a sua nascente, ou ponto de confluência, nos casos de canais de ordem superior a 1, até o término do referido seguimento fluvial (ou confluência seguinte).

De acordo com Christofolletti (1974), a importância da relação do equivalente vetorial deve-se a sua relação com os índices de comprimento médio e declividade média dos canais. Nos casos, por exemplo, de canais bastante retelinizados, que é um indicativo de influência estrutural, o equivalente vetorial apresentará valor semelhante ao comprimento. Se o canal apresentar, além disso, altas declividades, será um sinal de controle geológico. Segundo o autor, mesmo se o canal apresentar direção geral retilínea, mas possuir baixas declividades, ele poderá apresentar meandros, e conseqüentemente, as duas relações se distanciarão. Isso já seria um indicativo de outra tipologia de formação de vales e de comportamento da dinâmica fluvial.

2.1.3.11 Coeficiente de manutenção dos canais

O *coeficiente de manutenção dos canais (C)* foi proposto por Schumm (1956), como o inverso da densidade de drenagem. Esta constante, cuja unidade é quilômetros quadrados por quilômetros, tem dimensão de comprimento e aumenta em magnitude conforme a área de

contribuição aumenta. Especificamente, ela mostra a área de drenagem necessária em quilômetros quadrados, para sustentar um quilômetro linear de canal. O recíproco da densidade de drenagem também corresponde, por definição, a distância entre dois canais adjacentes (LEOPOLD; WOLMAN; MILLER, 1964).

Considerando a poluição a que as bacias poderão estar sujeitas, quanto maior a área de contribuição, maior o número de fontes poluidoras, admitindo uma distribuição uniforme dessas fontes pela área da bacia, portanto maior a poluição a que o canal será submetido por unidade de comprimento.

2.1.3.12 Densidade hidrográfica

A *densidade hidrográfica* (D_h), também chamada *freqüência de canais* (F), foi definida por Horton (1932, 1945), como o número de canais por unidade de área. Sua finalidade, segundo Christofolletti (1974), é comparar a freqüência de cursos d'água em uma área de tamanho padrão, como o quilômetro quadrado, por exemplo. De acordo com o autor, com a ordenação de Horton, o número de canais corresponde ao somatório de todos os seguimentos de cada ordem, já que cada canal de ordem superior a um estende-se desde o seu final até uma determinada nascente. Utilizando-se a ordenação de Strahler, o número de canais corresponde ao número de rios de ordem um, pois implica que todo rio surge em uma nascente.

Segundo Strahler (1964), tanto a densidade hidrográfica, quanto a densidade de drenagem medem a textura de uma rede de drenagem, mas cada uma trata um aspecto distinto. Conforme destaca o autor, é possível construir duas bacias hipotéticas tendo a mesma densidade de drenagem e diferentes densidades hidrográficas, e, por outro lado, é possível ter duas bacias com a mesma densidade hidrográfica, mas com densidades de drenagem diferentes. No entanto, Melton (1958), num estudo detalhado dessas duas relações, observou que para bacias com as mais variadas características de clima, relevo, cobertura vegetal e formação geológica, a densidade hidrográfica e a densidade de drenagem tendem a variar de maneira constante, apesar de grandes variações em escala linear poderem ser relacionadas por meio de uma equação empírica.

Em relação à possibilidade de poluição das bacias, quanto maior a densidade hidrográfica, maior o número de rios por unidade de área, e, portanto, menor a possibilidade de que toda a rede à jusante de uma fonte poluidora qualquer, seja atingida. Porém, como analisa apenas o número de canais não é um valor tão preciso como o coeficiente de

manutenção de canais, ou densidade de drenagem, por exemplo. Ainda assim, a densidade hidrográfica é um índice importante, pois é noção básica para se demonstrar a magnitude de uma bacia hidrográfica, e analisa a capacidade de determinada área de gerar novos cursos d'água (CHRISTOFOLETTI, 1974).

2.1.3.13 Relação da área e comprimento do canal

A *relação da área e comprimento de canal* foi proposta por Hack (1957), para se estimar o comprimento do curso d'água principal de uma bacia dispondo dos valores de área. Ele utilizou a equação empírica $L = 1,27A^{0,6}$ onde L é igual comprimento do canal principal em quilômetros e A, a área de drenagem, em quilômetros quadrados. Segundo suas pesquisas, o expoente da equação varia entre 0,6 a 0,7 para as bacias de até 260 km² de área, sugerindo que as bacias tendem a se alongarem quanto maiores suas áreas de drenagem.

Mueller (1973) coletou dados de milhares de bacias de todos os tamanhos nas mais diversas partes do mundo, e descobriu que o expoente muda de 0,6 para bacias menores que 20.720 km², para 0,5 para bacias entre 20.720 km² e 259.000 km² e 0,466 para bacia maiores que 259.000 km², ou seja, a tendência de alongamento acaba sendo revertida para bacia excessivamente grandes.

Tarboton (1996), discorda da teoria de Hack de que as bacias tendem a se alongarem conforme aumentam de tamanho. Segundo ele, a interpretação da equação de Hack indicando que os canais são entidades fractais leva a similariade geométrica das bacias, considerando a definição do termo fractal apresentada por McNamara, Kane e Hinzman (1999), que diz que num objeto fractal as partes são idênticas ao todo, ou seja, ele apresenta similaridade própria. Além disso, o desenvolvimento da equação com os canais sendo considerados fractais requerem que ela seja estabelecida usando gráficos de mesma escala, implicando na incidência menor de erros. Segundo Tarboton (1996), é provável que os dados de comprimento e área usados para estabelecer a equação de Hack sejam de gráficos de diferentes escalas.

Porém, muitos outros pesquisadores confirmaram o estudo original de Hack e, apesar de o expoente variar um pouco de região para região, ele é geralmente aceito como levemente inferior a 0,6 (RIGON et al., 1996). Alguns chegaram a valores variando de 0,56 a 0,6 para as bacias menores. Porém deve ser enfatizado que a equação de Hack é somente verdadeira na média (DODDS; ROTHMAN, 1999). Conforme destacam Ijjasz-Vasquez, Bras e Rodriguez-Iturbe (1993), a hipótese do enlongamento da bacia é o resultado da procura dos sistemas

fluviais por uma configuração de drenagem, cujo consumo de energia seja minimizado. Dessa forma, a equação de Hack pode ser resultado da competição e minimização de energia nas bacias. (RIGON et al., 1996).

Hack (1957), também examinou a relação entre área e comprimento em termos das leis de Horton para a composição do sistema de drenagem, e chegou a relação idêntica a de Horton para o comprimento dos canais.

2.1.4 Características do relevo da bacia

Segundo Linsley, Kohler e Paulhus (1975), a topografia ou relevo de uma bacia pode ter mais influência na sua resposta hidrológica do que propriamente sua forma, uma vez que a velocidade de escoamento superficial depende em grande parte da declividade das vertentes. Além disso, conforme destaca Villela e Mattos (1975), o relevo também tem grande influência sobre os fatores meteorológicos como a temperatura, precipitação, evaporação, entre outros, que variam em função da altitude da bacia. Quanto ao potencial poluidor, o relevo terá influência principalmente na velocidade com que determinado poluente chega à rede de drenagem e sua taxa de infiltração.

Strahler (1964), definiu algumas medidas com relação ao relevo. Ele chamou de *relevo máximo* a diferença de elevação entre o ponto mais alto e o mais baixo numa determinada área. Estendendo essa definição para bacia, a diferença entre o ponto mais alto (cabeceira da bacia) e o ponto mais baixo (seção de exutório) ficou conhecido como *relevo máximo da bacia*. Schumm (1956), mediu o relevo da bacia ao longo de uma linha reta que segue o curso d'água mais longo desde a seção de exutório até a cabeceira mais distante da bacia. Segundo Strahler (1964), as medidas de relevo são um indicativo da energia potencial da água drenada pelo sistema. Entretanto, na falta de medidas horizontais onde os valores de relevo são conhecidos, não é possível determinar os valores de declividade dos canais e vertentes.

Uma vez que o relevo é um índice da energia potencial numa bacia de drenagem, quanto maior o relevo, maior as forças de erosão agindo numa bacia, o que provocará uma densidade de drenagem mais elevada, maior extensão dos canais e produção de sedimentos. Além disso, os canais estarão inseridos em vales mais profundos e tanto o gradiente dos canais quanto o das vertentes serão maiores (CHORLEY; SCHUMM; SUGDEN, 1985).

Os principais elementos relacionados ao relevo que caracterizam fisicamente uma bacia são os seguintes: declividade da bacia, declividade média das vertentes (S), relação de

relevo (R_h), número de rugosidade (G), curva hipsométrica, declividade do álveo, retângulo equivalente e modelo digital do terreno.

2.1.4.1 Declividade da bacia

A *declividade da bacia* é um parâmetro de grande interesse hidrológico, especialmente para as bacias pequenas, onde o escoamento superficial pode ser o fator dominante na determinação da forma do hidrograma (LINSLEY; KOHLER; PAULHUS, 1975). Isso ocorre porque a declividade é um dos fatores principais que regulam a velocidade do escoamento superficial, ou seja, o tempo que água da chuva leva para atingir o leito dos canais será maior ou menor dependendo da declividade do terreno, e também de acordo com Wisler e Brater (1964), a declividade tem uma relação, um tanto complexa, com a infiltração, umidade do solo e contribuição da água do solo para o fluxo dos cursos d'água. Além disso, a declividade vai ter grande influência nos processos de erosão.

Segundo Linsley, Kohler e Paulhus (1975), por causa da considerável variação nos valores de declividade para uma bacia típica, é necessário a definição de um valor médio para se poder comparar com outras bacias, sendo que de acordo com Strahler (1964), é comum grande similaridade tanto na média como na variância para bacias localizadas em regiões geológicas semelhantes. Para determinação dos valores de declividade é necessário o estabelecimento de uma grade sobre toda a área da bacia, onde em cada ponto de intercessão é determinada a declividade de um seguimento de reta segundo uma orientação perpendicular às curvas de nível. Plotando os valores num gráfico é possível analisar a distribuição da declividade ao longo da bacia e determinar também seu valor mediano, correspondente a 50 % da área.

Villela e Mattos (1975) obtiveram um valor de declividade para a bacia do Ribeirão do Lobo em São Paulo de 0,575% que eles consideraram como de baixa declividade. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), faz a seguinte classificação dos terrenos em função de sua declividade: com valores entre 0 a 3%, o terreno é considerado plano; 3 a 8%, suave ondulado; 8 a 20%, ondulado; 20 a 45%, forte ondulado; 45 a 75%, montanhoso; e acima de 75%, escarpado (EMBRAPA, 1999).

Considerando o efeito poluidor das bacias, quanto maior a declividade, maior a velocidade e quantidade de poluente que chegará ao curso d'água e menor sua infiltração no solo, conseqüentemente, a possibilidade de contaminação dos lençóis freáticos é menor. Na maior parte das vezes esse poluente seguirá junto com as águas da chuva. Nas bacias com

baixa declividade, a tendência é que o poluente se infiltre mais no solo, conseqüentemente a quantidade que chegará diretamente ao curso d'água é menor. Porém, como haverá mais infiltração, o prejuízo à natureza acaba sendo maior, pois além da contaminação do solo, há o risco de contaminação dos lençóis freáticos, que são de recuperação mais difícil que das águas superficiais, e por fim do próprio corpo d'água, que é alimentado pelo lençol freático.

Esses fatores, contudo, são mais aplicados às bacias rurais, onde as taxas de impermeabilização do terreno são menores. Além disso, a cobertura vegetal e as características do solo também serão extremamente importantes nesse processo, assim como a forma como o poluente é descartado das fontes poluidoras. No caso de descarte subterrâneo, por exemplo, que pode ocorrer em um tanque enterrado de gasolina, o combustível chegará diretamente ao lençol freático independente da cobertura do solo. No caso do descarte superficial, altas taxas de impermeabilização impedirão a infiltração, fazendo com que todo o poluente atinja o curso d'água.

2.1.4.2 Declividade média das vertentes

A *declividade média das vertentes (S)* foi utilizada por Beven e Kirkby (1979), para estabelecer um índice em diversos pontos da bacia, com a função de gerar um mapeamento da mesma, que segundo os pesquisadores, se assemelha bastante ao mapeamento da maior ou menor tendência de saturação superficial nas diversas partes da bacia. O diagrama resultante do mapeamento espacial foi utilizado pelos pesquisadores para estimar a área total da bacia que está saturada superficialmente num dado momento e, assim, gera escoamento superficial.

2.1.4.3 Relação de relevo

A *relação de relevo (R_h)* é a razão entre o relevo máximo da bacia, ou seja, a diferença de altura entre a seção de exutório e o ponto mais alto ao longo do seu perímetro, pela distância horizontal em que ele é medido. Dessa forma, esse índice mede a declividade geral de uma bacia de drenagem e é um indicador da intensidade de erosão operando nas vertentes da bacia (STRAHLER, 1964). Schumm (1956), determinou a relação de relevo como sendo a razão entre o relevo da bacia e o comprimento máximo da mesma. O comprimento máximo corresponde à distância horizontal em linha reta entre a foz e a cabeceira mais distante da bacia. O relevo da bacia corresponde a diferença de altitude entre esses dois pontos. Uma outra forma de representar a relação de relevo, adaptada para as unidades métricas, seria

aquela sugerida por Melton (1957), que divide o relevo máximo da bacia pelo seu perímetro, e o multiplica por 100 para se obter a relação de relevo em porcentagem. Segundo Strahler (1964), a vantagem uso do perímetro é que é uma medida facilmente determinada, porém pequenos enrugamentos podem aumentar seu comprimento sem representar uma mudança real nas dimensões da área.

Estudos realizados por Schumm (1954) mostraram estreita correlação entre a relação de relevo com a perda de sedimentos por unidade de área, que tendem a aumentar consideravelmente com o aumento de valor deste parâmetro. Isso sugere que essa correlação pode ser útil para se estimar a produção de sedimentos, uma vez que os parâmetros apropriados para um dado tipo climático sejam estabelecidos. Os estudos, realizados em pequenas bacias de drenagem no Estado do Colorado, Estados Unidos, e adaptados para a unidade métrica, mostraram uma variação de perda de sedimento anual de cerca de $47,6 \text{ m}^3/\text{km}^2$ para uma relação de relevo de 0,1 até $1429,4 \text{ m}^3/\text{km}^2$, para valores deste parâmetro de 0,6. Os estudos mostraram ainda que valores menores de relação de relevo ocorrem em regiões de rochas mais resistentes, verificando-se o contrário para valores maiores de relação de relevo.

Em relação ao potencial poluidor, como esse índice mede a declividade geral de uma bacia, ele vem dar uma idéia da velocidade de escoamento das águas das chuvas e/ou poluentes ao longo dos seus terrenos e sua infiltração. Assim, quanto maior o seu valor, a tendência é que maior seja a velocidade de escoamento e menor a taxa de infiltração.

2.1.4.4 Número de rugosidade

O *número de rugosidade (G)* é um valor adimensional definido por Strahler (1964) como o produto da diferença máxima de altitude dentro de uma bacia pela sua densidade de drenagem. De acordo com o autor, se a densidade de drenagem aumentar e a diferença de altitude permanecer constante, significa que a distância horizontal média entre os divisores e os canais adjacentes é reduzida, acompanhado do aumento na declividade das vertentes. Se a altura aumenta e a densidade de drenagem permanece constante, a diferença de elevação entre os divisores e canais adjacentes também será maior, acarretando também aumento nos valores de declividade. De acordo com Bras (1990), o número de rugosidade é como uma declividade.

Valores extremamente altos do número de rugosidade indicam que tanto a densidade de drenagem quanto a variação de altitude são altas em uma bacia, o que significa dizer que as vertentes, além de possuir uma declividade alta, são longas. Diante disso, a infiltração será

menor e as águas de chuva e/ou qualquer forma de poluente escoarão com grande velocidade sobre as vertentes. Como a densidade de drenagem também é alta, a tendência é que a rede seja mais ramificada, portanto, uma fonte pontual de poluição atingirá somente parte da rede. Valores de número de rugosidade observado nos Estados Unidos mostraram variação de 0,06 para bacias localizadas nas planícies litorâneas da Louisiana até valores acima de 1,0 para bacias localizadas na costa da Califórnia.

2.1.4.5 Curva hipsométrica

A *curva hipsométrica* é a representação gráfica das variações de altitude em uma bacia. São medidas as áreas compreendidas entre pares sucessivos de curvas de nível. Avalia-se, então, a porcentagem do total correspondente a cada uma dessas áreas, e a porcentagem da área total que fica acima ou abaixo de cada curva de nível é obtida por meio da soma (WISLER; BRATER, 1964). O uso de parâmetros relativos é conveniente quando se compara a distribuição da elevação em bacias de tamanhos e topografias diferentes (CHRISTOFOLETTI, 1974). Dessa forma, a curva hipsométrica ficaria dentro de um quadrado, com os valores máximos das abscissas e ordenadas igual a 1,0, ou 100 %, no caso de se adotar os valores em porcentagens.

De acordo com Chistofoletti (1974), a função da curva hipsométrica é a de mostrar a forma como o volume rochoso localizado abaixo da superfície topográfica está distribuído desde a desembocadura até a cabeceira da bacia. Assim, dispondo-se da altura e da área de cada faixa de altitude, correspondente aos intervalos de curva de nível, é possível calcular o volume de cada faixa, sendo que a soma de todas as faixas corresponderá ao volume rochoso ainda existente na região. Segundo o autor, ao se tomar o volume total formado pelo quadrado como o volume inicial da referida porção territorial, o espaço localizado entre a curva hipsométrica e as linhas inferior (área relativa) e lateral esquerda (altura relativa), representa o volume ainda existente, cujo valor correspondente foi denominado de *integral hipsométrica*.

A Figura 03 apresenta a curva hipsométrica desenhada dentro de um quadrado, segundo Christofoletti (1974). A linha Mm representa a curva propriamente dita. A integral hipsométrica é representada pela superfície MOm. Os comprimentos Om e OM representam, respectivamente, a área projetada da bacia e a diferença altimétrica entre o ponto mais alto e o mais baixo, comprimentos este de modo proporcional. A altura média está representada pela linha Oh.

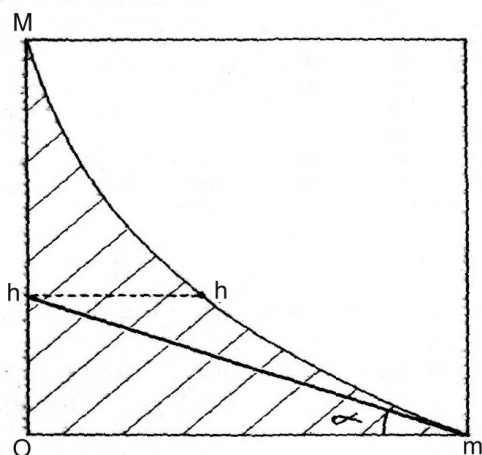


Figura 03. Curva hipsométrica (Fonte: Christofolletti, 1974)

Tanto a variação de altitudes como a altitude ou elevação média da bacia são fatores importantes relacionados à precipitação e temperaturas. Variações grandes de altitude dentro da bacia serão responsáveis por diferenças significativas de temperaturas e precipitação. De acordo com Woodcock (1976), a temperatura cai em média 1°C a cada 150 m de elevação. No entanto, segundo o autor, essa relação poderá variar bastante, e dependerá principalmente da quantidade de vapor de água presente no ar. Segundo Villela e Mattos (1975), as variações de temperatura exercerão influência sobre as perdas de água que ocorrem sob a forma de evaporação e transpiração, e as variações de precipitação exercerão influência direta sobre o escoamento superficial, infiltração e o tempo de concentração da bacia, afetando, conseqüentemente, o deflúvio médio.

De acordo com Linsley, Kohler e Paulhus (1975), bacias geologicamente maduras tendem a apresentar curvas hipsométricas semelhantes, com distribuição equilibrada de área para as diferentes altitudes, que depois de alcançado o equilíbrio, tendem a variar muito pouco, apesar da diminuição das altitudes provocadas pela erosão. Já bacias muito pequenas podem apresentar curvas com características muito diferentes. Segundo Strahler (1964), bacias em estados iniciais de desenvolvimento geológico apresentam porcentagem maior de terras elevadas, com a curva caindo abruptamente próximo à seção de exutório. Já bacias onde há a presença de corpos isolados de rocha resistentes, podem vir a ocorrer a formação de colinas (“monadnocks”), sobre uma superfície mais baixa, resultando em uma curva hipsométrica distorcida com o formato oposto à anterior.

Davis (1899 apud BRAS, 1990), fez uma classificação por idade das bacias baseada no formato de sua curva hipsométrica. As bacias com porcentagem maior de terras elevadas seriam classificadas como jovens, as com distribuição equilibrada de maduras e as bacias com

proporção maior de terras baixas seriam bacias velhas. Essa classificação foi baseada na premissa de que o soerguimento provocado pelo tectonismo é um fenômeno efêmero e depois o processo dominante seria a erosão. Scheidegger (1987), contestou esse argumento dizendo que o soerguimento é um processo contínuo e que ao longo do tempo ele é contraposto com processos de erosão e outros mecanismos. Ele então atribuiu as várias formas da curva hipsométrica ao nível de atividades de processos antagônicos, que necessariamente não tem a ver com a idade da bacia. As bacias com porcentagem maior de terras elevadas seriam classificadas como aquelas com alta atividade desses processos, as com distribuição equilibrada estariam relacionadas a bacias com média atividade e as bacias com proporção maior de terras baixas compreenderiam as bacias com baixa atividade de processos antagônicos.

De acordo com Bras (1990), ainda existe uma terceira interpretação para a forma da curva hipsométrica que estaria relacionada com o equilíbrio relativo entre os processos de soerguimento tectônico e erosão, que pode ou não ter a ver com a idade da bacia. As bacias do primeiro caso apresentariam um desequilíbrio entre esses processos oponentes, as do segundo, um equilíbrio dinâmico entre a degradação e os processos de formação. Segundo o autor, os processos de erosão continuam durante a fase de equilíbrio, levando a uma redução geral do relevo, mas mantendo a mesma relação área e relevo. O terceiro caso ocorreria devido à exposição de rochas resistentes à erosão, levando a um grande contraste de altitude entre as partes erodidas e não erodidas da bacia.

A Figura 04 mostra o modelo de análise hipsométrica e os formatos de curvas mais comumente encontradas, segundo Strahler (1964).

Em relação à poluição a que as bacias poderão estar sujeitas, a curva hipsométrica será importante quando se tem a localização das fontes poluidoras. Para aquelas localizadas onde há menores variações de altitude, o terreno tende a ser mais plano e, conseqüentemente, a velocidade de escoamento é menor e a infiltração maior.

Com a curva hipsométrica, é possível determinar a *altitude (ou elevação) média da bacia (E)*, *altura média* e *altitude mediana*. A *altitude mediana* corresponde à altitude na qual metade da área da bacia fica acima dela e metade abaixo. Segundo Wisler e Brater (1964), a altitude mediana é mais representativa da influência da altitude em relação a hidrologia do que a altitude média, e normalmente é menos elevada que esta última, embora a diferença seja quase sempre insignificante.

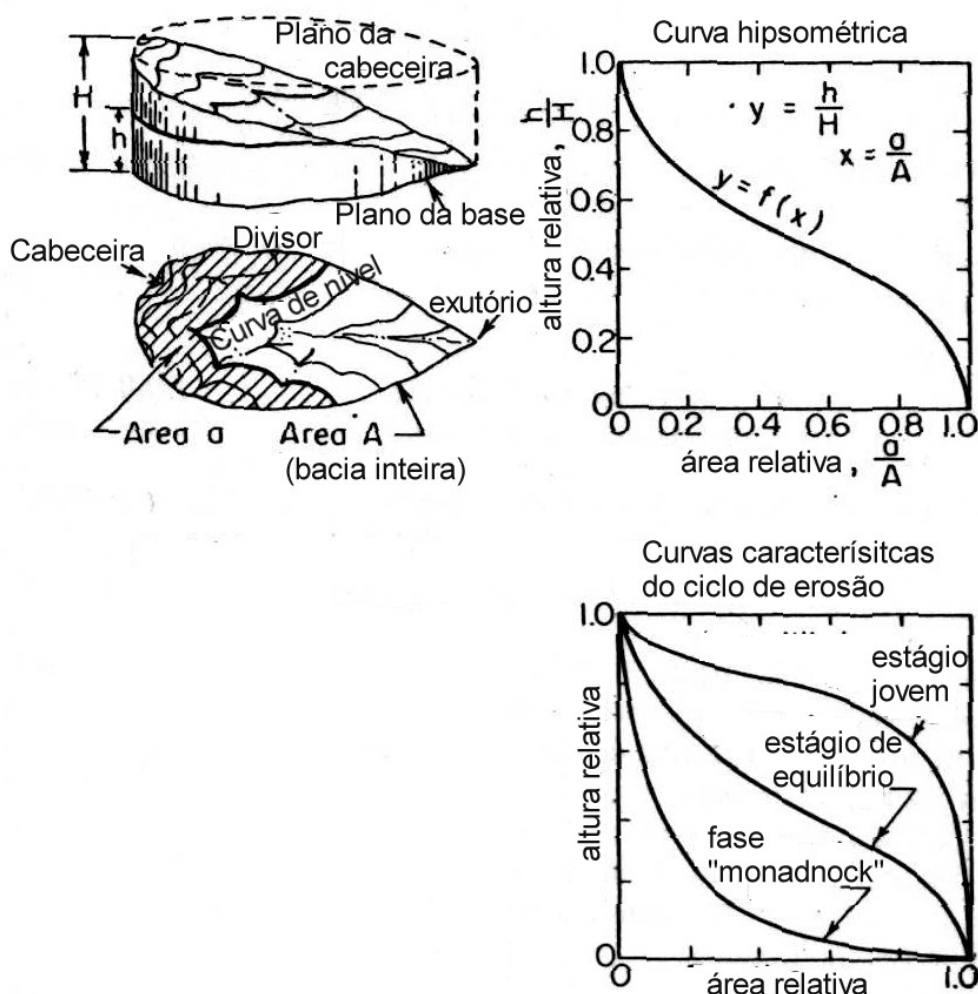


Figura 04. Definições e funções na análise hipsométrica de pequenas bacias de drenagem (Fonte: adaptado de Strahler, 1964)

Por meio da altitude mediana é possível determinar a *altura média da seção de controle* (A_C). Essa altura representa uma carga potencial hipotética a que estão sujeitos os volumes de excesso de chuva e constitui um fator que afeta o tempo que levariam as águas para atingir a seção de exutório, também chamada seção de controle (VILLELA; MATTOS, 1975). Portanto, quanto maior esse valor, maior a carga potencial e maior a velocidade que as águas e/ou poluentes teriam no seu percurso até a desembocadura. Com maior velocidade, a possibilidade de erosão ao longo das margens é maior, bem como o depósito de poluentes, no caso de o canal estiver poluído. Ambos os fatores, porém, dependerão em grande parte da sinuosidade do canal.

Outros dois elementos podem ser calculados a partir da curva hipsométrica: o *coeficiente de massividade* (CM) e o *coeficiente orográfico* (CO). O coeficiente de

massividade é a relação da altura média da bacia pela sua superfície, que corresponderá ao coeficiente Oh/Om no gráfico da Figura 03. Esse valor corresponde à tangente do ângulo formado por essas duas medidas (CHRISTOFOLETTI, 1974). Como o valor de Om será igual ao de OM , por tratar-se de parâmetros relativos, o coeficiente de massividade pode ser determinado pela divisão da altura média pela diferença entre a altitude máxima e a altitude mínima (amplitude) da bacia. Dessa forma, o valor do coeficiente de massividade nunca será superior a 1,0 e será igual ao valor da integral hipsométrica. Coeficientes de massividade abaixo de 0,5 correspondem a bacias com distribuição maior de terras baixas e coeficientes acima desse valor correspondem a bacias com maior distribuição de terras altas.

Em relação ao potencial poluidor, o coeficiente de massividade será mais significativo para valores extremos desse índice. Nesse caso, com a porcentagem de terras altas ou terras baixas muito elevada, o terreno, na maior parte da área, tenderá a ser bastante plano, facilitando a infiltração das águas de chuvas e poluentes. Por outro lado, próximo a desembocadura no primeiro caso e próximo à cabeceira no segundo, os terrenos serão bastante íngrimes, acarretando aumento de velocidade.

O coeficiente orográfico corresponde ao produto da altura média (valor absoluto em metros) pelo coeficiente de massividade. O coeficiente orográfico tenderá a variar de acordo com o coeficiente de massividade, uma vez que ele depende diretamente do seu valor e o da altura média, que também é utilizada para determinar o coeficiente de massividade. Porém, bacias com valores semelhantes de coeficiente de massividade, poderão apresentar valores diferentes de coeficiente orográfico, dependendo da sua variação de altitude (amplitude). Christofolletti (1974), num estudo realizado em bacias localizadas no planalto de Poços de Caldas, Minas Gerais, obteve valores de coeficiente de massividade e orográfico, que variaram, respectivamente, de 0,186 a 0,488 e 12,5 m a 165,7 m.

2.1.4.6 Declividade de álveo

A *declividade de álveo* ou *declividade do canal* é a “relação entre a diferença máxima de altitude entre o ponto de origem e o término com o comprimento do respectivo trecho fluvial” (CHRISTOFOLETTI, 1974). A declividade afeta a velocidade de escoamento de um rio e por essa razão tem papel importante na forma do hidrograma (LINSLEY; KOHLER; PAULHUS, 1975). Segundo Villela e Mattos (1975), quanto maior a declividade, maior a velocidade de fluxo e mais estreitos e pronunciados serão os hidrogramas de enchente.

De acordo com Strahler (1964), a declividade dos canais está intimamente ligada com a declividade dos terrenos de uma bacia. Vertentes com declividades altas contribuem com grande quantidade de detritos maiores em direção aos canais, que, por sua vez, devem ter uma declividade alta para poderem efetuar o transporte, ao passo que vertentes com relevo mais suave acabam gerando detritos menores e em menor quantidade, facilitando o transporte pelos rios, que necessitam então de declividade menor. De maneira geral, segundo Schorghofer e Rothman (2002), os canais se formarão preferencialmente ao longo dos caminhos de menor declividade.

Pode-se obter a declividade de um canal, em qualquer ponto, fazendo a tangente do seu perfil longitudinal no referido ponto. O perfil longitudinal é a representação visual da relação entre a altimetria e o comprimento de determinado curso d'água, entre a nascente e a foz (CHRISTOFOLETTI, 1981). Obtêm-se graficamente o perfil longitudinal plotando-se a altitude (ordenada), como função da distância horizontal (abscissa) (STRAHLER, 1964). Normalmente, a escala vertical é exagerada em relação à escala horizontal para permitir melhor visualização do perfil (CUNHA, 1996). Canais típicos apresentam perfil longitudinal côncavo para o céu (LINSLEY; KOHLER; PAULHUS, 1975), com os valores de declividade aumentando em direção à nascente do rio, e tornando-se mais suaves em direção à desembocadura. Segundo Strahler (1964), o perfil longitudinal de quase todos os canais, sob as mais variadas condições climáticas e geológicas, apresentam essa condição.

Gilbert, num estudo realizado em 1877, chamou essa forma de perfil de “perfil de equilíbrio” e o explicou como sendo um efeito do aumento da vazão. Segundo sua *lei de declividades*, conforme a vazão aumenta, a seção do canal também aumenta, reduzindo proporcionalmente as perdas por fricção do canal e o permitindo carregar seus materiais com declividade menor (STRAHLER, 1964). Surré acreditava que a existência de três regimes diferentes ao longo do curso d'água era a responsável pela concavidade do perfil. A cabeceira, que representa a área de coleta de água e erosão, era por essa razão, entalhada. O trecho inferior era a área de deposição, com predominância de sedimentação e o trecho intermediário seria uma área de transição. Assim, a combinação desses três regimes resultaria na concavidade do perfil dos cursos d'água. (CHRISTOFOLETTI, 1974).

Outros autores atribuem a concavidade do perfil longitudinal do rio devido à diminuição da granulometria das partículas de sedimento transportadas pelo rio em direção à jusante, fazendo com que essas partículas necessitam de declividade menor para se movimentarem (STRAHLER, 1964; CHRISTOFOLETTI, 1974). Segundo Leopold, Wolman e Miller (1964), ao se comparar diferentes rios numa vazão constante, os gradientes maiores

são associados com materiais de fundo de alta granulometria e quando o tamanho da carga detrítica diminui rapidamente em direção à jusante, a declividade do canal também tende a diminuir rapidamente, ou seja, o perfil é mais côncavo. Conforme os autores, talvez seja mais simples ver a necessidade de declividades acentuadas associada com materiais grosseiros e declividades baixas associadas com materiais finos, do que associar a concavidade do perfil devido ao aumento da vazão, sem nenhuma mudança no tamanho das partículas. Leopold, Wolman e Miller também afirmam que quanto maior a elevação acima da desembocadura (amplitude), maior a variabilidade das declividades.

De acordo com Cunha (1996), o perfil longitudinal de um rio sofre contínuas variações por causa de mudanças no escoamento e na carga sólida, o que acaba provocando irregularidades no seu leito, como corredeiras e depressões. Segundo o autor, o rio tenta eliminar essas irregularidades a fim de adquirir um perfil côncavo e liso, com declividade suficiente para transportar a sua carga. Para isso, ele utiliza o mecanismo de erodir, onde a velocidade é maior e onde a velocidade diminui, inicia a sedimentação. Estudos mais recentes mostraram que a variação da precipitação orográfica também tem forte influência tanto na concavidade do perfil longitudinal quanto na forma do relevo das bacias hidrográficas de regiões montanhosas (ROE; MONTGOMERY; HALLET, 2002).

Horton (1945), percebeu que os canais de determinada ordem apresentavam declividades médias menores do que os canais de ordem imediatamente inferior, mas maiores que os de ordem imediatamente superior. Baseado nisso, ele enunciou a *lei de declividade dos canais*, análoga à lei do número de canais. Essa lei diz que a declividade média dos canais de certa ordem e a dos canais de ordem imediatamente superior, segue uma série geométrica inversa, na qual o primeiro termo é a declividade média dos canais de ordem 1 e a razão é a relação entre os gradientes (declividade) dos canais. A relação entre os gradientes dos canais (R_{gc}) é expressa então, pela razão entre a declividade média dos canais de determinada ordem, pela declividade média dos canais de ordem imediatamente superior. Isso vem a resultar no perfil longitudinal do rio côncavo para o céu, uma vez que a ordem do rio aumenta em direção à jusante. De acordo com Strahler (1964), a lei de declividade dos canais foi aplicada em muitas bacias e parece ser válida, desde que os materiais geológicos nos quais os cursos d'água são cavados sejam relativamente homogêneos.

Para se determinar a declividade do rio principal de uma bacia, existem, basicamente, três maneiras. A chamada declividade S_1 corresponde a relação entre a diferença de elevação entre a nascente e a foz do rio pela sua extensão horizontal. Trata-se de um valor pouco representativo para canais com grande variação de declividade. Um valor mais realista,

chamado de declividade S_2 , e largamente utilizado, é obtida traçando-se no gráfico do perfil longitudinal uma linha cuja área compreendida entre ela e o eixo das abscissas seja a mesma da área compreendida pelo perfil longitudinal do rio e a abscissa.

Por fim, tem-se a chamada declividade equivalente constante (S_3), proposta por Taylor e Schwartz (1952), que é um valor também bastante representativo de declividade e vem dar uma idéia do tempo de percurso da água ao longo do perfil longitudinal. Uma vez que a velocidade é proporcional à raiz quadrada da declividade, de acordo com a Equação de Chézy para escoamento em canais, o procedimento utilizado por Taylor e Schwartz é equivalente a se atribuir pesos aos seguimentos de canais calculando a raiz quadrada da sua declividade, o que faz com que a influência das altas declividades seja menor.

Considerando a possibilidade de poluição dos canais, quanto maior a declividade, maior a velocidade, portanto, mais rapidamente um elemento que cause a poluição do curso d'água, atingirá toda a extensão do canal à jusante. Além disso, se o curso d'água for sinuoso, maior a possibilidade de o elemento poluidor se depositar ao longo das margens.

Valores de S_1 , S_2 e S_3 próximos sugerem que o rio apresenta menores variações de declividades ao longo do seu percurso em direção a foz. Esse fato é mais comum para pequenos canais, onde não haverá muita variação de vazão. Villela e Mattos (1975), ao estudarem os valores de declividade para o ribeirão do Lobo, em São Paulo, obtiveram para S_1 , S_2 e S_3 , respectivamente, os seguintes valores: 11 m/km, 6 m/km e 5 m/km, que eles consideraram como sendo bastante baixos.

2.1.4.7 Retângulo equivalente

O *retângulo equivalente* foi introduzido por hidrologistas franceses com o objetivo de comparar melhor a influência das características físicas da bacia sobre o escoamento. Um retângulo de lado menor l e lado maior L da mesma área da bacia é construído e as curvas de nível são posicionadas paralelas a l , respeitando-se a hipsometria natural da bacia (VILLELA; MATTOS, 1975). Com o retângulo equivalente é possível ter uma noção melhor da distribuição de altitudes ao longo da área da bacia.

O retângulo equivalente também permite a análise da tendência a enchentes de uma bacia hidrográfica, uma vez que quanto mais retangular o seu formato, tanto mais comprida e estreita será a bacia, e assim menor a possibilidade de uma chuva cobrir simultaneamente toda a sua área. Além disso, segundo Villela e Mattos (1975), em tal bacia a contribuição dos afluentes atinge o rio principal em vários pontos, afastando da condição ideal da bacia

circular, onde a concentração do deflúvio ocorre num só ponto. No caso de o córrego estiver poluído, com menor possibilidade de enchentes, menor possibilidade de contaminação das margens e áreas vizinhas.

Com o retângulo equivalente, ainda é possível ter uma idéia melhor dos espaçamentos entre as curvas de nível, assim no caso de as fontes poluidoras localizarem-se em regiões onde as curvas estão próximas, provavelmente haverá maiores valores de declividades nessas regiões, com o conseqüente aumento de velocidade e diminuição da infiltração de um elemento poluidor qualquer.

2.1.4.8 Modelo digital do terreno

O *modelo digital* ou *modelo numérico do terreno* seria a representação da variação contínua do relevo de um terreno representado em terceira dimensão. A obtenção do modelo digital pode ser feita diretamente por meio de medições sobre pares estereoscópicos ou análise de fotografias aéreas ou por interpolações de levantamentos topográficos (SILVEIRA, 1997).

2.2 POLUIÇÃO PROVENIENTE DE ESTABELECIMENTOS REVENDADORES DE COMBUSTÍVEIS

A poluição pode ser definida como qualquer interferência prejudicial aos usos preponderantes das águas, do ar e do solo, que foram previamente estabelecidos. Qualquer alteração das propriedades químicas, físicas ou biológicas do meio ambiente, acarretada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a segurança, saúde, e o bem-estar da população, as atividades econômicas e sociais, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais pode ser definida como poluição. Em outras palavras, é o lançamento de qualquer matéria, substância, ou forma de energia (luz, calor, som) ao meio ambiente em quantidades que resultem em concentrações maiores que as naturalmente encontradas. Em geral, os tipos de poluição são classificados em relação ao componente ambiental afetado (poluição do solo, da água, do ar), pela natureza do poluente lançado (poluição térmica, radioativa, química, sonora, etc.) ou pelo tipo de atividade poluidora (poluição agrícola, industrial, etc.) (Arruda, 2001 apud PANIZZI; PIRES, 2004).

Considerando a poluição hídrica, a mesma também pode ser definida como uma alteração artificial da qualidade físico-química da água, suficiente para superar os limites ou

padrões pré-estabelecidos para determinado fim. O que provoca a poluição é o poluente, que é todo tipo de substância que ameaça a saúde, a segurança e o bem estar, trazendo prejuízos para a vida aquática, alterando as características das águas receptoras para determinados fins ou modificando normas de qualidade pré-estabelecidas. Assim, o conceito de água poluída é relativo, ou seja, uma água pode ser considerada poluída para um determinado fim e não para outro (CONTAMINAÇÃO, 2002).

Um exemplo de poluição seria o aumento da temperatura de uma água que muda sua densidade e afeta as condições de sobrevivência de alguns organismos.

Já a contaminação é a ação ou efeito de infectar por contato. Usado, muitas vezes, como sinônimo de poluição, é mais empregado em relação direta à efeitos sobre a saúde do homem. A contaminação seria, portanto, a introdução, no meio, de elementos em concentrações nocivas à saúde humana, como organismos patogênicos, substâncias tóxicas ou radioativas (PANIZZI; PIRES, 2004).

Dessa forma, toda água contaminada é poluída, mas nem toda água poluída (desde que não afete a saúde do homem) é contaminada (CONTAMINAÇÃO, 2002).

De acordo com Braile (1971), os efeitos principais produzidos pelos poluentes são os seguintes:

Elevação de Temperatura (poluição térmica). O aumento da temperatura dos cursos d'água poderá modificar sua fauna e flora de forma direta – eliminando os animais e vegetais ali existentes devido ao aquecimento da água - ou indireta, que é mais frequente. A diminuição da concentração de oxigênio é um efeito indireto, e ao mesmo tempo a elevação de temperatura também produz estimulação das atividades biológicas, assim tem-se maior consumo de oxigênio, ocorrendo com isso a morte de muitas espécies aquáticas.

Incêndio e Perigo de Explosão. São causados pelo lançamento indevido, e também accidental, de materiais combustíveis nos cursos d'água e redes coletoras de esgotos;

Corrosão e Entupimento. Ocorre nas instalações de transporte e tratamento de águas residuárias;

Cor e Turbidez. Impedem a realização do processo fotossintético pelo fitoplâncton, além de prejudicarem a estética dos cursos d'água;

Sabor e Odor. Geralmente são de difícil remoção, sendo produzidos por contaminantes como o fenol, mercaptans, substâncias tanantes (de curtição), etc;

Toxidez. É produzida por contaminantes como o arsênico, cianetos, substâncias radioativas etc. São tóxicos à flora, à fauna e ao homem;

Demanda de Oxigênio. Existem poluentes que reduzem, ou mesmo acabam com o oxigênio contido nos cursos d'água, danificando as formas de vida aquática aeróbias.

2.2.1 Fontes de poluição nos cursos d'água

Segundo Jordão e Pessôa (1995), as principais fontes de poluição nos cursos d'água são as seguintes: *fontes naturais; águas de áreas agrícolas; águas servidas ou esgotos; e fontes diversas.*

As fontes naturais de poluição, segundo os autores, tem muita pouca relação com a atividade humana e inclui os seguintes tipos: a *poluição atmosférica*, natural ou gerada pelas atividades industriais, que se transforma em poluição hídrica trazida pelas chuvas e pelo vento; *minerais dissolvidos*, trazidos pelas águas subterrâneas; produtos resultantes da *dissolução ou lixiviamento da vegetação*; *floração de organismos aquáticos*, como algas, que pode ocorrer naturalmente ou ser acelerado após a contribuição da atividade humana; e o *escoamento superficial natural*, que pode contribuir com uma parcela de poluição por descarga sólida, originada pela erosão do solo.

As águas de áreas agrícolas podem gerar diversos tipos de poluição como o aumento da descarga sólida nos rios, de pouca importância sanitária; e, principalmente, a contribuição de agrotóxicos, fertilizantes, pesticidas e herbicidas aos cursos d'água. A maior ou menor contribuição desses elementos dependerá da forma de manejo do solo. Além dos problemas de toxicidade desses poluentes, tem-se a contribuição de nutrientes aos corpos d'água, gerando problemas de eutrofização (JORDÃO; PESSÔA, 1995).

As águas residuárias da atividade urbana são os principais tipos de contribuição para os cursos d'água. Elas incluem o esgoto doméstico, esgoto industrial, esgoto pluvial e lodo das estações de tratamento de água. Os dois primeiros tipos se caracterizam por fontes pontuais de poluição e são responsáveis pela significativa diminuição do oxigênio nos rios, contribuição de sólidos, organismos patogênicos e coliformes, e nutrientes. No caso dos esgotos industriais, pode ocorrer a contribuição de metais e substâncias diversas como óleos e graxas, por exemplo. Os esgotos pluviais contribuem de forma não pontual e estão normalmente ligados aos esgotos sanitários dos imóveis, muitas vezes de forma clandestina, e que não são protegidos de forma adequada por fossa séptica. Além disso, a lavagem através da água da chuva de áreas carentes se constitui numa contribuição importante, muitas vezes igual ao do esgoto primário. Outro problema é o despejo nos rios do lodo das estações de

tratamento de água, que apresentam areia e sólidos em suspensão, além de diversas bactérias e organismos (JORDÃO; PESSÔA, 1995).

Segundo Jordão e Pessôa (1995), a poluição por causas diversas inclui a percolação das águas que drenam áreas de mineração, áreas de influência de aterros sanitários e a deterioração da qualidade da água que pode ocorrer com a construção de reservatórios de acumulação.

2.2.2 Despejos de produtos de petróleo

De acordo com Braile (1971), o petróleo já era conhecido há mais ou menos 3.000 anos antes de Cristo quando os habitantes da Suméria, Assíria e Babilônia começaram a utilizar o betume.

Segundo o autor, a palavra “nafta” tem o significado de óleo cru e destilados leves tanto para os persas quanto para os árabes e eles são empregados há vários séculos para iluminação, clareamento da seda e de outros tecidos, na medicina e com finalidades bélicas.

Nadir Shah e Alexandre, o Grande, em Timur aniquilaram o inimigo queimando petróleo embaixo dos elefantes que, apavorados, voltaram na direção de seus amos. No ano de 480 AC, na batalha das "Termópilas", o rei espartano Leônidas, com apenas 300 soldados, lutou bravamente contra o exército persa comandado por Xerxes, contendo seu avanço contra a Grécia por 3 dias. Um ponto importante da batalha foi quando Xerxes enviou a guarda real, que estava completamente descansada para aniquilar os espartanos que, então, queimaram petróleo esparramado no solo onde deveriam passar os persas, causando-lhes pesadas perdas (BRAILE, 1971).

Braile (1971) destaca que na China foi encontrado petróleo numa perfuração em busca de sal no século III AC; também destaca que alguns métodos de destilação foram aperfeiçoados pelos árabes no princípio da era Cristã, que mais tarde foram transladados para a Europa Ocidental através da Espanha.

As operações das indústrias petrolíferas, intensificadas a partir do século XIX e que vão desde a produção até ao estudo do mercado, resultam em despejos industriais de várias composições. Porém, todos contêm óleo, que podem causar poluição no solo e nos cursos d'água. Esse tipo de poluição é muito desagradável e prejudicial. Outras indústrias, além da petrolífera, incluindo a de acabamento de metais, produção de óleo vegetal, frigoríficos e fabrico de substâncias químicas também produzem despejos oleosos (BRAILE, 1971).

Os despejos de petróleo, geralmente são oriundos de:

- Indústrias;
- Óleos usados para lubrificação;
- Óleos usados para aquecimento ou produção de energia;
- Emulsões oleosas usadas para fins de resfriamento ou corte;
- Refinarias de petróleo;
- Garagens e postos de gasolina;
- Fluídos de petróleo para limpeza;
- Quaisquer compostos obtidos com base no petróleo ou asfalto;
- Navios de carga e de passageiros;
- Equipamentos para transportes e armazenagem de óleos.

Entidades estatais, para-estatais e de iniciativa privada têm estudado continuamente esse problema, e para separá-los têm sido utilizadas as técnicas aperfeiçoadas pela indústria petrolífera que possui quatro divisões principais: produção (ou mineração), transporte, refino e comercialização (BRAILE, 1971).

O comércio de produtos petrolíferos pode causar poluição nos cursos d'água por perdas menores nos postos de gasolina e varejo de óleo, derrames ou outras perdas durante o transporte. Os estabelecimentos comerciais que vendem óleo são de difícil controle por serem de pequeno tamanho, numerosos e muito dispersos. Além disso, a detecção do lançamento na rede pública de esgoto não é fácil. O controle dos despejos dos postos de gasolina é feito obrigando os responsáveis a instalarem caixas sifonadas e cuidados especiais com o óleo retirado do Carter, prevenindo assim que os despejos oleosos cheguem à rede de esgotos (BRAILE, 1971).

Porém, mesmo assim, conforme destaca Braile (1971), faz-se necessária a obrigatoriedade de instalação de novos equipamentos, como caixas sifonadas adicionais nos esgotos. A quantidade de óleo que vai para a rede e cursos d' água é grande, sendo que as estopas nos esgotos são em tal quantidade que causam sérios problemas nas elevatórias e estações de tratamento.

2.2.3 “Indústria” dos óleos usados

A maior parte do óleo residual gerado por oficinas e postos de gasolina é resultado da substituição rotineira de óleos lubrificantes deteriorados. Frequentemente, os lubrificantes são substituídos porque eles já não satisfazem seus padrões de desempenho.

De acordo com Holmes et al. (1993), os óleos e lubrificantes são formados de dois componentes básicos: (i) um material base e (ii) aditivos que chegam até 20% do volume. Esses aditivos influenciam de forma acentuada no desempenho específico do produto acabado que eventualmente se torna uma marca registrada de vários lubrificantes. Aditivos típicos incluem estabilizadores de cor, melhoradores de viscosidade, inibidores de corrosão, inibidores de ferrugem, e detergentes. Esses aditivos contêm metal específico e combinações de substância química que resultam em padrões de desempenho específicos.

Segundo o autor, lubrificantes e óleos industriais são fabricados tipicamente a partir de elementos químicos, principalmente petróleo ou produtos de petróleo que são derivados de óleo cru. Eles contêm vasta relação de hidrocarbonetos além de combinações de substância química como sulfatos e enxofre, cloro, e combinações de nitrogênio; eles também contêm metais como bário, zinco, e cromo como resultado de elementos aditivos.

Os óleos usados são gerados literalmente de milhares de meios diferentes. Estes podem ser divididos em duas categorias principais: (i) óleos automotivos, que incluem óleos de motores, fluidos de transmissão, óleos dos motores a diesel, e fluidos hidráulicos automotivos, e (ii) óleos industriais, que incluem óleos e lubrificantes gerados de fontes industriais tais como nos equipamentos hidráulicos e maquinaria, equipamento de refrigeração, extintores de óleos, e turbina que lubrifica óleos (HOLMES et al., 1993).

Segundo Holmes et al. (1993), em todas as aplicações automotivas e industriais, o desempenho do óleo se deteriora depois de um certo tempo devido à diminuição da eficácia dos aditivos e aumento dos contaminantes no óleo. O óleo deve ser substituído por óleo novo, que resulta na geração constante do que é comumente chamado de "óleo usado". O óleo usado pode ser então definido como óleo lubrificante que, com o uso, foi contaminado por impurezas físicas ou químicas. O óleo usado é considerado um produto a ser jogado fora porque serviu seu propósito original, e deve ser descartado. Porém, ele é um exemplo de lixo que pode ser reciclado ou pode ser usado de novo como outro produto em vez de ser meramente descartado ou destruído.

De acordo com o autor, nos Estados Unidos, por exemplo, muito do óleo usado que é gerado a partir da substituição rotineira de óleos lubrificantes deteriorados entra no chamado "sistema de gerenciamento de óleo usado". O sistema de gerenciamento de óleo usado consiste em companhias que são envolvidas na geração, coleção, transporte, processamento, e reuso de óleos usados. Estas companhias interagem para fornecer um mecanismo para o óleo usado fluir de seu ponto de geração para o seu reuso ou disposição. Muitas companhias são envolvidas em uma só função do óleo usado, enquanto outras participam em mais de uma

atividade. Um exemplo disso é um reprocessador ou indústria de rerrefino que coleta, transporta, e recicla óleo usado.

No Brasil, a legislação obriga a coleta de todos os óleos usados, apenas por empresas credenciadas pela Agência Nacional do Petróleo e licenciadas pelos órgãos ambientais dos estados onde são gerados. Por serem considerados produtos perigosos e altamente tóxicos, é crime ambiental não só o descarte na natureza, como comercializar, fornecer, transportar, queimar ou dar outro destino que não a reciclagem por meio do rerrefino (ECOVIAJEM, 2002).

De acordo com dados do Sindicato Nacional da Indústria do Rerrefino de Óleos Minerais (Sindirrefino), o Brasil consome por ano 900 milhões de litros de óleo lubrificante, sendo 60% de óleos automotivos e 40% industriais. Durante o uso, parte do lubrificante é incorporada ao produto final (como, por exemplo, o óleo utilizado na formulação de graxa ou borracha) e parte é queimada, restando como óleo usado algo entre 250 milhões e 300 milhões de litros/ano. Desse total apenas cerca de 100 milhões de litros/ano segue para o rerrefino. O restante é descartado no solo ou na água ou queimado, quase sempre de forma inadequada.

As práticas, além de desperdiçarem uma importante fonte de recursos, devido ao alto grau de reaproveitamento que o produto possui, têm grande impacto ambiental: somente um litro de óleo é suficiente para esgotar o oxigênio de 1 milhão de litros de água, formando sobre a superfície uma fina camada que bloqueia a passagem de luz e ar, eliminando qualquer espécie viva do ambiente.

A atividade de rerrefino era economicamente viável até 1988 quando o óleo básico rerrefinado era isento do imposto único sobre combustíveis. Além da vantagem da isenção, a taxa cobrada sobre a venda dos outros derivados era usada para subsidiar os custos de coleta do óleo usado, o que permitiu aos captadores montar uma estrutura que abrangia todo o território nacional. A Constituição daquele ano mudou isso, eliminando a isenção. A medida causou o aumento dos custos da atividade de rerrefino, o que fez com que boa parte das empresas encerrasse as operações (FAPESP, 2002).

Porém, a atividade de rerrefino continuou obrigatória, o que foi confirmado pela Resolução Conama n. 09 de 1993 (ANEXO A). Atualmente, apenas dez empresas de rerrefino continuam em operação (COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM, 2004) sendo que uma única empresa é responsável pela coleta e reciclagem de cerca de 60% do total do óleo lubrificado usado no Brasil.

2.2.4 Consequência da presença de óleo nas águas

A poluição por óleos e graxas nas águas pode ser resultado do óleo vindo de lastro de navios; refinarias resultantes da lubrificação do maquinário, postos de gasolina, e nos processos de produção de graxa (LUND, 1971). Segundo o autor, óleos e graxas devem estar ausentes dos efluentes industriais. A especificação de que óleos e graxas não devam estar presentes é baseado nos problemas de odor e gosto que ocorrem, mesmo em pequenas quantidades. Além disso, mesmo quantidades muito pequenas produzem camadas de escumas em piscinas, bacias de retenção, reservatórios e outros contêineres.

Lund (1971) observa que uma mancha de óleo é visível apenas numa proporção de aproximadamente 37 litros/km², um filme de óleo de três milionésimos de uma polegada é visível como o brilho de uma superfície de prata.

De acordo com o autor, óleos revestem as brânquias dos peixes, produzindo sufocamento em baixa concentração. Alguns óleos crus contêm uma fração solúvel de água que é altamente tóxica para os peixes. Óleos e graxas podem, além disso, cobrir e destruir algas, plâncton e organismos do fundo dos rios, lagoas e mares. Camadas de óleo podem interferir na reaeração e fotossíntese e destruir a vida dos insetos aquáticos. Peixes que pesam entre 35 e 38 g morrem numa concentração de óleo de 5 a 50 mg/L num período de 18 a 60 horas. Similares taxas de mortandade ocorrem com outros organismos marinhos.

O óleo é especialmente destrutivo para as aves aquáticas e outras espécies de vida aquática. Seu efeito destrutivo se estende desde a inibição da botação e chocamento dos ovos até a destruição do líquido que deixa as aves impermeáveis ao contato com a água (LUND, 1971).

De acordo com estudos da Unilivre (2002), a alteração do sabor da carne dos peixes que fica insuportável ao paladar é outro prejuízo causado pelo óleo. Isso se torna ainda mais grave ao se constatar que algumas das substâncias componentes dos óleos e graxas acumuladas no organismo dos peixes são tóxicas ao homem, além de possuírem propriedades cancerígenas. As águas contendo óleos não podem ser utilizadas para a irrigação de lavouras, não existindo tratamento que permita o seu reaproveitamento para consumo humano.

Segundo Braile (1971), o incêndio é o perigo mais imediato devido à presença de óleo nos cursos d'água. Nos Estados Unidos o limite máximo permissível de óleos e graxas varia de 3 a 30 mg/L, sendo de 20 mg/L em Los Angeles e de 3 mg/L em alguns estados americanos. No Brasil, a resolução Conama n. 20 de 1986 estabelece como limite máximo de lançamento de óleos e graxas nas águas residuárias o valor de 20 mg/L.

2.2.5 Poluição oriunda dos postos de combustíveis

A poluição oriunda dos postos de combustíveis podem trazer prejuízos ao meio ambiente de duas maneiras: contaminando as águas superficiais e o solo, e contaminando as águas subterrâneas, que pode ser ainda mais prejudicial ao ambiente.

2.2.5.1 Contaminação de águas superficiais e solo

Segundo Baniski (2002), a Baía de Guanabara no Rio de Janeiro recebe diariamente cerca de duas toneladas de óleo. As manchas, diluídas, não aparecem tanto como quando há vazamentos localizados, mas os danos têm proporções semelhantes. Os postos de combustíveis estão entre as principais fontes do lançamento ilegal de óleo junto com 55 indústrias, terminais de combustíveis, estaleiros e navios.

Os postos de combustíveis produzem as três classes de resíduos destacados pela NBR 10.004 /2004: resíduos classe 1, classe 2A e classe 2B. Os resíduos classe 1, que são os resíduos perigosos, compreendem o lodo das caixas separadoras, resíduos de óleos e graxas e materiais contaminados com óleos e graxas como panos, estopas, etc. Esses tipos de resíduos apresentam riscos à saúde e ao meio ambiente, exigindo tratamento e disposições especiais em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e patogenicidade. Os resíduos classe 2A são os chamados resíduos não inertes. Englobando o esgoto doméstico, resíduos orgânicos (lixo) e efluente das caixas separadoras. São resíduos que apresentam como características combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. Por fim, os resíduos classe 2B, que são os resíduos inertes, como as embalagens plásticas, metálicas e de vidro. São resíduos que não se solubilizam em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, ou seja, a água permanece potável em contato com o resíduo.

Tanto nos serviços rotineiros dos postos de combustíveis, como também de oficinas mecânicas, garagens de veículos e lava-jatos, as águas contendo óleos e graxas provenientes da lavagem de motores e demais partes dos veículos, lavagens de embalagens de lubrificantes e combustíveis e lavagens de pisos são descartadas nas redes de esgoto que, então, despejam-nas em lagoas e córregos, trazendo inúmeros prejuízos à vida local e à saúde humana (UNILIVRE, 2002). O volume de efluente produzido por estes estabelecimentos é grande e são, segundo a NBR 10.004, resíduos perigosos, possuindo características diferentes dos esgotos domésticos. Somado a presença de óleos e derivados de petróleo, estes efluentes possuem

elevadas concentrações de materiais sedimentáveis, como a areia, que podem provocar assoreamento dos rios.

Além do descarte nas redes de esgotos, os postos de combustíveis são contribuintes constantes de óleos, outros elementos orgânicos e metais nos cursos d'água por meio de ligação direta nas galerias de águas pluviais, sem tratamento prévio, e também esses resíduos podem ser levados às galerias pela lavagem dos pátios com a ajuda das águas da chuva (IVDIALOGO, 2002b).

No solo, a contaminação pode ocorrer nos locais desprovidos de pavimentação ou onde a pista de abastecimento do posto de combustível é coberta por paralelepípedos e não é totalmente impermeável. Outro fator de contaminação do solo são os sólidos impregnados com óleos, como estopas, materiais plásticos, papéis, papelão entre outros, que são classificados como resíduos perigosos de acordo com a NBR 10.004, e que muitas vezes são depositadas no lixo comum, de onde são levadas, na maioria das cidades, para o lixo público.

O vazamento de combustíveis dos tanques enterrados se constitui numa das principais formas de contaminação do solo. Os principais elementos químicos responsáveis por essa contaminação são os compostos provenientes da gasolina e óleo diesel que fazem parte da composição de hidrocarbonetos de C4 a C12, como o benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno (BTEX) e os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAH), presentes no óleo diesel que englobam os hidrocarbonetos de C10 a C15 e são formados pela combustão incompleta de material orgânico (CENTRO DE PESQUISAS E PLANEJAMENTO AMBIENTAL, 2004).

Os hidrocarbonetos são compostos de baixa densidade e a maioria dos seus componentes apresenta uma fase não solúvel em água. Um vazamento de combustível no solo pode englobar as seguintes fases de contaminação: fase adsorvida, livre, dissolvida, vaporizada e condensada. As mais significativas são as fases adsorvidas, onde os contaminantes envolvem e impregnam os grãos do solo criando um tipo de película e a fase livre. Essas fases são as que proporcionam maior risco ambiental, mas ao mesmo tempo as ações de remediação podem ser mais efetivas. A fase vaporizada corresponde àquela onde os contaminantes preenchem os espaços dos poros.

No organismo humano, o efeito desses poluentes depende da concentração a que o indivíduo é submetido. Por exemplo, a inalação do ar com 20.000 ppm de benzeno pode levar à morte em poucos minutos. Inalação de 200 ppm pode causar tonturas, enjoos e dores de cabeça. Considerando períodos de tempo mais longo, a inalação do ar com 50 ppm durante alguns anos pode causar anemia. Já os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos podem provocar câncer (CENTRO DE PESQUISAS E PLANEJAMENTO AMBIENTAL, 2004).

2.2.5.2 Contaminação de águas subterrâneas e riscos de explosões

Conforme estudos da Companhia Pernambucana do Meio Ambiente (2002), os postos de combustíveis estão entre as principais fontes de contaminação de águas subterrâneas. Somam-se a eles as indústrias, cemitérios, lixões, fossas sépticas, disposição final de resíduos sólidos como os aterros sanitários e outros. De acordo com os Estudos para Gerenciamento e Proteção dos Recursos Hídricos Subterrâneos da Região Oceânica de Niterói (2002), os principais elementos responsáveis por essa contaminação são os nitratos; bactérias; vírus; os metais que englobam fontes de descargas industriais, pesticidas e drenagem de ruas; e compostos orgânicos que incluem derivados do petróleo, pesticidas etc, provenientes da agricultura, drenagem de ruas, esgotos, lixões, descargas industriais, poluição do ar e postos de gasolina (benzeno e seus derivados).

Pesquisa de autoria do professor Aldo da Cunha Rebouças, da equipe do Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas – CEPAS, citado por Lopes (2002a), mostra a contaminação proveniente do vazamento de tanques de armazenamento subterrâneo de gasolina em poços de abastecimento de água em residências vizinhas. A água recolhida desses poços apresentou elevados teores de benzeno e demais compostos orgânicos presentes na gasolina, como tolueno, xileno, etilbenzeno, C benzeno e naftaleno. O professor alerta para o fato de que a combustão da gasolina é auto explosiva a 400 ppm (partes por milhão). Se esse combustível se infiltrar em redes de esgoto e túneis de obras de engenharia, haverá risco real de explosões de grandes proporções.

As águas subterrâneas tendem a serem contaminadas por esses vazamentos quando os níveis freáticos são muito altos e as infiltrações de água de chuva são muito frequentes. A contaminação por produtos de petróleo é um tipo de poluição muito diferente daquela produzida por outros produtos. A principal diferença é que o óleo e gasolina são menos densos do que a água e não se misturam nela. Por isso, óleo ou gasolina provenientes de vazamentos ou derramamentos, só migram na zona não saturada. (CONTAMINAÇÃO, 2002)

A preocupação da contaminação das águas subterrâneas está relacionada aos aquíferos não-confinados. Um risco significativo de contaminação pode também estar associado a aquíferos semiconfinados, quando as camadas confinantes são finas e permeáveis.

A contaminação dos aquíferos é um fenômeno muito mais preocupante do que a das águas superficiais, haja vista que estas rapidamente se renovam e se recuperam depois que o lançamento de efluentes é interrompido. No caso dos lençóis subterrâneos, pode ser tão

demorada a recuperação da qualidade que muitas vezes o aquífero é considerado perdido (IVDIALOGO, 2002a).

Os tanques enterrados até cinco metros de profundidade são, de acordo com levantamentos feitos por agências ambientais do governo federal e dos estados, os que mais contribuem com vazamentos nos lençóis freáticos. Esses vazamentos, por ocorrerem na maioria das vezes em pequenas quantidades, não são notados pelos administradores dos postos, que só tomam alguma providência quando há perda considerável de combustível. Isso ocorre principalmente nos tanques enterrados há vários anos e submetidos à constante infiltração de água, que acaba provocando ferrugens e corrosão (LOPES, 2002b).

Mas são justamente os pequenos vazamentos os que mais problemas causam aos lençóis freáticos. Isso porque o combustível vai se infiltrando lentamente, vencendo a resistência do solo. E como geralmente não são detectados, permanecem longo tempo liberando combustível, que acaba saturando o solo e contaminando também as águas superficiais (LOPES, 2002b).

Na Tabela 01 são apresentados os principais riscos decorrentes da poluição dos postos de combustíveis.

Tabela 01. Postos de combustíveis: formas de poluição e suas consequências

Poluição	Consequências
Vazamento de tanques de armazenamento de combustível	Contaminação do solo e das águas
Vazamento de encanamentos e válvulas	Possibilidade de sinistros com explosões de galerias de águas pluviais.
Águas residuárias de lavagem de veículos e oriundas do setor de abastecimento contaminadas com óleos e demais derivados de petróleo, comercializados no empreendimento, lançadas sem prévio tratamento.	Contaminação de corpos hídricos superficiais e do solo.
Sinistros com vazamentos de combustíveis, ocasionando explosões e incêndios nas instalações do empreendimento.	Risco de consequências danosas para seu entorno, incluindo as possibilidades de perdas materiais e de vidas humanas.
Instalações sem respiros para tanques de armazenagem de combustíveis.	Contaminação hídrica; Alteração da dinâmica dos ecossistemas aquáticos, podendo acarretar danos e perdas de biodiversidade.
Vazamentos e/ou sinistros com postos flutuantes	

Fonte: Panizzi e Pires (2004)

2.2.6 Formas de controle de poluição nos postos de combustíveis

A NBR 13.786/2001 exige a presença dos seguintes equipamentos nos postos de combustíveis, de acordo com a Figura 05: válvula retentora de vapor, caixa separadora, tanque de parede dupla, poço de monitoramento, canaletas e piso em concreto.



LEGENDA: 1-Válvula Retentora de Vapor / 2-Caixa Separadora / 3-Tanque de Parede Dupla / 4-Poço de Monitoramento / 5-Canaletas / 6-Piso de Concreto.

Figura 05. Principais equipamentos exigidos num posto de combustível (Fonte: ROCHE, 2003)

2.2.6.1 Válvula retentora de vapor

A válvula retentora de vapor é instalada no respiro dos tanques de combustíveis e tem a função de evitar a contaminação do meio ambiente (NACIONAL, 2004). A Figura 06 apresenta um modelo desse dispositivo.



Figura 06. Válvula retentora de vapor (Fonte: NACIONAL, 2004)

2.2.6.2 Caixas separadoras

Os óleos e graxas acumulados sobre a pista de abastecimento, nos postos de combustíveis, e setor de troca de óleo e lavagem, nos postos e lava-jatos podem ser separados das águas por meio de tecnologias simples. Uma delas, de baixo custo de implantação e de fácil operação e manutenção, baseia-se na utilização de caixas separadoras, dotadas de um dispositivo (chicana) que permite o escoamento da água e a retenção dos óleos e graxas, se assemelhando bastante às caixas de gordura. A utilização destes equipamentos ajuda na redução do lançamento de volume significativo de óleos e graxas nas águas (UNILIVRE, 2002). Além da separação de óleos e graxas, a caixa serve, na maioria das vezes, para retenção de materiais sólidos como a lama e areia.

A caixa separadora baseia-se no princípio da separação pela diferença de gravidade específica entre a água e outros materiais, como graxas, óleos, sólidos e sólidos impregnados com óleo. Os materiais sólidos, como a areia e a lama serão separados pelo processo de decantação, e o óleo será separado por flotação, ou decantação invertida. Segundo Gomide (1980), a decantação consiste no movimento de partículas no interior de um líquido, provocado pela ação da gravidade. Ela pode visar três objetivos: clarificação do líquido, espessamento da suspensão ou lavagem dos sólidos. O primeiro caso, que é o que se busca com a caixa separadora, visa obter um líquido com o mínimo de sólidos, partindo-se de uma suspensão com baixa concentração de sólidos. No segundo caso, o que se busca é um sólido com o mínimo de líquidos e no terceiro o objetivo é passar um sólido de um líquido para outro, para lavá-lo sem recorrer à filtração (GOMIDE, 1980).

A flotação nada mais é que o processo inverso da decantação (GOMIDE, 1980). As gotículas de óleo, por praticamente não estarem emulsionadas e serem menos densas que a água, subirão e se acumularão na superfície. A concentração dos resíduos oleosos e de produtos sólidos será insignificante tanto para a velocidade de flotação quanto para a de decantação, pois quem determina a velocidade de flotação do óleo são as gotículas menores e quem determina a velocidade de decantação dos resíduos sólidos são as partículas menores. De maneira geral, menos de 1% das partículas sólidas não decantam e também menos de 1% das gotículas de óleo apresentam tempo de flotação muito elevado. Esses resíduos acabam sendo arrastados pela corrente de água (CENTRO DE PESQUISAS E PLANEJAMENTO AMBIENTAL, 2003).

Com relação aos outros produtos químicos em excesso e que não são miscíveis em água como detergentes, desengraxantes, decapantes e outros produtos utilizados na lavagem,

não são separados na caixa separadora, portanto seu uso deve ser controlado. Além disso, esses produtos podem provocar corrosão nas paredes das caixas. Por isso é recomendado, para as caixas fabricadas em concreto, que as paredes internas sejam totalmente impermeáveis, podendo ser rebocadas com cimento, areia e vedacit e sobre a argamassa há a necessidade de 2 demãos de Neutrol (CENTRO DE PESQUISAS E PLANEJAMENTO AMBIENTAL, 2003).

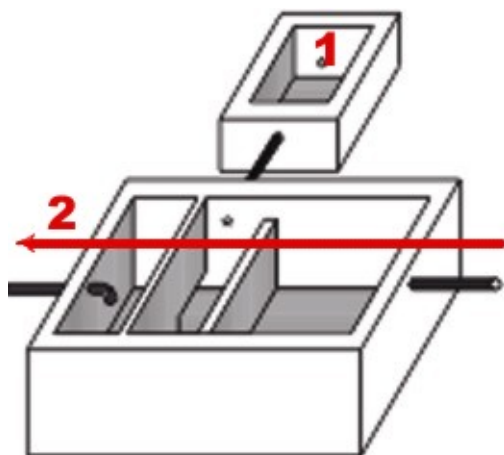
Um sistema ideal de tratamento, considerando um efluente bruto com alta variabilidade de características seria o seguinte: célula para decantação de sólidos, célula de flotação para retenção de óleos e graxas livres, filtro de areia, que permitiria o reuso do efluente para a mesma finalidade, com níveis de reciclagem de 50% e filtro de carvão ativado que permitiria o reuso, com níveis de reciclagem de 95%. No caso dos postos de combustíveis, que produzem efluentes regulares, considera-se que uma caixa separadora com a presença de células de decantação e flotação é suficiente para uma boa eficiência de tratamento.

De acordo com Roche (2003), as caixas separadoras de água e óleo devem ser dimensionados em função da área que destinam a atender e são eficientes quando limpas em curtos períodos tempo. Os resíduos sólidos devem ser removidos semanalmente ou a cada três dias, dependendo da quantidade produzida. Normalmente recomenda-se retirar a lama quando atingir 30% do volume útil da caixa. Os resíduos líquidos como óleos e graxas devem ser removidos semanalmente ou quando atingir 50% do volume da mesma (IMAGEO ENGENHARIA AMBIENTAL, 2004).

Quanto ao número de células, normalmente utiliza-se a caixa separadora com quatro compartimentos, sendo o primeiro uma caixa desanadora, para reter o excesso de areia, o segundo e terceiro para a separação do óleo e o último a caixa de água, onde o efluente estará pronto para ser lançado na rede de esgoto. Além desses, é utilizada uma caixa para depósito de óleo retirado da superfície do efluente durante a separação.

Segundo Roche (2003), as caixas devem ser do modelo exigido pelo órgão ambiental estadual (se houver) e construída com revestimento de concreto, fibra de vidro ou chapas pré-moldadas. Na Figura 07 é apresentado um modelo de caixa separadora de água e óleo.

A maioria das caixas separadoras é fabricada em concreto, mas existem algumas como a desenvolvida pelo brasileiro Francisco da Cruz Piedade, chamada de Separador Coletor de Água e Óleo (Secoil), que é fabricada em fibra de vidro e polietileno, podendo ser utilizado em pequenas vazões, como os postos de combustíveis, e até em grandes fontes de resíduos como refinarias e siderúrgicas (ECOVIAJEM, 2002).



LEGENDA: 1-Óleo Retido / 2-Caminho da Água.

Figura 07. Caixa separadora de água e óleo (Fonte: ROCHE, 2003)

De acordo com o fabricante, o equipamento garante a qualidade do efluente com índices regulados com o da legislação, além de garantir o baixo índice de água no óleo destinado ao rerrefino. Ele também possui uma válvula de densidade que protege contra vazamentos, evitando derrames nas instalações. O sensor de densidade é aberto para a passagem da água e se fecha para impedir a entrada de óleo, que é captado e armazenado em reservatório à parte. A água é devolvida ao curso original, podendo ser, inclusive, reaproveitada no processo industrial (ECOVIA GEM, 2002).

Existem ainda alguns modelos em polipropileno como o SAOPAC-4000 e o SAOPAC-2000, que são especialmente desenvolvidos para locais que disponham de área e mão-de-obra reduzidas, como os postos de combustíveis, oficinas e garagens.

Primeiramente as águas poluídas passam por uma caixa gradeada que retém os sólidos grosseiros (papel, estopa, plástico, etc). Em seguida, sólidos menores, porém de densidade superior à da água, como areia e terra, depositam-se na parte anterior do equipamento. As águas oleosas, já isentas de sólidos, seguem para a principal fase do tratamento – a separação do óleo. Três módulos coalescedores fabricados em polímero acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS), revestidos com policloreto de vinila (PVC), e instalados a 45°, determinam condições hidráulicas favoráveis à separação das fases oleosa e aquosa. O óleo separado fica retido acima dos módulos, até que a única válvula do equipamento seja acionada, drenando o óleo sobrenadante para a respectiva caixa de acúmulo situada no próprio interior do SAOPAC. O SAOPAC- 4000 apresenta comprimento, largura e altura maiores que o SAOPAC-2000.

Um outro tipo de caixa separadora é aquela desenvolvida pela Zeppini (2004), que também utiliza o princípio de separação por meio de elemento coalescente. Porém, trata-se de

uma caixa fechada, onde o acesso para manutenção e inspeção é feito por meio de duas entradas superiores. Ela ainda prevê a instalação de dois módulos auxiliares para a separação de sólidos e coleta de óleo. A Figura 08 apresenta o modelo dessa caixa separadora.



Figura 08. Caixa separadora de água e óleo ZP - 2000 (Fonte: ZEPPINI, 2004)

Segundo a Superintendência de Água e Esgotos de Ituiutaba (2004), as caixas separadoras de água e óleo devem receber todo o efluente das unidades de limpeza de veículos e peças dos postos de combustíveis e estar ligadas nas redes de esgoto. Além do óleo, estas caixas devem também impedir a passagem dos materiais sedimentáveis, como a areia, e outros materiais que geralmente se perdem durante as limpezas, como flanelas, estopas e pedaços de tecidos. Além disso, não devem conter águas pluviais, oriundas do escoamento em pátios e telhados.

Ainda de acordo com o órgão estadual, para o bom funcionamento das redes e do tratamento do esgoto é de fundamental importância a existência da caixa separadora de água e óleo e sua correta operação e manutenção. A presença de estopas e pedaços de tecidos, além do acúmulo de terra e areia, proveniente dos postos, oficinas e lava-jatos, acarreta muito dos problemas de entupimento das tubulações das redes. Além disso, é proibida a ligação de água pluvial nas caixas, pois durante as chuvas podem levar grande volume de água para as redes de esgoto, que não são projetadas para recebê-las, causando transbordamento de esgotos nos imóveis e dificultando o tratamento. Sendo assim, conforme orientação da Fundação Estadual

do Meio Ambiente de Minas Gerais, os locais de lavagem de veículos devem ser cobertos para evitar a presença de água de chuva nas instalações de esgoto. A ligação da caixa separadora na rede de esgoto é proibida no caso de estas áreas serem descobertas, devendo as mesmas lançarem seus efluentes na sarjeta para escoarem pelo sistema de galerias pluviais.

2.2.6.2.1 Vasos separadores gravitacionais

Além das caixas separadoras nos postos de combustíveis, nos processos de produção de petróleo são empregados normalmente outros métodos de separação de água e óleo, como, por exemplo, os vasos separadores gravitacionais, os mais comumente empregados. Esses vasos removem de grande parte da água presente nos processos de produção de petróleo. Para o projeto destes vasos são utilizados, geralmente, dois parâmetros básicos de processo: o tempo de residência necessário à separação das fases líquidas (petróleo e água) e a temperatura. Os demais sistemas e equipamentos envolvidos no processo como caldeiras, aquecedores, permutadores, tratadores eletrostáticos, sistema de bombeio e transferência, sistema de tratamento de águas oleosas, dentre outros, são projetados em função da eficiência obtida na separação gravitacional água-óleo (RAMALHO, 2000). Um tipo de separador gravitacional é o separador água e óleo (SAO) API, designação de American Petroleum Institute. O fluxograma da Figura 09 mostra como funciona esse separador.

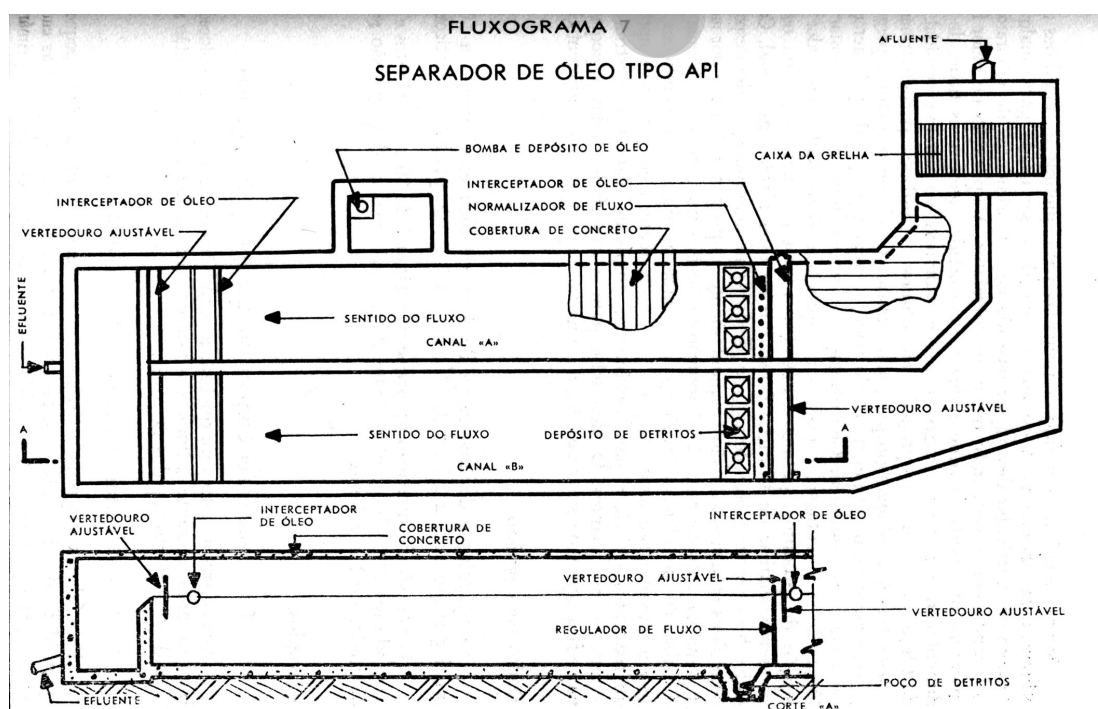


Figura 09. Separador de óleo tipo API (Fonte: BRAILE, 1971)

De acordo com a Figura 09, o SAO tipo API consiste em dois canais paralelos dimensionados de forma a permitir a separação do óleo, indo este para a superfície, onde é adequadamente coletado por calhas coletoras (interceptadores de óleo). Ele ainda pode ser equipado com pontes raspadoras para empurrar o óleo superficial e as borras de fundo na direção dos pontos de coleta e também apresentar depósito de detritos (FERREIRA et al., 2000).

2.2.6.3 Tanques subterrâneos

Segundo Roche (2003), o tipo de tanque subterrâneo a ser utilizado nos postos depende das características geológicas do terreno onde o posto encontra-se instalado e da classificação da área de entorno. A utilização de tanque jaquetado, de parede dupla, pode ser considerada como a solução mais segura e econômica, pois permite monitoramento eletrônico intersticial (entre as paredes). Na Figura 10, é apresentado um modelo de tanque subterrâneo, contendo câmara de contenção de descarga e câmara de acesso à boca de visita.

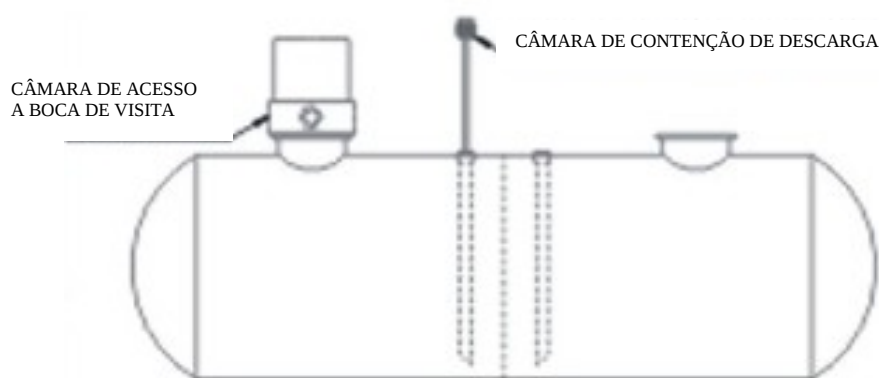


Figura 10. Tanque subterrâneo (Fonte: ROCHE, 2003)

A classificação dos postos de serviço em relação à área em torno (raio de 100 m) é feita pela NBR 13.786 que apresenta quatro classes: classe 0, classe 1, classe 2 e classe 3. A Tabela 02 mostra as características de cada classe.

Para os postos da classe 0, classe 1 e classe 2, exige-se um dos seguintes tipos de tanques:

- tanque fabricado em material não metálico, conforme a NBR 13.212;
- tanque fabricado em aço-carbono, de acordo com a NBR 13.312, com revestimento externo resistente à corrosão e proteção catódica;

Tabela 02. Classificação dos postos de serviço conforme o ambiente em torno (raio de 100 m)

Classe 0
- quando não possuir nenhum dos fatores de agravamento das classes seguintes
Classe 1
- rua com galeria de drenagem de águas - galeria de esgoto ou de serviços - fossa em áreas urbanas - edifício multifamiliar sem garagem subterrânea, até quatro andares
Classe 2
- edifício multifamiliar com garagem subterrânea, com mais de quatro andares - favela, em cota igual ou superior - edifício de escritórios comerciais, com quatro ou mais andares - garagem ou túnel, construídos no subsolo - poço de água, artesianos ou não, para consumo doméstico - casa de espetáculo ou templo
Classe 3
- hospital - metrô - atividades industriais de risco (conforme NR-16) - água de subsolo utilizada para consumo público de cidade (independente do raio 100m) - corpos naturais superficiais de água destinados à: a) abastecimento doméstico b) proteção das comunidades aquáticas c) recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho) d) irrigação e) criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana

Fonte: NBR 13.786 /2001

- tanque fabricado em aço-carbono, de acordo com a NBR 13.312, com revestimento externo resistente à corrosão que dispense proteção catódica;

- qualquer uma das opções da classe 3.

Para os postos da classe 3, exige-se um dos seguintes tipos de tanques:

- tanque de parede dupla, fabricado em aço-carbono, conforme NBR 13.785, com revestimento externo resistente à corrosão e proteção catódica;

- tanque de parede dupla, fabricado em aço-carbono, conforme NBR 13.785, com revestimento reforçado resistente à corrosão e que dispense proteção catódica;

- tanque de parede dupla, fabricado em aço-carbono, conforme NBR 13.785, com revestimento externo resistente à corrosão, sendo a última de material não-metálico;

- tanque de parede dupla, fabricado em material não-metálico.

2.2.6.4 Poço de monitoramento

Os poços de monitoramento são sistemas utilizados para monitorar eventuais vazamentos de combustíveis no subsolo. A posição dos tanques no terreno e as informações geológicas do subsolo deverão servir de base para a locação dos poços de monitoramento. Eles deverão chegar pelo menos a um metro de profundidade abaixo dos tanques, independentemente da presença de água. Caso não seja encontrada água, o poço de monitoramento deverá ser construído de forma a permitir o monitoramento de vapor (poço de vapor). A tampa do poço e o tampão de calçada deverão ser inspecionadas a fim de se verificar se não está havendo contaminação do poço. Análises de TPH (hidrocarbonetos totais de petróleo) devem ser realizadas em todos os poços de monitoramento existentes no empreendimento pelo período determinado pelo órgão ambiental. Seus resultados devem ser encaminhados ao órgão de fiscalização (ROCHE, 2003). No caso de não haver poços de monitoramento, a NBR 13.786 exige ensaios de estanqueidade periódicos nos tanques subterrâneos.

2.2.6.5 Canaletas

As canaletas são dispositivos destinados a direcionar as águas da pista de abastecimento para a(s) caixa(s) separadoras. Elas deverão contornar toda a ilha de abastecimento e estar localizadas na área protegida pela cobertura, de forma a evitar que colem também a água da chuva. A fim de impedir que resíduos sólidos sejam carregados

juntamente com efluentes para a(s) caixa(s) separadora(s) elas deverão ser limpas se possível diariamente. (ROCHE, 2003).

Na Figura 11 é apresentado um modelo de poço de monitoramento e na Figura 12, a foto de uma canaleta.

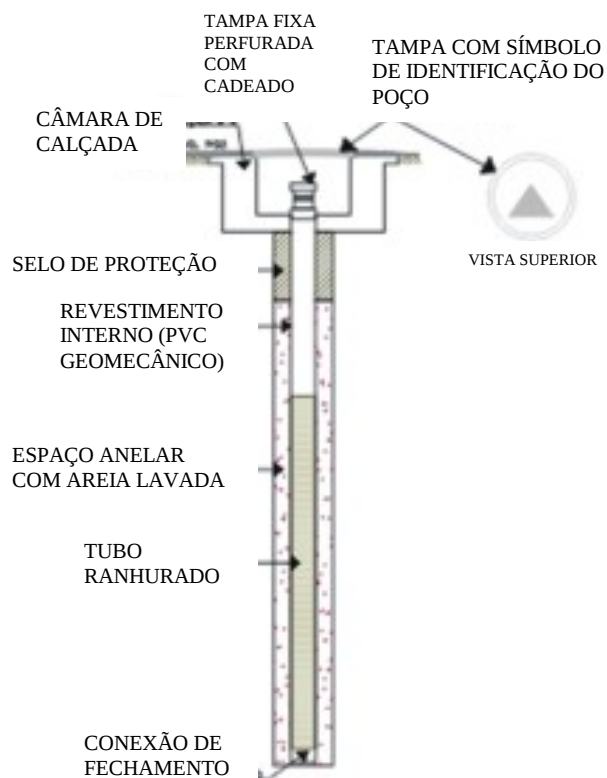


Figura 11. Poço de monitoramento (Fonte: ROCHE, 2003)



Figura 12. Canaleta (Fonte: ROCHE, 2003)

2.2.6.6 Piso em concreto

A função do piso em concreto é o de evitar a passagem de poluentes para o subsolo. Este deverá ser construído sobre malha de ferro e ter sua superfície alisada de forma a garantir o escoamento dos líquidos pela sua superfície. Deverá ter caimento orientado para o sistema de canaletas instaladas em torno das ilhas de abastecimento. Não deverão existir trincas, fraturas ou juntas abertas no piso. (ROCHE, 2003)

Na Figura 13, é apresentado um corte esquemático do piso em concreto exigido em postos de combustíveis.

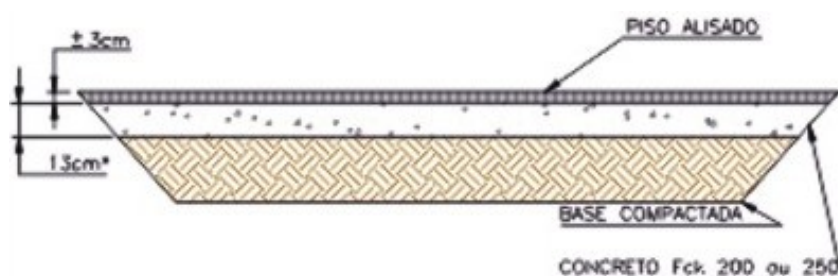


Figura 13. Corte esquemático do piso em concreto (Fonte: ROCHE, 2003)

2.2.7 O problema dos óleos emulsionados nos despejos

Segundo Braille (1971), os separadores por gravidade, baseados nos princípios de sedimentação, não separam os óleos emulsionados dos despejos. A presença de óleos emulsionados pode, na verdade, atrasar sua recuperação. No entanto, as emulsões oleosas poderão ser coletadas separadamente, o mais próximo das fontes possível, e tratadas por métodos de quebra de emulsão para se ter a coalescência das gotas de óleo. Após a coalescência, os óleos nos despejos podem ser separados pelos métodos de gravidade diferencial.

Segundo o autor, as emulsões verdadeiras ou emulsões água-óleo são constituídas de minúsculas gotas de óleo completamente dispersas na água e que permanecem em suspensão estável por meio de álcalis ou outros agentes químicos emulsionantes; elas são turvas, com aparência de leite, de cinza pérola ou com coloração mais escura. Esse tipo de emulsão é comum nos despejos das refinarias de petróleo, despejos das fábricas de gás e efluentes de outras indústrias.

Por outro lado, Braile (1971) admite que as emulsões óleo – água, apesar de serem menos comuns são mais importantes. Nelas o óleo é a parte contínua e a água existe em minúsculas gotas. As emulsões óleo - água existem, por exemplo, no fundo dos tanques de armazenagem de produtos petrolíferos. Elas podem existir mesmo na ausência de qualquer agente químico emulsionante e são estáveis devido ou a alta viscosidade do óleo ou porque as gravidades específicas do óleo e água são aproximadamente iguais. Essas misturas são instáveis e podem ser quebradas por diminuição da viscosidade do óleo ou por uma estagnação prolongada. No caso das gravidades específicas serem exatamente iguais as minúsculas gotas não se sedimentarão, mesmo após a coalescência.

De acordo com o autor, existem muitas técnicas que podem ser empregadas para se quebrar as emulsões dos efluentes das indústrias. A escolha deverá se basear em experimentos de laboratório e nos custos.

Uma delas é a aplicação de calor que provoca trocas físicas e químicas no sistema coloidal, reduz a viscosidade e acelera as taxas de sedimentação. Junto com o calor pode ser empregada a centrifugação, que também pode ser utilizada sozinha ou com adição de produtos químicos. A centrifugação aumenta as forças de sedimentação. Em algumas emulsões particularmente resistentes tem sido empregada a destilação. Filtração com terra diatomácea ou outro elemento auxiliar de filtração é normalmente uma técnica funcional.

No entanto, duas técnicas completamente distintas na manipulação de despejos com óleos emulsionados são freqüentemente empregadas. Uma é por meio de equipamento de flotação e aeração instalados no centro do sistema de distribuição de óleos solúveis, para manter os óleos em condições de serem reusados por muito tempo. A outra consiste no emprego de reagentes químicos para quebrar as emulsões oleosas e destruir agentes emulsionantes. O óleo sobe para a superfície, mas uma pequena parte fica agregada aos reagentes químicos e é removida por sedimentação (BRAILE, 1971). O fluxograma da Figura 14 mostra os tipos de tratamento de óleos solúveis.

2.2.8 Licenciamento ambiental dos postos

No estado de São Paulo, houve em 2001, junto a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB, o cadastramento dos postos de gasolina, sistemas de armazenamento de combustíveis, postos de abastecimentos próprios e postos flutuantes visando o licenciamento ambiental. A Resolução Conama n. 273 (ANEXO B) determinou a obrigatoriedade do licenciamento ambiental desses estabelecimentos, abrangendo todos os

empreendimentos, novos ou já existentes, assim como nos casos de reforma e ampliação das instalações. Isso ocorreu devido ao fato de grande parte desses estabelecimentos – cerca de 8 mil no estado de São Paulo - localizarem-se em áreas densamente povoadas, podendo colocar em risco a população, nos casos de vazamentos (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO, 2001).

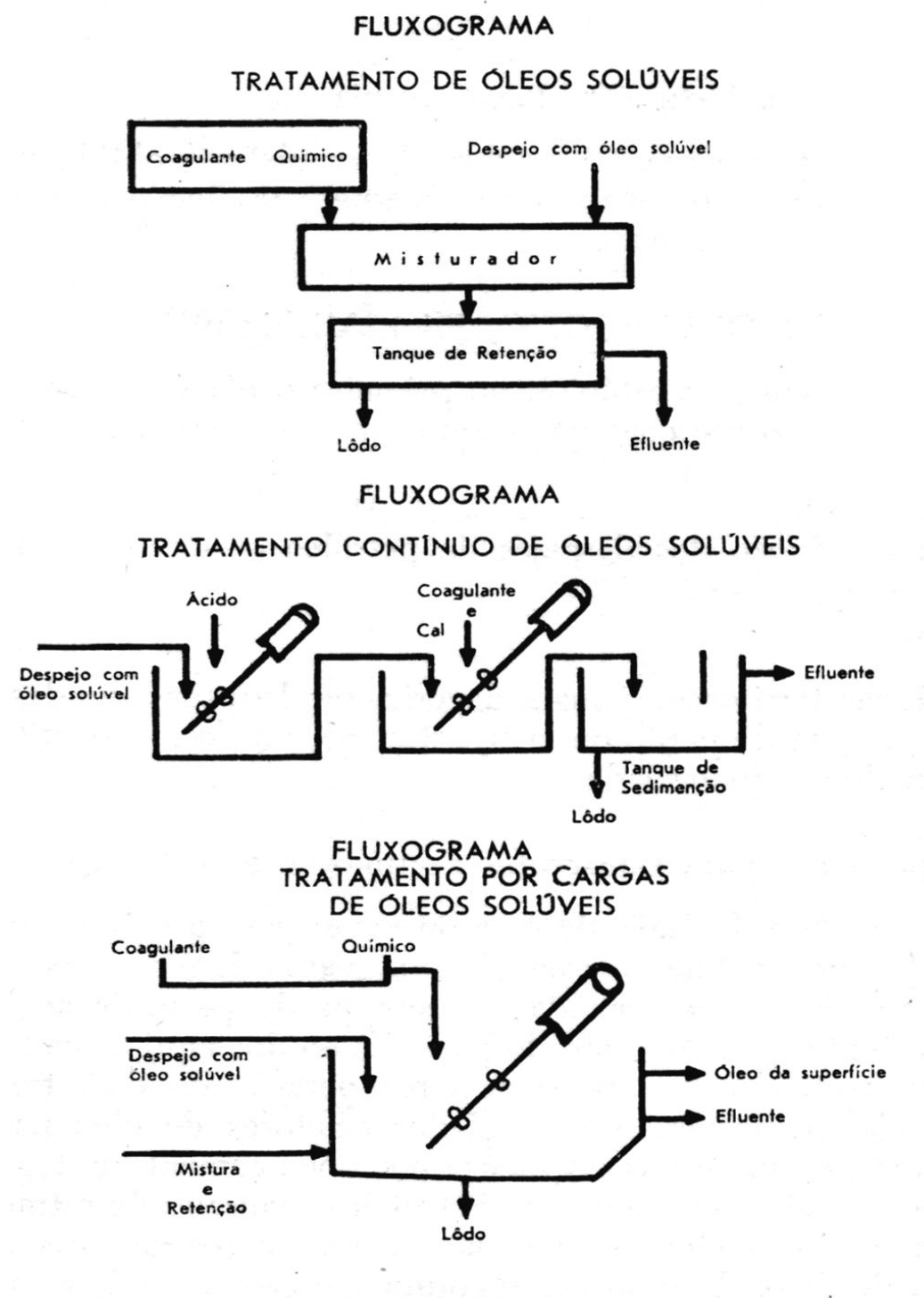


Figura 14. Tratamento de óleo solúveis (Fonte: BRAILE, 1971)

O licenciamento ambiental seria a permissão que o órgão ambiental fornece ao empreendedor para que ele possa realizar seu empreendimento. O licenciamento é um processo de controle, sendo um dos instrumentos de gestão ambiental do órgão Estadual de Meio Ambiente. O licenciamento ambiental reúne procedimentos técnico-científicos, jurídicos e administrativos, que servem de base à tomada de decisões sobre licenciar ou não atividades potencialmente poluidoras. Para qualquer atividade que possa causar danos ao meio ambiente como poluição do ar, contaminação do solo, poluição de corpos hídricos e outros é necessário a obtenção do licenciamento junto ao órgão ambiental responsável (PANIZZI; PIRES, 2004).

Nos últimos anos houve, segundo dados da CETESB, um número significativo de ocorrências de vazamento de combustíveis devido à inadequada manutenção de reservatórios. A falta de treinamento e de pessoal adequado para detectar vazamentos são fatores que também contribuem para o risco de explosões e incêndios, além de contaminação do solo, corpos d'água subterrâneos e superficiais, e da poluição.

De acordo com a Divisão de Tecnologia de Riscos Ambientais da companhia, os vazamentos nos postos de gasolina têm sido responsáveis por cerca de 10% de todas as emergências ambientais atendidas, com 33 casos registrados em 1997, 69 em 1998, 67 em 1999, 54 em 2000 e 17 até junho de 2001.

Antes da resolução federal, a CETESB só podia autuar os estabelecimentos em casos de vazamentos após receber uma denúncia e constatar a efetiva poluição. Com os dados coletados no cadastramento, a companhia teria informações precisas de quantos são os postos e onde estão localizados, realizando um amplo diagnóstico do estado dos seus equipamentos e instalações, no propósito de prevenir eventuais problemas de vazamento e exigir as providências necessárias no caso de suspeitas de vazamento (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO, 2001).

A CETESB determinou que o prazo para o licenciamento dos postos seria de no máximo cinco anos, e eles teriam 12 anos para adequarem-se. Para obtenção do licenciamento, o posto revendedor deve apresentar alguns documentos que comprovam que sua operação não está comprometendo o meio ambiente, como por exemplo, relatórios dos testes de estanqueidade e análises de solo (REVISTA COMBUSTÍVEIS, 2002).

Os principais pontos da Resolução Conama nº 273 de 29 de novembro de 2000, em que se baseiam as regras do licenciamento, são:

- A localização, construção, instalação, modificação, ampliação e operação de postos revendedores, postos de abastecimento, instalações de sistemas retalhistas e postos flutuantes

de combustíveis dependerão de prévio licenciamento do órgão ambiental competente, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis;

- Todos os projetos de construção, modificação e ampliação dos empreendimentos previstos neste artigo deverão, obrigatoriamente, ser realizados, segundo normas técnicas expedidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e, por diretrizes estabelecidas nesta Resolução ou pelo órgão ambiental competente.

- Os equipamentos e sistemas destinados ao armazenamento e a distribuição de combustíveis automotivos, assim como sua montagem e instalação, deverão ser avaliados quanto à sua conformidade, no âmbito do Sistema Brasileiro de Certificação.

- Órgão ambiental competente exigirá as seguintes licenças ambientais: licença prévia (LP), licença de instalação (LI) e licença de operação (LO);

- A resolução exige para obtenção de licença prévia e de instalação, entre outros, croqui de localização do empreendimento, indicando a situação do terreno em relação ao corpo receptor e cursos d'água e identificando o ponto de lançamento do efluente das águas domésticas e residuárias após tratamento, tipos de vegetação existente no local e seu entorno, bem como contemplando a caracterização das edificações existentes num raio de 100 m com destaque para a existência de clínicas médicas, hospitais, sistema viário, habitações multifamiliares, escolas, indústrias ou estabelecimentos comerciais; caracterização hidrogeológica com definição do sentido de fluxo das águas subterrâneas, identificação das áreas de recarga, localização de poços de captação destinados ao abastecimento público ou privado registrados nos órgãos competentes até a data da emissão do documento, no raio de 100 m, considerando as possíveis interferências das atividades com corpos d'água superficiais e subterrâneos; caracterização geológica do terreno da região onde se insere o empreendimento com análise de solo, contemplando a permeabilidade do solo e o potencial de corrosão; classificação da área do entorno dos estabelecimentos que utilizam o Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustível (SASC) e enquadramento deste sistema, conforme NBR 13.786;

- Caberá ao órgão ambiental licenciador, exercer as atividades de fiscalização dos empreendimentos de acordo com sua competência estabelecida na legislação em vigor.

Além do disposto na resolução Conama nº 273, segundo Fonseca et al. ([200-]), são englobados ainda nas fases de instalação, operação e manutenção do empreendimento, medidas de controle ambiental mitigadoras de impactos negativos e maximizadoras de impactos positivos. Entre essas medidas destacam-se as seguintes: prevenção e controle de processos erosivos, com o intuito de manter a estabilidade do solo e evitar a contaminação do

lençol freático; compensação ambiental quando houver retirada de vegetação, considerando, inclusive, o disposto no Decreto nº 14.783, de 17 de junho de 1993, que aborda o tombamento de espécies arbóreo-arbustivas; sistema de tratamento de efluentes líquidos; disposição de resíduos sólidos; sistema de sinalização (indicativa, educativa e de segurança); detalhamento do tipo de tratamento e controle de efluentes provenientes das áreas de bombas, dos tanques e áreas sujeitas a vazamento de derivados de petróleo ou de resíduos oleosos; previsão de recolhimento e disposição adequadas de óleo lubrificante usado (Resolução Conama nº 09/1993).

Ainda de acordo com os autores, faz parte do licenciamento a exigência da elaboração do sistema de procedimentos operacionais e de um plano de manutenção de equipamentos. Além disso, é exigido um plano de resposta a incidentes, que englobe: formas de comunicação de ocorrências, ações imediatas previstas e articulação institucional com os órgãos de segurança competentes.

2.2.9 Objetivos do licenciamento

De acordo com a Fepam (2002), a regularização do licenciamento do comércio varejista de combustível e serviço visa que todos os postos tenham:

- caixas separadoras água/óleo, nos setores de lavagem, troca de óleo e drenagem do piso da área de bombas.
- piso impermeável na área de bombas, com drenagem para caixa separadora.
- sistema de detecção de vazamento dos tanques subterrâneos e tubulações, além do controle manual de estoque (LMC), considerando as características geológicas da área e de acordo com a NBR 13.786, da ABNT.
- armazenamento e destino adequado dos resíduos perigosos: lodo e óleo das caixas separadoras, óleos lubrificantes usados, embalagens de óleo e filtros de óleo usados.
- medidas de redução de emissões de hidrocarbonetos dos combustíveis, tanto nas operações de abastecimento dos tanques de combustíveis como no abastecimento de veículos.
- tanques subterrâneos de combustível construídos de acordo com as normas ABNT.

A NBR 13.786 exige para os postos de combustíveis equipamentos e sistemas de controle de vazamento dos tanques subterrâneos, e proteções contra derramamentos e transbordamentos tanto na unidade de abastecimento, como quando do abastecimento dos tanques. Os equipamentos serão exigidos de acordo com a classe do posto de combustível. A Tabela 03 apresenta a distribuição dos equipamentos segundo a classe do posto.

Tabela 03. Distribuição dos equipamentos conforme classificação do posto de serviço

Proteção contra	Classe 0	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Vazamento	Uma única válvula de retenção junto à sucção da bomba	As opções da Classe 0	As opções da Classe 1	As opções da Classe 2
	Poço de monitoramento de águas subterrâneas ou de vapores ou ensaio de estanqueidade			Monitoramento intersetorial automático
	Controle de estoques manual ou automático			
Derramamento	Caixa separadora de água e óleo	As opções da Classe 0	As opções da Classe 1	As opções da Classe 2
	Câmara de acesso à boca de visita do tanque	Canaleta de contenção da cobertura		Câmara de contenção sob a unidade abastecedora
Transbordamento	Descarga selada	As opções da Classe 0	As opções da Classe 1	As opções da Classe 2
	Câmara de contenção de descarga		Válvula de proteção contra transbordamento	
			Alarme de transbordamento	
			Válvula de retenção de esfera flutuante	

Fonte: NBR 13.786 /2001

No Estado do Paraná, o órgão responsável pelo licenciamento é o Instituto Ambiental do Paraná – IAP. Este órgão exigirá a apresentação do “Requerimento de Licenciamento Ambiental” quando da solicitação de licenciamento de qualquer atividade poluidora degradante ou modificadora do meio ambiente. Este documento representa a formalização legal e legítima da solicitação de licenciamento junto ao IAP (PANIZZI; PIRES, 2004).

Para o licenciamento de qualquer novo empreendimento, o IAP exigirá as licenças prévia (LP), de instalação (LI) e operação (LO). No caso de empreendimento já existente a solicitação de qualquer uma das licenças deve estar de acordo com a fase em que se encontra a atividade, mesmo que não tenha obtido anteriormente a licença prevista em Lei. Por

exemplo, atividades que estiverem em fase de ampliação e não possuírem a LO, deverão solicitar, ao mesmo tempo, a LO da parte existente e a LP para a nova situação. No caso de já possuírem a LO, deverão solicitar LP para a situação pretendida. Além disso, é exigido o estudo de passivos ambientais em postos armazenadores de combustíveis líquidos para postos instalados há mais de cinco anos (PANIZZI; PIRES, 2004).

Além dos documentos exigidos em cada etapa do licenciamento é necessário o preenchimento do formulário de cadastro de postos e sistemas de armazenamento (retalhistas) de combustíveis (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, 2004).

O IAP também exige, para os postos já em funcionamento, análises químicas comprovando a eficiência das caixas separadoras de água, óleo e graxas. Para atender aos postos, o Sindicombustíveis do Paraná inaugurou um laboratório que promove a coleta de amostras de água da saída das caixas separadoras e realiza análises para verificar a concentração de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e óleos e graxas. O laboratório observa as normas da ABNT, da American Public Health Association (APHA) e da American Water Works Association (AWWA) e tem capacidade para atender 300 postos mensalmente. Uma amostra de três litros de água é necessária para cada análise e um profissional treinado atende a todas as especificações técnicas, realizando o trabalho de coleta e transportando as amostras com segurança. O laboratório realiza também análises de amostras de poços de monitoramento em parceria com a empresa Chronion (REVISTA COMBUSTÍVEIS, 2002). No entanto, para que o IAP reconheça a validade dos resultados, é necessário que uma pessoa do órgão ambiental acompanhe o processo de coleta e análise das amostras.

Um dos Estados mais avançados na questão do licenciamento ambiental é o Rio Grande do Sul. Lá existem parcerias com laboratórios especializados, que oferecem aos revendedores todo o tipo de testes necessários para o cumprimento das exigências legais, inclusive com a análise de lodo. Todos os estabelecimentos já estão cadastrados e grande parte já está licenciada de acordo com a resolução Conama. Existe também a preocupação com a manutenção de válvulas e equipamentos, e os funcionários dos postos estão sendo treinados para ficarem preparados para o atendimento emergencial (REVISTA COMBUSTÍVEIS, 2002).

Porém, uma preocupação quanto a regularização dos postos é o custo, pois muitos estabelecimentos operam com equipamentos antigos, com vida útil chegando ao fim, e a substituição não demandaria apenas recursos financeiros (em geral feito em parceria com companhia distribuidora, que na maioria das vezes, é proprietária dos equipamentos), mas

exigiria a paralisação total ou parcial durante a reforma, o que poderia levar até ao fechamento do posto (REVISTA COMBUSTÍVEIS, 2002).

2.2.10 Autorização da instalação de postos de combustíveis

Sendo o vazamento de combustíveis uma das causas mais frequentes de contaminação dos lençóis freáticos, o poder de autorizar a instalação dos postos foi retirado das prefeituras e passou a ser atribuição exclusiva da Agência Nacional do Petróleo – ANP em articulação com agências ambientais do governo. A portaria ANP N°116, de 5 de julho de 2000 (ANEXO C), regulamenta o exercício da atividade de revenda varejista de combustível automotivo (AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, 2000).

Segundo Lopes (2002b), os mais de 100 mil tanques de combustível dos 28.753 postos de gasolina que operavam em todo o país em 2002, seriam submetidos a uma constante vigilância quanto a vazamentos. Os infratores sofreriam severas punições, que iriam desde a aplicação de pesadas multas, até a suspensão das atividades e o cancelamento da autorização de funcionamento.

Devido à ausência de fiscalização, os postos não se preocupavam em identificar os pequenos vazamentos, considerando que a perda resultava do processo de colocação do combustível nos tanques dos veículos e dos níveis normais de evaporação.

O objetivo da ANP é obrigar os administradores a utilizarem equipamentos de medição que permitam comparar o volume comercializado com o existente no tanque e, com a da diferença encontrada, definir se há perda além dos volumes normais (LOPES, 2002b).

2.2.11 Lavagem e troca de óleo

Segundo Lopes (2002b), a lavagem nos postos de combustíveis teve sua demanda aumentada consideravelmente nos últimos anos, quando ela começou a ser oferecida gratuitamente, ou como atrativo para quem abastecer no posto que oferece o serviço.

Em relação à troca de óleo, o autor afirma que apesar do interesse dos postos em recuperar o óleo queimado, que é revendido a preço baixo para diversos usuários, fatalmente ocorre a perda de pequenas quantidades, que se infiltram no solo ou então seguem para o sistema de esgotos pluviais, quando da lavagem do local de troca do óleo.

Com relação à lavagem dos veículos, Lopes (2002b) destaca que ela é ainda mais prejudicial ao meio ambiente. Além dos resíduos de óleo e graxa existentes no veículo, a

lavagem utiliza produtos químicos que, juntamente com o óleo, chegam à rede de esgotos, e, com o tempo, podem obstruir os coletores e até danificar instalações das estações de tratamento de esgoto.

Ficará a cargo das empresas estaduais e municipais de abastecimento de água baixar instruções sobre como evitar que os efluentes oleosos alcancem os lençóis freáticos ou os sistemas de esgoto, e impor sanções aos infratores, seja nos postos de combustível, seja nos chamados lava-jatos (LOPES, 2002b).

Lopes (2002b) sugere que a utilização de caixas de areia, caixas separadoras e caixas coletores de óleo é, em geral, o que se mais recomendam aos postos de combustível e aos lava-jatos, embora com pouco sucesso, justamente por falta de fiscalização e de uma ação punitiva eficaz.

2.2.12 Descarte de frascos plásticos

Um fator adicional ao problema é que os postos de combustíveis descartam para o meio ambiente frascos plásticos de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), contaminados com óleo lubrificante e aditivos, utilizados na manutenção dos veículos automotores. Como o tempo de biodegradação do PEAD é muito longo (acima de 100 anos), estes frascos reduzem o tempo de vida útil dos lixões e aterros sanitários. O óleo residual contido nestes frascos provoca poluição do solo, dificultando também o processo de reciclagem, pois exigem uma etapa de descontaminação. Como não existe um processo de descontaminação disponível, os recicladores são desencorajados a reciclarem os citados frascos (FAPESP, 2002).

Diante disso o projeto da Fapesp (2002), intitulado “Inovação Tecnológica de Reciclagem de Frascos Plásticos de Postos de Gasolina” objetiva estudar e desenvolver processos de recuperação e reciclagem de óleo lubrificante, aditivos e PEAD, originários de frascos residuários de Postos de Combustíveis. Objetiva ainda estudar e desenvolver sistemas de captação dessa matéria prima, tendo como resultado final um programa global viável de retorno à vida útil desses resíduos poluentes, com ganhos bastante positivos em termos ambientais, econômicos e sociais.

3 ÁREA DE ESTUDO

Para o desenvolvimento deste trabalho foi escolhido o município de Maringá, localizado no Estado do Paraná, onde estão situados os postos de combustíveis, objeto desta pesquisa.

De acordo com Silveira (2003), o município possui uma extensão territorial de aproximadamente 472 km², situando-se sobre o Terceiro Planalto Paranaense, na região noroeste do Paraná, entre os paralelos 23° 15' e 23° 34' de latitude sul e os meridianos 51° 50' e 52° 06' de longitude oeste. O município abrange terras das bacias do rio Pirapó e do rio Ivaí, estendendo-se sobre o espigão divisor de águas.

As altitudes encontradas variam desde 360 m, nos vales mais dissecados, no extremo noroeste e sudeste do município, até 599 m, cota mais elevada, a qual se encontra no interior da área urbana, no topo do principal espigão divisor de águas, que separa as bacias do ribeirão Maringá, pertencente à bacia do rio Pirapó, e as bacias do córrego Moscado e ribeirão Borba Gato, pertencentes à bacia do rio Ivaí. Além dessas três bacias, fazem parte da área de estudo a bacia do ribeirão Morangueira, pertencente à bacia do rio Pirapó e a bacia do ribeirão Água Suja, pertencente à bacia do rio Ivaí. Essas são as bacias, cujos rios principais nascem no interior da área urbana do município.

A Figura 15 mostra a posição do município de Maringá no Estado do Paraná e no Brasil e a Figura 16, a sua estrutura territorial. O mapa da Figura 17 apresenta a rede de drenagem do município com a delimitação das bacias pesquisadas e a ordem dos canais.

Na Tabela 04, é apresentada a latitude, longitude e altitude da cabeceira e seção de exutório das bacias citadas, determinadas no *Spring 4.0*.

Segundo Zamuner (2001), o substrato geológico do município é constituído por rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, resultante dos derrames do lava do período Jurássico-Cretáceo. Segundo o autor, a intemperização dessas rochas gerou os Latossolos e a Terra Roxa Estruturada, atualmente denominada de Nitossolo, de acordo com a mais recente classificação da Embrapa (EMBRAPA, 1999; OLIVEIRA, 2001). Os Nitossolos são solos profundos, desenvolvidos e de alta fertilidade natural. Nos topos dos principais divisores de água, segundo Silveira (2003), predominam os Latossolos, ao passo que os nitossolos são os solos predominantes nas médias vertentes e fundos de vales. Solos resultantes da associação de Nitossolos com Neossolos (antigos solos litólicos) são encontrados em algumas áreas, nas imediações de fundos de vales.

Tabela 04. Latitude, longitude e altitude dos pontos extremos das bacias pesquisadas

Bacia	Cabeceira / seção de exutório		
	Latitude (L.S.)	Longitude (L.O.)	Altitude (m)
Pirapó			
Maringá	23°25'43''/23°17'13''	51°57'35''/51°55'15''	599 / 362
Morangueira	23°25'09''/23°20'11''	51°53'17''/51°51'01''	592 / 381
Ivaí			
Moscado	23°25'43''/23°28'32''	51°57'35''/51°55'46''	599 / 424
Borba Gato	23°25'43''/23°29'09''	51°57'35''/51°57'46''	599 / 398
Água Suja	23°25'35''/23°26'17''	51°57'46''/52°02'48''	594 / 420

Nos extremos oeste e noroeste do município, verifica-se a ocorrência de arenito, mas em pequena proporção. Esse arenito é classificado como arenito Caiuá.

A forma do relevo é basicamente a de espigões longos, aplainados e levemente ondulados nos topos dos divisores de água, em especial na área urbana. A partir das médias vertentes e nos fundos dos vales mais dissecados é que se verificam as superfícies mais onduladas (SILVEIRA, 2003).

A vegetação da Floresta Estacional Semidecidual que cobria a parte norte do Terceiro Planalto e seus vales fluviais é uma variação da mata pluvial tropical do litoral (BIGARELLA; MAZUCHOWSKI, 1985; VELOSO; GÓES FILHO, 1985 apud ZAMUNER, 2001). No interior do município ainda hoje existem algumas reservas remanescentes dessa vegetação, sendo que as três principais são o Bosque II, Parque do Ingá e Horto Florestal. Apenas a primeira encontra-se em estado natural, sendo que as duas últimas possuem obras de urbanização no seu interior.

Segundo Silveira (2003), a área em estudo, atravessada pelo trópico de Capricórnio, encontra-se numa zona climática caracterizada, por diversos estudiosos, como de transição entre os climas tropical e subtropical. A pluviosidade e temperatura apresentam acentuada variação devido à alternância dos sistemas atmosféricos, ora tropicais ora extratropicais. A temperatura média anual do município é de 23,1°C e sua pluviosidade é de 1665 mm (ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA PRINCIPAL DE MARINGÁ, 1999).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento desta pesquisa enfatizou dois aspectos relacionados à temática proposta: a determinação das características físicas das bacias hidrográficas da cidade de Maringá-PR; e o levantamento das condições de tratamento, equipamentos presentes, e disposição final dos resíduos dos postos e distribuidoras de combustíveis, localizados nas mesmas, por meio de pesquisas de campo e em órgãos ambientais.

4.1 DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DA CIDADE

A metodologia proposta para o cálculo da fisiografia das bacias hidrográficas é apresentada na mesma ordem da *Revisão Bibliográfica*, porém dividida em quatro tópicos principais: área de drenagem e tempo de concentração, forma da bacia, sistema de drenagem e características do relevo.

4.1.1 Área de drenagem e tempo de concentração

A **área de drenagem (A)** e outras características físicas das bacias hidrográficas da área urbana de Maringá-PR foram determinadas com o auxílio do programa computacional *Spring 4.0* – Sistema de Processamento de Informações Geocodificadas, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. O mapa do município de Maringá-PR, digitalizado no *Spring 4.0*, foi fornecido por Nanni (1998), com os dados separados em duas categorias: uma de modelo numérico contendo as curvas de nível em cinco e cinco metros e outra de modelo temático composta pela rede de drenagem. Para a delimitação das bacias foi criada uma nova categoria temática e utilizada a ferramenta *Edição Vetorial*. As áreas, perímetros e comprimentos foram obtidos utilizando-se a ferramenta *Operações Métricas*.

Para a estimativa do **tempo de concentração (t_c)** em minutos das bacias pesquisadas foram utilizadas a Equação 01, de California Culverts Practice, e a Equação 02, de Dooge (PORTO, 1995), embora sejam recomendadas exclusivamente para áreas rurais:

$$t_c = 57.(L_{talv})^{1,155}.H_M^{-0,385} \quad (01)$$

$$t_c = 21,88.A^{0,41}.\left(\frac{L_{talv}}{H_M}\right)^{-0,17} \quad (02)$$

onde:

L_{talv} = comprimento do rio reto medido a partir do fundo do seu leito em km;

H_M = relevo máximo da bacia em m (diferença de altitude entre a foz e o ponto de maior altitude da bacia).

A = área da bacia em km².

4.1.2 Forma da bacia

O *coeficiente de compacidade (K_c)*, *fator de forma (K_f)*, *relação de circularidade (R_c)* e *relação de alongamento (R_e)* foram determinados, respectivamente, pelas Equações 03, 04, 05 e 06 (STRAHLER, 1964).

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (03)$$

$$K_f = \frac{A}{L_{ax}^2} \quad (04)$$

$$R_c = 12,566 \frac{A}{P^2} \quad (05)$$

$$R_e = 1,128 \frac{\sqrt{A}}{L_M} \quad (06)$$

onde:

P = perímetro da bacia em km;

A = área de drenagem em km²

L_{ax} = comprimento axial da bacia em km (distância compreendida entre a foz e o ponto mais distante da bacia, seguindo-se o curso d'água principal);

L_M = comprimento máximo da bacia em km (distância em linha reta entre a foz e a cabeceira mais distante da bacia).

4.1.3 Sistema de drenagem

Os canais das bacias hidrográficas da cidade de Maringá-PR foram ordenados segundo os sistemas propostos por Horton, Strahler, Scheidegger e Shreve.

A **ordenação dos canais** proposta por Horton ocorre da seguinte maneira: os canais de primeira ordem são aqueles sem tributários, também chamados de canais formadores, os canais de segunda ordem possuem tributários apenas de primeira ordem, os canais de terceira

ordem recebem afluentes de segunda e também podem receber afluentes de primeira ordens, os de quarta ordem recebem afluentes de terceira ordem e também os de ordem inferior. E assim por diante. Nesse sistema é atribuída a maior ordem ao rio principal, valendo essa designação ao longo de todo o seu comprimento. Nessa classificação, a cada confluência com ordem mais elevada deve-se refazer a numeração, até que o canal de última ordem (canal principal) se entenda desde a seção de exutório até a nascente do tributário mais longo (CHRISTOFOLLETTI, 1974).

Na classificação de Strahler, todos os canais sem tributários são de primeira ordem, não importando se são nascentes de rios principais ou afluentes, os canais de segunda ordem originam-se da confluência de dois canais de primeira ordem, podendo ter tributários também de primeira ordem, os canais de terceira ordem originam-se da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber tributários de segunda e primeira ordens, e, assim por diante. A ordem da bacia será determinada pelo canal de ordem maior (BRAS, 1990). Nesse sistema a ordem do canal só aumenta quando dois seguimentos de mesma ordem se juntam, caso contrário, a maior ordem é mantida (DODDS; ROTHMAN, 1999).

A classificação de Scheidegger estabelece para o canal de primeira ordem (segundo Strahler) o valor numérico igual a 2, e a cada confluência, vai se somando os valores atribuídos. Para se determinar o número de canais de primeira ordem que contribuíram para a conexão divide-se o valor por 2. Assim, para o rio principal, é possível determinar o número de nascentes contribuintes dividindo-se o valor resultante, na seção de exutório, por 2. A classificação de Shreve é praticamente idêntica a anterior. A única diferença é que ao invés de se atribuir ordem 2 atribui-se ordem 1, como em Strahler, para o canal fonte (CHRISTOFOLLETTI, 1974).

A **relação de bifurcação (R_B)** foi determinada segundo a Equação 07 (STRAHLER, 1964):

$$R_B = \frac{N_u}{N_{u+1}} \quad (07)$$

onde:

N_u = número de canais de ordem u ;

N_{u+1} = número de canais de ordem $u+1$.

De acordo com Strahler (1964), plotando-se os valores do logaritmo do número de canais no eixo das ordenadas pela sua ordem, no eixo das abscissas, a maioria das redes de drenagem mostra uma relação linear, com pequenos desvios observados a partir de uma linha

reta. O cálculo do valor médio de R_B pode ser feito, então, determinando-se o valor do coeficiente de regressão obtido que será exatamente igual ao logaritmo de R_B :

$$N_u = R_B^{U-u}; \quad (08)$$

$$\Rightarrow \log N_u = \log (R_B^{U-u});$$

$$\Rightarrow \log N_u = (U - u) \log R_B;$$

$$\Rightarrow \log N_u = U \cdot \log R_B - \log R_B \cdot u;$$

que equivale a uma equação de reta, portanto,

$$\log N_u = a - b \cdot u,$$

onde b = coeficiente de regressão;

$$b = \log R_B \Rightarrow R_B = \text{anti log } b.$$

Para se verificar o grau de ajuste da reta, foi determinado no Excel o quadrado do coeficiente de correlação (R^2) – coeficiente de determinação. Quanto mais próximo da unidade esse valor, melhor o ajuste obtido.

O número total de canais (N_{est}) foi estimado pela Equação 09 (HORTON, 1945):

$$N_{est} = \sum_{u=1}^U N_u = 1 + R_B + R_B^2 + \dots + R_B^{U-1} = \sum_{u=1}^U R_B^{U-u} = \frac{R_B^U - 1}{R_B - 1} \quad (09)$$

onde:

N_u = número de canais de ordem u ;

R_B = relação de bifurcação;

U = ordem da bacia.

A **relação dos comprimentos (R_L)**, foi determinada de acordo com a Equação 10 (SILVEIRA, 1997):

$$R_L = \frac{L_u}{L_{u-1}} \quad (10)$$

onde:

L_u = média dos comprimentos dos canais de ordem u , em km;

L_{u-1} = média dos comprimentos dos canais de ordem $u-1$, em km.

Segundo Strahler (1964), se a lei dos comprimentos dos canais é válida, ao se plotar os valores dos logaritmos dos comprimentos médios dos canais no eixo das ordenadas, pela ordem, no eixo das abscissas, deve-se resultar num conjunto de pontos que se relacionam entre si segundo uma reta. Assim como na lei do número de canais, o valor de R_L será igual ao antilogaritmo do coeficiente de regressão b . A diferença é que nesse caso, a reta resultante será ascendente, portanto b , possuirá sinal positivo.

$$L_u = L_1 \cdot R_L^{u-1} \quad (11)$$

$$\Rightarrow \log L_u = \log (L_1 \cdot R_L^{u-1});$$

$$\Rightarrow \log L_u = \log L_1 + (u - 1) \log R_L;$$

$$\Rightarrow \log L_u = (\log L_1 - \log R_L) + \log R_L \cdot u;$$

$$\Rightarrow \log L_u = a + b \cdot u \text{ (equação da reta);}$$

$$\text{portanto, } b = \log R_L \Rightarrow R_L = \text{anti log } b.$$

A **relação entre o índice dos comprimentos e o índice de bifurcação (R_{LB})** foi determinada por meio da Equação 12 (CHRISTOFOLETTI, 1974):

$$R_{LB} = \frac{R_L}{R_B} \quad (12)$$

onde:

R_L = relação dos comprimentos;

R_B = relação de bifurcação.

Para se estimar o comprimento total dos cursos d'água (LT_{est}), utilizando o índice de bifurcação e a relação entre o índice dos comprimentos e de bifurcação, utilizou-se a Equação 13 (STRAHLER, 1964; BRAS, 1990):

$$LT_{est} = \sum_{u=1}^U \sum_{i=1}^{N_u} LT_{u_i} = L_1 R_B^{U-1} \frac{R_{LB}^U - 1}{R_{LB} - 1} \quad (13)$$

sendo:

LT_u = comprimento total dos cursos d'água de ordem u em km;

L_1 = comprimento médio dos canais de ordem 1 em km;

U = ordem da bacia.

A **relação das áreas (R_A)** foi obtida por meio da Equação 14 (SCHUMM, 1956):

$$R_A = \frac{A_u}{A_{u-1}} \quad (14)$$

onde:

A_u = média das áreas contribuintes dos canais de ordem u em km²;

A_{u-1} = média das áreas contribuintes dos canais de ordem u-1 em km².

Assim como com os comprimentos, a regressão do logaritmo da área média da bacia pela ordem será linear, com o valor de R_A igual ao antilogaritmo do coeficiente de regressão b (STRAHLER, 1964).

$$A_u = A_1 \cdot R_A^{u-1} \quad (15)$$

$$\Rightarrow \log A_u = \log (A_1 \cdot R_A^{u-1});$$

$$\Rightarrow \log A_u = \log A_1 + (u - 1) \log R_A;$$

$$\Rightarrow \log A_u = (\log A_1 - \log R_A) + \log R_A \cdot u;$$

$$\Rightarrow \log A_u = a + b \cdot u \text{ (equação da reta);}$$

$$\text{portanto, } b = \log R_A \Rightarrow R_A = \text{anti log } b.$$

A constante K, da **relação dos tributários laterais**, foi determinada por meio da Equação 16 (TOKUNAGA, 1978):

$$K = \frac{E_\ell}{E_{\ell-1}} \quad (16)$$

onde:

$E_\ell = {}_uE_p = E_{u-p}$ = número de seguimentos de ordem p desaguando num canal de ordem superior u lateralmente.

Os parâmetros P e Q, e o número de canais de ordem u, dentro de uma bacia de ordem U ($N_{u\text{est}}$), foram determinados, respectivamente, pelas Equações 17, 18 e 19 (TOKUNAGA, 1978):

$$P = \frac{2 + E_1 + K - \sqrt{(2 + E_1 + K)^2 - 8K}}{2} \quad (17)$$

$$Q = \frac{2 + E_1 + K + \sqrt{(2 + E_1 + K)^2 - 8K}}{2} \quad (18)$$

$$N_{u\text{est}} = \frac{Q^{U-u-1} - P^{U-u-1}}{Q - P} Q(2 + E_1 - P) + P^{U-u-1} (2 + E_1) \quad (19)$$

De acordo com Tarboton (1996), considerando $E_1 = R_B - 2$ e $K = 0$, obtêm-se $P = 0$, $Q = R_B$ e $N_u = R_B^{U-u}$, resultando no fato de a caracterização de Tokunaga generalizar a relação de bifurcação de Horton, considerando-a como um caso especial.

A **densidade de drenagem (D_d)** das bacias foi determinada por meio da Equação 20 (HORTON, 1932; 1945):

$$D_d = \frac{LT}{A} \quad (20)$$

onde:

LT = comprimento total dos cursos d'água em km;

A = área da bacia em km².

Pela Equação 21, determinou-se a **densidade de confluências (D_c)** (SILVEIRA, 1997):

$$D_c = \frac{NC}{A} \quad (21)$$

sendo:

NC = número de confluências da rede de drenagem.

Para se determinar a **extensão média do escoamento superficial (ℓ)** foi utilizada a Equação 22 (STRAHLER, 1964):

$$\ell = \frac{1}{2.D_d} \quad (22)$$

onde:

D_d = densidade de drenagem em km / km².

A **sinuosidade do curso d'água (Sin)** foi determinada pela Equação 23 (VILLELA; MATTOS, 1975):

$$Sin = \frac{L_p}{L_{talv}} \quad (23)$$

onde:

L_p = comprimento do rio em km;

L_{talv} = comprimento do talvegue em km.

Obteve-se a **relação do equivalente vetorial (Rev)** por meio da Equação 24 (CHRISTOFOLLETTI, 1974):

$$Rev = \frac{Ev_u}{Ev_{u-1}} \quad (24)$$

sendo:

Ev_u = equivalente vetorial médio dos canais de ordem u em km;

Ev_{u-1} = equivalente vetorial médio dos canais de ordem u-1 em km.

Por sua vez, o equivalente vetorial representa o comprimento, em linha reta, de determinado segmento fluvial, desde a sua nascente, ou ponto de confluência, nos casos de canais de ordem superior a 1, até o término do referido seguimento fluvial (ou confluência seguinte).

O **coeficiente de manutenção dos canais (C)** foi obtido de acordo com a Equação 25 (SCHUMM, 1956):

$$C = \frac{1}{D_d} \quad (25)$$

onde:

D_d = densidade de drenagem em km / km².

A **densidade hidrográfica (D_h)**, ou **freqüência de canais (F)**, foi determinada pela Equação 26 (HORTON, 1932; 1945):

$$D_h = \frac{N}{A} \quad (26)$$

onde:

N = número de canais (número de rios de ordem 1, utilizando a ordenação de Strahler);

A = área da bacia em km^2 .

A densidade hidrográfica também foi estimada (D_{hest}) em função da densidade de drenagem, pela da Equação 27 (MELTON, 1958):

$$D_{hest} = 0,694.D_d^2 \quad (27)$$

onde:

D_d = densidade de drenagem em km/km^2 .

O **comprimento estimado do rio principal (L_{est})** e da **área da bacia (A_{est})** foram determinados por meio das respectivas Equações 28 e 29 (HACK, 1957):

$$L_{est} = 1,27.A^{0,6} \quad (28)$$

$$A_{est} = A_1 R_B^{u-1} \frac{R_{LB}^u - 1}{R_{LB} - 1} \quad (29)$$

onde:

A_1 = área média das bacias de primeira ordem em km^2 ;

R_B = relação de bifurcação;

R_{LB} = relação entre o índice de comprimentos e o índice de bifurcação.

4.1.4 Características do relevo

A **declividade da bacia** foi calculada utilizando-se uma grade de valores de declividade gerada pelo *Spring 4.0* de 100 m de resolução, a partir do arquivo vetorial das curvas de nível de cinco em cinco metros, disponível numa categoria do tipo MNT (modelo numérico do terreno). Para tanto, primeiramente foi criada uma grade triangular (TIN), que serviu de base para a geração da grade de declividade. Dispondo-se desses valores foi realizada uma distribuição de freqüência para a obtenção de uma curva de distribuição de declividades, onde foi possível a obtenção da declividade mediana da bacia. Para a obtenção dessa curva, foram plotados num gráfico os valores de porcentagem acumulada no eixo das

abscissas e declividade média do intervalo no eixo das ordenadas, obtidos com a tabela de geração de frequência, sendo este último em escala logarítmica.

Para a obtenção do número de classe de frequências (m) foi utilizada a Equação 30, de Sturges:

$$m = 1 + 3,3 \log n \quad (30)$$

onde:

n = número total de valores.

A **declividade média das vertentes (S)** foi calculada por meio da Equação 31 (SILVEIRA, 1997):

$$S = \frac{\sum \frac{\Delta I}{w} a}{n_c \cdot A} \quad (31)$$

onde:

ΔI = diferença de altitude entre duas curvas de nível em km;

w = largura ou distância entre as curvas em km;

a = área entre as curvas em km²;

A = área total da bacia em km²;

n_c = número de intervalos de curvas de nível.

Para a determinação da **relação de relevo (R_h)** foi empregada a Equação 32 (SCHUMM, 1956):

$$R_h = \frac{H}{L_M} \quad (32)$$

sendo:

H = relevo da bacia em km (diferença de altitude entre os dois extremos de L_M);

L_M = comprimento máximo da bacia em km (distância horizontal em linha reta entre a foz e a cabeceira mais distante da bacia).

A **relação de relevo em porcentagem (R_{hp})** foi obtida por meio da Equação 33 (MELTON, 1957):

$$R_{hp} = 100 \frac{H_M}{P} \quad (33)$$

onde:

H_M = relevo máximo da bacia em km (diferença de altitude entre a foz e o ponto de maior altitude da bacia);

P = perímetro da bacia em km.

O **número de rugosidade (G)** foi determinado por meio da Equação 34 (STRAHLER, 1964):

$$G = H_M \cdot D_d \quad (34)$$

onde:

D_d = densidade de drenagem em km/km².

As **curvas hipsométricas** das bacias da área urbana de Maringá-PR foram obtidas com o auxílio de uma ferramenta do *Spring 4.0* chamada de *Fatiamento*, sobre o mapa de curvas de nível. Obtida as classes de altitude, a área de cada classe, correspondente a um intervalo de cota de 20 m, foi determinada por meio da ferramenta *Medidas de Classes*. Para a obtenção da curva propriamente dita, os valores de área acumulada em porcentagem e as cotas foram plotados num gráfico. Para se determinar a área percentual ou relativa, os valores de área correspondentes a cada intervalo de curvas foi dividido pela área total e multiplicado por 100. O intervalo de cotas de 20 m foi escolhido, seguindo o modelo aplicado por Villela e Mattos (1975), na determinação da curva hipsométrica da bacia do ribeirão do Lobo em Itirapina-SP. Para a determinação da curva, adotando a altura relativa, o procedimento foi semelhante ao da determinação da área relativa (em porcentagens) no processo anterior.

Obtidos os valores de área entre as curvas de nível e as curvas hipsométricas, juntamente com os valores de altitude máxima e mínima, foi possível calcular os demais índices hipsométricos, como altitude e altura média, altitude mediana, altura média da seção de controle, coeficiente de massividade e coeficiente orográfico.

Assim, a **altitude ou elevação média da bacia (E)** foi determinada por meio da Equação 35 (WISLER; BRATER, 1964):

$$E = \frac{\sum ae}{A} \quad (35)$$

onde:

a = área entre as curvas de nível em km²;

e = altitude média entre duas curvas de nível consecutivas em m;

A = área total da bacia em km².

A altitude média também pode ser determinada por meio de um retângulo de área equivalente à limitada pela curva hipsométrica e os eixos coordenados, onde a altura do retângulo corresponde a altitude média (VILLELA; MATTOS, 1975).

A **altura média (A_M)** foi determinada subtraindo-se o valor da altitude média pela altitude mínima. Para se determinar o valor da **altitude mediana** foi erguida uma vertical no

ponto correspondente a 50% no eixo das abscissas até encontrar a curva hipsométrica. O valor da ordenada nesse ponto corresponde a altitude mediana.

A **altura média da seção de controle (A_C)** foi obtida pela diferença entre a altitude mediana e a altitude do leito na seção de exutório (altitude mínima) (VILLELA; MATTOS, 1975).

E, o **coeficiente de massividade (CM)** e o **coeficiente orográfico (CO)** foram determinados, respectivamente, pelas Equações 36 e 37 (CHRISTOFOLLETTI, 1974):

$$CM = \frac{A_M}{Amp} \quad (36)$$

$$CO = A_M.CM \quad (37)$$

onde:

A_M = altura média da bacia em m;

Amp = amplitude da bacia em m.

Para obtenção do perfil longitudinal dos canais principais nas bacias de Maringá, foram medidos os comprimentos dos canais em planta entre cada curva de nível. Nesse caso tais medições foram feitas na carta de Maringá e Mandaguaçu do IBGE com curvas de 20 em 20 metros.

Com estas medidas, as **declividades de álveo S_1** nos rios das bacias, foram determinadas por meio da Equação 38 (VILLELA; MATTOS, 1975):

$$S_1 = \frac{C_n - C_f}{L_p} \quad (38)$$

onde:

C_n = Cota da nascente do rio principal em m (altitude da nascente);

C_f = Cota da seção de exutório em m (altitude da foz);

L_p = extensão horizontal do rio principal em km.

A **declividade S_2** foi obtida por meio da linha traçada no gráfico do perfil longitudinal cuja área compreendida entre ela e o eixo das abscissas é igual a área compreendida pelo perfil longitudinal do rio e a abscissa (VILLELA; MATTOS, 1975).

Para se determinar a **declividade S_3** , foi utilizada a Equação 39 (TAYLOR; SCHWARTZ, 1952):

$$S_3 = \left(\frac{\sum L_i}{\sum \left(\frac{L_i}{\sqrt{D_i}} \right)} \right)^2 \quad (39)$$

onde:

L_i = comprimento de cada trecho em km;

D_i = declividade de cada trecho em m/m.

Para a obtenção da **relação entre os gradientes dos canais (Rgc)** utilizou-se a Equação 40:

$$Rgc = \frac{Gc_u}{Gc_{u+1}} \quad (40)$$

sendo:

Gc_u = declividade média dos canais de ordem u;

Gc_{u+1} = declividade média dos canais de ordem u+1.

A declividade de todos os segmentos para cada ordem foi determinada pela relação entre a diferença de altitude entre o ponto de origem e o término do segmento fluvial pelo seu comprimento, o que correspondente à *declividade* S_1 para o canal principal. Os valores de altitude foram determinados por interpolação.

Os lados L e l do **retângulo equivalente** para as bacias pesquisadas, foram determinados, respectivamente, por meio das Equações 41 e 42:

$$L = \frac{K_c \sqrt{A}}{1,12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_c} \right)^2} \right] \quad (41)$$

$$l = P/2 - L \quad (42)$$

onde:

K_c = fator de forma;

A = área da bacia em km²;

P = perímetro em km.

Para se determinar o espaçamento entre as curvas de nível, a área correspondente ao espaço entre elas, que foi determinada para o traçado da curva hipsométrica, foi dividida pelo comprimento do lado menor l .

Para a obtenção do **modelo digital do terreno**, os pontos X, Y, Z foram plotados com o auxílio do programa computacional *Surfer 7.0*.

4.2 METODOLOGIA APLICADA AOS POSTOS E DISTRIBUIDORAS DE COMBUSTÍVEIS

Por meio de pesquisa de campo, foi determinado o número total de postos comerciais, postos particulares e distribuidoras de combustíveis do município de Maringá-PR e verificados os dispositivos de tratamento e de disposição final de efluente presentes. Com esse levantamento, verificou-se se os mesmos tinham canaletas para o pátio, caixas retentoras de barro e lama, caixa separadora de água e óleo, se eram ligados à rede de esgoto, ou às galerias de águas pluviais ou mesmo se possuíam fossas sépticas e sumidouros, entre outros dispositivos.

Dispondo-se dos endereços dos mesmos, foi feita a localização no mapa urbano da cidade, onde foi possível verificar o número de postos por bacia hidrográfica. Dados de características físicas das bacias foram confrontados com a distribuição dos postos na cidade, a fim de se poder avaliar a que apresentasse condição mais crítica referente à poluição.

No Instituto Ambiental do Paraná – IAP, foi feita uma avaliação dos processos de licenciamento de 39 postos e distribuidoras de combustíveis. Por meio desse levantamento foi possível determinar os equipamentos e sistemas de controle presentes nos postos, o material dos tanques subterrâneos e o tipo de piso da área de abastecimento, que foram comparados com a norma NBR 13.786 /2001 para verificação de sua adequabilidade. Também foi possível determinar o destino final dos óleos usados, materiais têxteis contaminados com óleo, areia e lodo das caixas separadoras e embalagens e filtros de óleos lubrificantes. Para o óleo foi verificada a adequabilidade da destinação final em relação a Resolução Conama 09 /1993. Para os resíduos sólidos foi verificado se a disposição final era adequada tomando como base a norma NBR 10.004 /2004.

Alguns resultados de análises físico-químicas dos postos de combustíveis também foram pesquisados no IAP e verificados se estavam dentro dos padrões de lançamento propostos pelo órgão ambiental e pela resolução Conama n. 20/1986. No Ribeirão Morangueira foram realizadas coletas de águas para análises físico-químicas, a fim de se verificar o grau de poluição, e algumas medidas de vazão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a sequência disposta no capítulo *Material e Métodos*, apresenta-se, primeiramente, os resultados fisiográficos obtidos para as bacias urbanas de Maringá-PR, considerando-se o seu aspecto potencial poluidor. Em seguida, juntamente com a localização no mapa dos postos de combustíveis, distribuidoras e postos particulares da cidade, faz uma análise das condições de tratamento, equipamentos presentes e destinação final dos resíduos dos mesmos.

5.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Os resultados fisiográficos das bacias são apresentados na seguinte sequência: área de drenagem e tempo de concentração, forma da bacia, sistema de drenagem e características do relevo.

5.1.1 Área de drenagem e tempo de concentração

Os resultados obtidos das *áreas de drenagem (A)* e o *tempo de concentração (t_c)* estimado das bacias hidrográficas são apresentados na Tabela 5. Não obstante os métodos empregados para determinação do tempo de concentração sejam para bacias rurais, utilizou-se deles uma vez que a pretensão é ter-se uma estimativa deste parâmetro.

Tabela 05. Área de drenagem e tempo de concentração estimado das bacias urbanas do município de Maringá-PR

Bacia	A (km ²)	L _{talv} (km)	H _M (m)	t _c (min)		Tamanho	
				Eq. 01	Eq. 02	(1)	(2)
Pirapó							
Maringá	88,7	19,1	237	208,9	211,3	Média	Grande
Morangueira	40,7	11,2	211	117,7	164,8	Média	Grande
Ivaí							
Moscado	26,9	5,8	175	59,4	150,5	Média	Pequena
Borba Gato	21,9	7,0	201	70,0	137,2	Média	Pequena
Água Suja	34,7	7,4	174	78,9	160,2	Média	Grande

(1) - Classificação segundo Porto et al. (1997)

(2) - Classificação segundo Wisler e Brater (1964).

As áreas de drenagem das bacias de Maringá podem ser classificadas como de tamanho médio, segundo Porto et al. (1997). Já para a classificação de Wisler e Brater (1964), as bacias do ribeirão Borba Gato e do córrego Moscado podem ser classificadas como pequenas, as demais já entrariam na classificação de bacias grandes.

Assim, considerando apenas a área, a bacia do ribeirão Maringá seria a mais sujeita a poluição pela probabilidade da presença de maior número de fontes poluidoras, porém provavelmente ela apresentará vazão e extensão maior de canais, diminuindo o efeito poluidor.

Em relação ao tempo de concentração, verifica-se que os mesmos aumentam com o aumento da área das bacias. Porém, o valor obtido com a Equação 02 de Dooge, provavelmente não corresponde à realidade para as bacias pesquisadas, com exceção da bacia do ribeirão Maringá. Isso porque essa equação foi desenvolvida para bacias médias com área entre 140 a 930 km². No caso da Equação 01, de California Culverts Practice, apesar de ela ter sido desenvolvida para bacias de até 0,5 km² de área, o comprimento dos talwegues (L) das bacias pesquisadas é, na maioria dos casos, inferior ou próximo a 10 km, o que credencia essas bacias a utilização dessa equação. Portanto, nessas condições, a bacia do córrego Moscado é que apresenta o menor tempo de concentração. Nesse caso, o tempo que a água das chuvas e poluentes demora em se deslocar do ponto mais distante da bacia até o exutório é de cerca de 1 hora.

5.1.2 Forma da bacia

Pelos **índices de forma** encontrados, apresentados na Tabela 06, observa-se que as bacias da vertente do rio Pirapó, com área de drenagem maior, apresentam os valores de **coeficiente de compacidade (K_c)** e **relação de circularidade (R_c)** que mais se distanciam de 1,0. Assim, considerando apenas esses dois índices, pode-se dizer que são bacias não muito sujeitas a enchentes, uma vez que dificilmente a bacia toda estará contribuindo de uma só vez, tanto devido à sua forma mais alongada, quanto à sua maior área, principalmente se forem consideradas as chuvas intensas de verão, que são mais localizadas temporal e espacialmente. Por outro lado, as bacias da vertente do Rio Ivaí, são bacias menores e apresentam o formato mais circular, sendo que a bacia do ribeirão Borba Gato apresenta valor de K_c de apenas 1,14 e R_c de 0,76. Considerando a possibilidade a enchentes, a bacia do córrego Moscado é que apresenta condição mais crítica devido ao seu menor tempo de concentração. Portanto, no caso de os córregos estiverem poluídos, as bacias da vertente do Rio Ivaí, em especial a do

córrego Moscado, são as que mais apresentam possibilidade de poluição dos solos de suas margens por causa da maior propensão a enchentes.

Tabela 06. Índices de Forma

Bacia	A (km²)	P (km)	L_{ax} (km)	L_M (km)	K_c	K_f	R_c	R_e	Formato
Pirapó									(1)
Maringá	88,7	44,3	22,7	16,2	1,32	0,17	0,57	0,66	A
Morangueira	40,7	30,6	12,8	11,5	1,34	0,25	0,55	0,63	A
Ivaí									
Moscado	26,9	23,0	8,7	7,2	1,24	0,36	0,64	0,81	C
Borba Gato	21,9	19,0	8,1	6,4	1,14	0,34	0,76	0,82	C
Água Suja	34,7	25,6	9,9	8,6	1,22	0,36	0,66	0,77	C

(1) - Classificação baseada nos valores de índices de forma encontrados, onde A = alongada e C = circular

Com relação ao **fator de forma (K_f)**, verifica-se que as bacias do ribeirão Maringá e ribeirão Morangueira são as que apresentam os menores valores, confirmando a tendência a enchentes apresentada pelo coeficiente de compacidade e relação de circularidade. O mesmo ocorre para as bacias da vertente do rio Ivaí, que apresentam valores superiores, portanto menos retangulares e com maior tendência a enchentes, embora os valores ainda possam ser considerados baixos. No entanto, é preciso ter em mente, conforme destaca Linsley, Kohler e Paulhus (1975), que esse valor pode não dizer nada a respeito do formato de uma bacia, já que duas bacias com o mesmo formato podem ter valores de fator de forma completamente diferentes, dependendo da extensão do seu comprimento axial.

Comparando os valores de relação de circularidade com aqueles obtidos por Miller (1953), que obteve valores entre 0,6 e 0,7 para bacias em materiais dolomíticos homogêneos, pode-se supor que as bacias, de maneira geral, apresentam materiais geológicos homogêneos, embora seja necessário um estudo geológico da região para se confirmar tal tendência.

Quanto aos valores de **relação de alongamento (R_e)**, Schumm (1956), obteve valores entre 0,6 e 0,8 para bacias localizadas em regiões montanhosas com altas declividades. Os valores obtidos para as bacias de Maringá-PR aproximam-se deste intervalo, no entanto o relevo não é montanhoso, apesar de não ser totalmente plano, apresentando em alguns vales declividades superiores a 30 %, mas a maior parte da área possui declividade baixa, inferior a 10 %, e declividade média entre 5 e 8 %.

5.1.3 Sistema de drenagem

A Tabela 07 apresenta a **ordem das bacias**, segundo as diferentes classificações.

Tabela 07. Ordem das bacias

Bacia	A (km ²)	Classificação			
		Horton	Strahler	Scheidegger	Shreve
Pirapó					
Maringá	88,7	3	3	30	15
Morangueira	40,7	3	3	32	16
Ivaí					
Moscado	26,9	3	3	10	5
Borba Gato	21,9	3	3	10	5
Água Suja	34,7	3	3	14	7

Observa-se que tanto pelo método de **Horton**, quanto o de **Strahler**, obteve-se ordem 3 para as redes de drenagem de todas as bacias. Portanto, baseado nas informações de Strahler (1964), e considerando apenas o ordenamento, as bacias apresentam tamanhos, dimensões de canal e vazões semelhantes. No caso da área, verifica-se que a bacia do ribeirão Maringá se difere bastante das menores bacias, o que leva a crer que as dimensões do canal e vazão sejam também bastante diferentes, apesar de apresentar a mesma ordem.

As classificações de **Scheidegger** e **Shreve** apresentam valores diferentes entre as bacias, com aquelas da vertente do rio Pirapó, que são as bacias maiores, apresentando ordenamento maior. Analisando-se o efeito poluidor, essas bacias são as menos sujeitas à poluição, uma vez que com um número maior de canais, a possibilidade que toda a rede à jusante de uma fonte poluidora qualquer seja atingida é menor. Além disso, maior é a possibilidade de que pequenas sub-bacias sejam preservadas no caso de haver concentração das fontes poluidoras em determinada região da bacia. Outro fator importante é que a vazão do rio principal, próximo à seção de exutório, provavelmente será mais elevada, diminuindo assim o efeito poluidor.

A classificação escolhida para a seqüência do trabalho foi a de Strahler, uma vez que as demais características físicas utilizam esse ordenamento.

A Tabela 08 apresenta os valores de **relação de bifurcação (R_B)** entre as ordens.

Tabela 08. Relação de Bifurcação

Bacia	N ₁	N ₂	N ₃	R _{b1-2}	R _{b2-3}
Pirapó					
Maringá	15	4	1	3,8	4,0
Morangueira	16	2	1	8,0	2,0
Ivaí					
Moscado	5	2	1	2,5	2,0
Borba Gato	5	2	1	2,5	2,0
Água Suja	7	2	1	3,5	2,0

A Tabela 09 mostra o logaritmo do número de canais pela ordem, os valores de a, b e R² da equação $\log N_u = a - b.u$, o valor de R_B resultante e o número total de canais estimado por R_B. Essa equação, para as bacias pesquisadas, está representada no gráfico da Figura 18.

Tabela 09. Logaritmo do número de canais segundo a ordem e R_B resultante

Bacia	N ₁	N ₂	N ₃	a	b	R ²	R _B	N _{est}
Pirapó								
Maringá	1,18	0,60	0,00	1,77	0,59	1,00	3,9	20
Morangueira	1,20	0,30	0,00	1,71	0,60	0,92	4,0	21
Ivaí								
Moscado	0,70	0,30	0,00	1,03	0,35	0,99	2,2	8
Borba Gato	0,70	0,30	0,00	1,03	0,35	0,99	2,2	8
Água Suja	0,85	0,30	0,00	1,23	0,42	0,97	2,6	11

Como se observa pela Tabela 08, as bacias do ribeirão Maringá, córrego Moscado e ribeirão Borba Gato apresentam valores semelhantes de relação de bifurcação entre as ordens, o que confirma a lei do *número de canais* de Horton. Isso pode ser observado também no gráfico da Figura 18, onde se verifica que para essas bacias, obtêm-se bom ajustamento para a regressão linear. Para a bacia do ribeirão da Morangueira não se verifica ajustamento tão bom pelo fato de essa bacia ser a mais alongada, com grande número de pequenos tributários de ordem 1 ao longo do curso principal. Porém, deve-se levar em consideração que o número de pontos é insuficiente para fornecer boa estimativa da relação. Segundo Leopold, Wolman e Miller (1964), resultados mais consistentes são obtidos conforme a ordem da bacia aumenta.

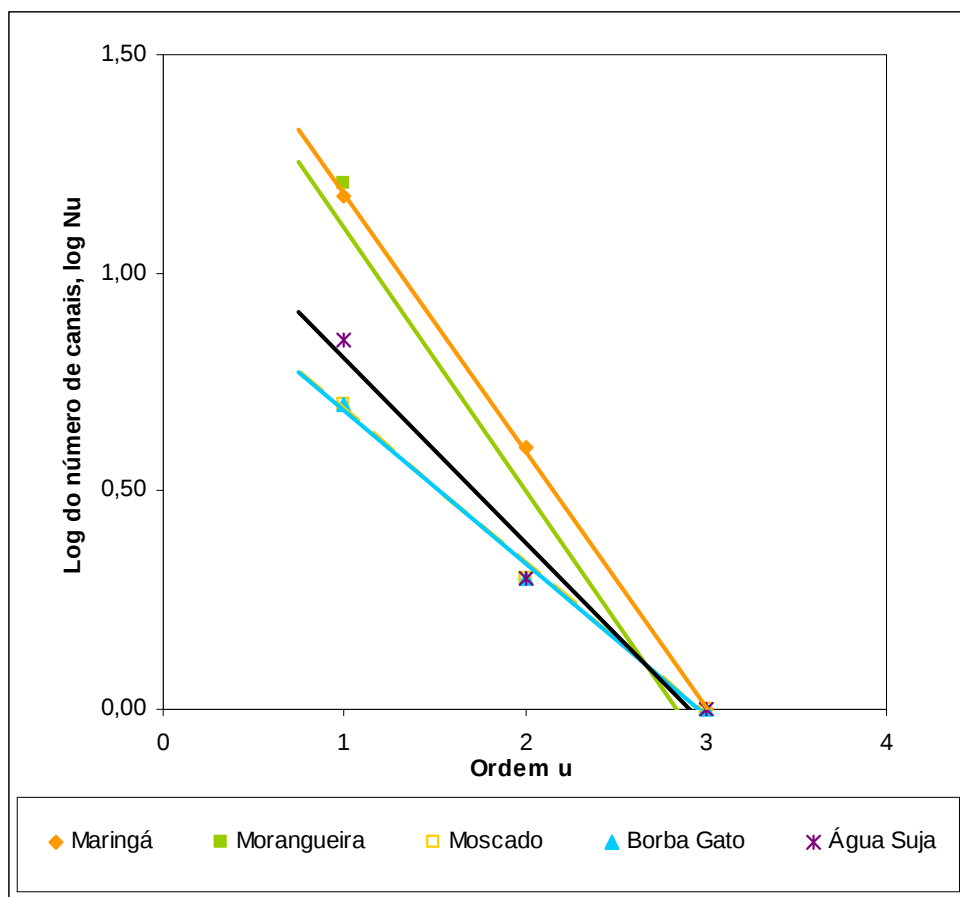


Figura 18. Regressão do número de canais pela ordem

O grande número de tributários de ordem 1, verificado na bacia do ribeirão Morangueira, é típico de áreas escarpadas (WISLER; BRATER, 1964), o que é confirmado pelos altos valores de declividade observados em partes dessa bacia, em especial próximo à jusante. Diante disso, ela é também a única bacia que apresenta valor de relação de bifurcação acima de 5,0 para R_{B1-2} , o que, baseado nas observações de Strahler (1964), é um indício de que a estrutura geológica afeta o sistema de drenagem. Isso acaba também diminuindo a possibilidade de poluição dessa bacia, pois com um maior número de sub-bacias ao longo do rio principal, maior a possibilidade de algumas serem preservadas, no caso, por exemplo, de haver concentração de fontes poluidoras em determinado ponto da bacia. Mesmo considerando uma distribuição homogênea dessas fontes poluidoras, alguns pequenos canais serão preservados, dependendo da orientação do lançamento do poluente.

Comparando-se os valores estimados de número de canais com os valores reais, observa-se grande correlação, a não ser para as bacias do ribeirão Morangueira e Água Suja, exatamente pelo fato de essas bacias não respeitarem plenamente a lei do número de canais, apresentando valores de R^2 de 0,92 e 0,97, respectivamente. Porém, permite verificar que

tanto a bacia do ribeirão Morangueira, quanto a do ribeirão Maringá são as menos propensas à poluição devido ao maior número de canais.

Os comprimentos totais dos cursos d'água segundo a ordem e os valores de *relação dos comprimentos* (R_L) são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 10 e 11.

Tabela 10. Comprimentos totais dos cursos d'água segundo a ordem

Bacia	Ordem 1 (km)	Ordem 2 (km)	Ordem 3 (km)	Total (km)
Pirapó				
Maringá	24,1	19,0	13,4	56,4
Morangueira	21,1	4,7	6,7	32,5
Ivaí				
Moscado	6,3	4,6	2,6	13,5
Borba Gato	7,3	6,2	0,2	13,6
Água Suja	8,0	7,0	3,2	18,2

Tabela 11. Relação dos Comprimentos

Bacia	L_1 (km)	L_2 (km)	L_3 (km)	R_{L2-1}	R_{L3-2}
Pirapó					
Maringá	1,6	4,7	13,4	3,0	2,8
Morangueira	1,3	2,3	6,7	1,8	2,9
Ivaí					
Moscado	1,3	2,3	2,6	1,8	1,1
Borba Gato	1,5	3,1	0,2	2,1	0,1
Água Suja	1,1	3,5	3,2	3,1	0,9

A Tabela 12 mostra o logaritmo do comprimento médio dos canais pela ordem, os valores de a e b e R^2 da equação $\log L_u = a + b.u$ e o valor de R_L . O gráfico da Figura 19 representa essa equação para as bacias pesquisadas.

De modo geral, verifica-se para as bacias analisadas, que o comprimento médio dos canais de ordem 3 é maior que o de ordem 2, que, por sua vez, é maior que o de ordem 1. Apenas as bacias do ribeirão Borba Gato e Água Suja não apresentam tal tendência, de acordo com Strahler (1964). Por outro lado, somente a bacia do ribeirão Maringá apresenta grande semelhança entre os valores de relação de comprimentos entre as ordens 1 e 2, e 2 e 3,

respeitando, portanto, a *lei dos comprimentos dos canais* de Horton. Isso pode ser observado no gráfico da Figura 19, onde a reta se ajusta quase perfeitamente aos valores do logaritmo dos comprimentos médios segundo a ordem. Como os valores de relação de bifurcação também foram semelhantes, isso é um indício, segundo Strahler (1964), de que esta bacia apresenta também similaridade geométrica com suas sub-bacias de menores ordens.

Tabela 12. Logaritmo dos comprimentos médios e R_L

Bacia	Log L_1	Log L_2	Log L_3	a	b	R^2	R_L
Pirapó							
Maringá	0,21	0,68	1,13	-0,25	0,46	1,00	2,9
Morangueira	0,12	0,37	0,83	-0,27	0,35	0,97	2,3
Ivaí							
Moscado	0,10	0,36	0,41	-0,01	0,15	0,86	1,4
Borba Gato	0,16	0,49	-0,74	0,87	-0,45	0,50	0,4
Água Suja	0,06	0,54	0,50	-0,07	0,22	0,68	1,7

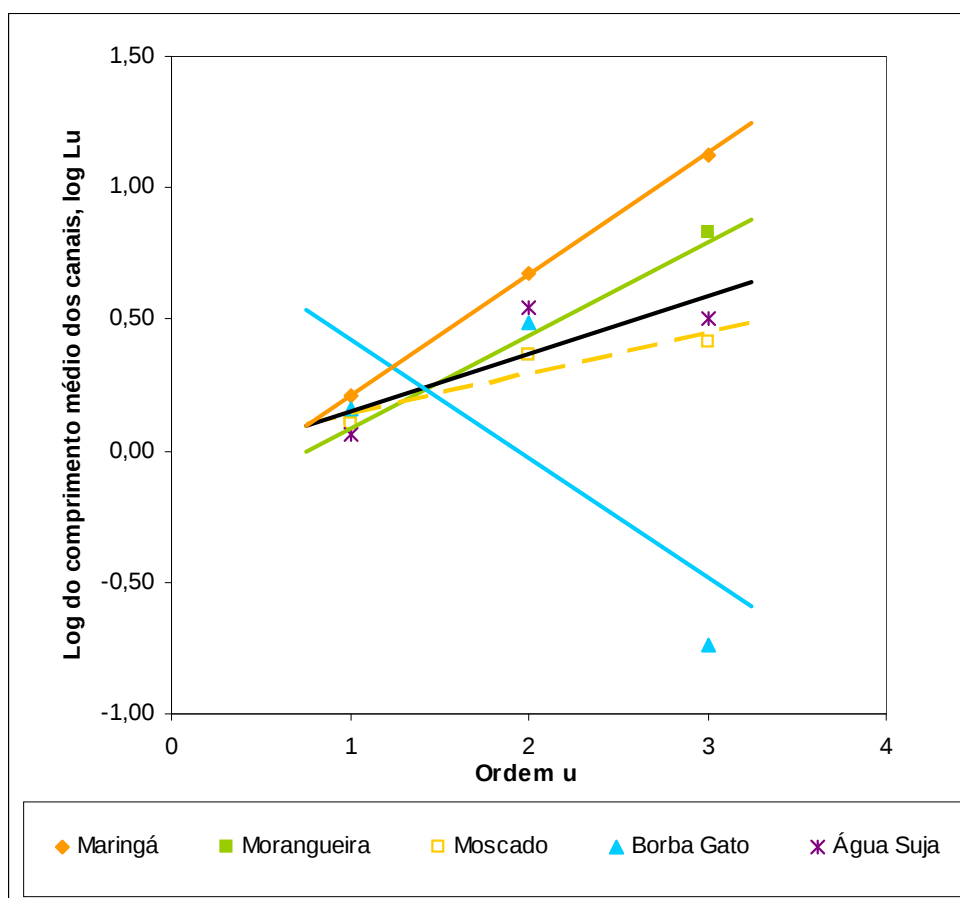


Figura 19. Regressão do comprimento médio dos canais pela ordem

Para as demais bacias, no entanto, não se verifica tal semelhança, portanto, pode-se inferir que provavelmente não haja similaridade geométrica entre bacias e sub-bacias, o que vêm a confirmar o exposto por Hack (1957).

A bacia do ribeirão Borba Gato em virtude do comprimento muito reduzido do canal de ordem 3, resultado de uma confluência próxima a foz, acabou apresentando regressão descendente do comprimento médio dos canais pela ordem, como se observa no gráfico da Figura 19. Porém, verifica-se que não é uma regressão ajustável, uma vez que o comprimento médio dos canais de ordem 2 foi superior aos comprimento médio dos canais de ordem 1, o que era esperado segundo Strahler (1964). Isso acabou resultando em um R^2 de apenas 0,50.

A bacia do ribeirão Água Suja também apresentou regressão pouco ajustável, haja vista que o comprimento médio dos canais de terceira ordem também foi menor que o de segunda ordem, porém a diferença não foi tão grande, no que resultou numa reta ainda ascendente, mas com R^2 de apenas 0,68. Porém, também nesse caso, o número de pontos, devido à baixa ordem, é insuficiente para se obter resultados consistentes.

Quanto aos valores encontrados, verifica-se que a maioria varia de 1,5 a 3,5, valores que, segundo Bras (1990), ocorrem para as bacias naturais, com exceção daqueles obtidos para a bacia do ribeirão Borba Gato entre a ordem 2 e 3, e do ribeirão Água Suja também entre as ordens 2 e 3, conforme destacado anteriormente.

Considerando o potencial poluidor, verifica-se que as bacias do ribeirão Maringá e Água Suja apresentam os maiores valores entre a ordem 1 e 2. Considerando a condição de esses valores serem resultado do pequeno número de canais da ordem superior, poder-se-ia dizer que são bacias mais sujeitas à poluição, pois são menos ramificadas para a ordem específica. Porém, no caso do ribeirão Maringá, o valor mais elevado de relação dos comprimentos ocorre principalmente por causa da grande extensão dos canais, haja vista que essa bacia é a de maior área e a única que apresenta quatro canais de segunda ordem, contra dois das demais. No caso da bacia do ribeirão Morangueira, o índice de bifurcação elevado não se refletiu na relação dos comprimentos, uma vez que os canais de segunda ordem apresentam extensão total reduzida, praticamente igual ao total dos canais de segunda ordem da bacia do córrego Moscado, porém, esta última apresenta extensão total dos canais bastante inferior. Portanto, nesse caso, a relação dos comprimentos não permite visualizar a propensão à poluição de uma bacia de forma tão clara quanto a relação de bifurcação.

Os valores da **relação entre o índice dos comprimentos e o índice de bifurcação** (R_{LB}) são apresentados na Tabela 13. Na Tabela 14 são apresentados os valores de R_{LB} ,

determinados a partir dos valores de R_B e R_L , obtidos da regressão, e os valores estimados do comprimento total dos canais (LT), segundo Horton (1945).

Tabela 13. Relação entre o índice dos comprimentos e o índice de bifurcação

Bacia	R_{L2-1}	R_{b1-2}	R_{Lb1-2}	R_{L3-2}	R_{b2-3}	R_{Lb2-3}
Pirapó						
Maringá	3,0	3,8	0,79	2,8	4,0	0,70
Morangueira	1,8	8,0	0,22	2,9	2,0	1,44
Ivaí						
Moscado	1,8	2,5	0,73	1,1	2,0	0,55
Borba Gato	2,1	2,5	0,85	0,1	2,0	0,03
Água Suja	3,1	3,5	0,87	0,9	2,0	0,45

Tabela 14. Valores de R_{LB} e LT estimados

Bacia	R_L	R_B	R_{LB}	L_1 (km)	LT_{est} (km)	LT (km)
Pirapó						
Maringá	2,9	3,9	0,74	1,6	55,4	56,4
Morangueira	2,3	4,0	0,56	1,3	39,8	32,5
Ivaí						
Moscado	1,4	2,2	0,64	1,3	12,9	13,5
Borba Gato	0,4	2,2	0,16	1,5	8,6	13,6
Água Suja	1,7	2,6	0,63	1,1	16,2	18,2

Pelos valores de R_{LB} obtidos e baseado nas informações de Christofolletti (1974), pode-se dizer que a tendência é de que os tamanhos dos canais diminuam de forma progressiva com a elevação de suas ordens, uma vez que a maioria dos valores foi menor que um. Apenas a bacia do ribeirão Morangueira, entre as ordens 2 e 3, contrariou essa tendência. Quanto aos valores de LT estimados, verifica-se grande correspondência com os valores reais, com exceção da bacia do córrego Borba Gato, devido ao pouco ajuste dos valores de R_L entre as ordens (não segue a lei dos comprimentos dos canais de Horton, com $R^2 = 0,50$), e da bacia do córrego Morangueira, onde o ajuste foi menor para os valores de R_B , cuja equação apresentou $R^2 = 0,92$. A bacia do ribeirão Água Suja também apresentou um valor estimado próximo do real, apesar de apresentar ajuste ruim para os valores de R_L ($R^2 = 0,68$).

Na Tabela 15, são apresentados os valores de área de drenagem para os cursos d'água segundo as ordens e na Tabela 16, os valores de *relação das áreas (R_A)*. A Tabela 17 apresenta o logaritmo da área média de contribuição dos canais pela ordem, os valores de a, b e R^2 da equação $\log A_u = a + b.u$, e o valor de R_A .

Tabela 15. Área de drenagem total dos cursos d'água segundo a ordem

Bacia	Ordem 1 (km ²)	Ordem 2 (km ²)	Ordem 3 (km ²)
Pirapó			
Maringá	41,6	63,1	88,7
Morangueira	29,4	20,7	40,7
Ivaí			
Moscado	15,3	22,6	26,9
Borba Gato	12,6	21,8	21,9
Água Suja	19,7	27,5	34,7

Tabela 16. Relação das áreas

Bacia	A_1 (km ²)	A_2 (km ²)	A_3 (km ²)	R_{A2-1}	R_{A3-2}
Pirapó					
Maringá	2,8	15,8	88,7	5,7	5,6
Morangueira	1,8	10,3	40,7	5,6	3,9
Ivaí					
Moscado	3,1	11,3	26,9	3,7	2,4
Borba Gato	2,5	10,9	21,9	4,3	2,0
Água Suja	2,8	13,8	34,7	4,9	2,5

Tabela 17. Logaritmo das áreas médias e R_A

Bacia	Log A_1	Log A_2	Log A_3	a	b	R^2	R_A
Pirapó							
Maringá	0,44	1,20	1,95	-0,31	0,75	1,00	5,7
Morangueira	0,26	1,01	1,61	-0,38	0,67	0,99	4,7
Ivaí							
Moscado	0,49	1,05	1,43	0,05	0,47	0,98	3,0
Borba Gato	0,40	1,04	1,34	-0,01	0,47	0,96	3,0
Água Suja	0,45	1,14	1,54	-0,05	0,55	0,97	3,5

O gráfico da Figura 20 representa a equação $\log A_u = a + b.u$ para as bacias pesquisadas.

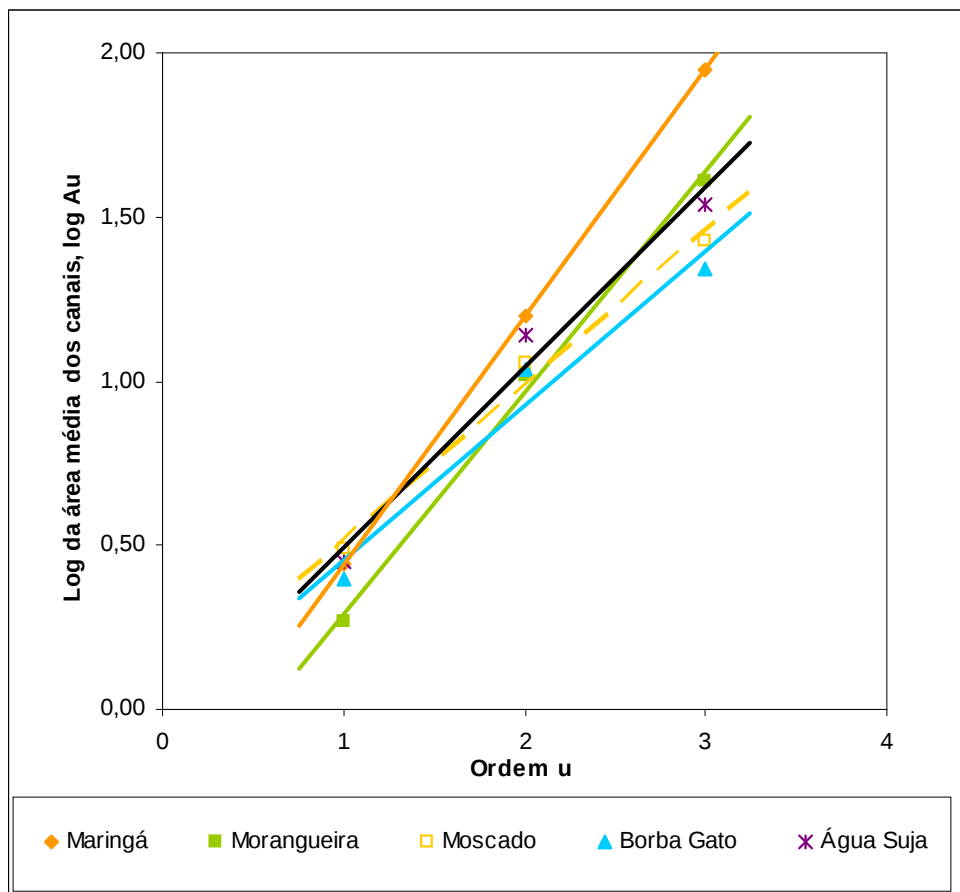


Figura 20. Regressão dos valores de área média de contribuição pela ordem

Confirmando o que fora constatado com a relação dos comprimentos, verifica-se que apenas a bacia do ribeirão Maringá apresenta valores muito próximos de relação das áreas entre as ordens, no que resulta em $R^2 = 1$ e, dessa forma, ajuste perfeito dos valores de $\log A_u$ por u segundo uma reta, conforme se verifica no gráfico da Figura 20. Portanto, essa bacia respeita plenamente a *lei de áreas* proposta por Schumm (1956). Isso acaba por confirmar também a similaridade geométrica dessa bacia com suas sub-bacias. Quanto aos valores encontrados, verifica-se que a maioria varia de 3 a 6, valores que ocorrem para as bacias naturais, segundo Bras (1990). Somente as bacias da vertente do rio Ivaí apresentam valores de relação das áreas, entre as ordens 3 e 2, um pouco menores, seguindo, naturalmente, a tendência apresentada pela relação dos comprimentos. Convém lembrar, porém, que o número de pontos, devido à baixa ordem, é insuficiente para se obter resultados consistentes.

Comparando os valores de relação das áreas com os de relação de bifurcação, verifica-se que para todas as bacias, os primeiros apresentaram valores maiores, o que era de se esperar segundo as observações de Tarboton (1996). Além disso, pode-se inferir, de acordo com os estudos de Dodds e Rothman (1999), que provavelmente não haverá uniformidade da densidade de drenagem ao longo da rede, uma vez que R_A e R_B não foram equivalentes, e/ou não haverá similaridade estrutural entre redes e sub-redes.

A Tabela 18 mostra os valores de E_1 , E_2 e K obtidos pela caracterização de Tokunaga (1978) para as bacias pesquisadas (*relação dos tributários laterais*). Na Tabela 19, são apresentados os valores de P e Q , obtidos por meio dos valores de E_1 e K encontrados e o número de canais de ordem 1, ordem 2 e ordem 3 estimados.

Tabela 18. Valores de E_1 , E_2 e K , segundo a caracterização de Tokunaga

Bacia	${}_3E_2$	${}_2E_1$	E_1	${}_3E_1$	E_2	K
Pirapó			(1)			
Maringá	2/1 = 2	5/4 = 1,25	1,4	2/1 = 2	2	1,4
Morangueira	0/1 = 0	3/2 = 1,5	1	9/1 = 9	9	9,0
Ivaí						
Moscado	0/1 = 0	0/2 = 0	0	1/1 = 1	1	1,0
Borba Gato	0/1 = 0	1/2 = 0,5	0,33	0/1 = 0	0	0,0
Água Suja	0/1 = 0	2/2 = 1	0,67	1/1 = 1	1	1,5

(1) - Média ponderada

Tabela 19. Valores de P , Q e número estimado de canais por ordem e total

Bacia	P	Q	N_{1est}	N_{2est}	N_{3est}	Total
Pirapó						
Maringá	0,69	4,14	13,6	3,4	1	18
Morangueira	1,76	10,24	18	3	1	22
Ivaí						
Moscado	1,00	2,00	4	2	1	7
Borba Gato	0,00	2,33	5,4	2,3	1	9
Água Suja	0,93	3,24	8,1	2,7	1	12

Os valores encontrados de E_1 e K foram, na maioria dos casos, diferentes daqueles esperados numa rede topologicamente randômica, o que leva a crer que controles geológicos

sejam responsáveis pela disposição dos canais e suas conectividades. Comparando o número estimado de canais pelo método de Tokunaga e pelo método de Horton, verifica-se que no segundo caso, os valores foram mais próximos do número real de canais. Uma explicação para essa diferença pode estar no apelo da caracterização de Tokunaga a similaridade geométrica entre rede e sub-redes, o que pode não ser o caso para as bacias pesquisadas.

Comparando os valores de K e R_L (relação dos comprimentos), verifica-se que as bacias da vertente do rio Ivaí apresentaram maior proximidade dos valores, o que pode denotar uniformidade da densidade de drenagem na rede maior que para as bacias da vertente do rio Pirapó.

Os valores de *densidade de drenagem* (D_d) encontrados são expostos na Tabela 20.

Tabela 20. Densidade de drenagem

Bacia	A (Km ²)	LT (km ²)	D_d (km/km ²)	Classificação
Pirapó				(1)
Maringá	88,7	56,4	0,64	Pobre
Morangueira	40,7	32,5	0,80	Pobre
Ivaí				
Moscado	26,9	13,5	0,50	Muito Pobre
Borba Gato	21,9	13,6	0,62	Pobre
Água Suja	34,7	18,2	0,52	Muito Pobre

(1) - Classificação segundo Villela e Mattos (1975)

De acordo com a classificação apresentada por VILLELA e MATTOS (1975), verifica-se que todas as bacias analisadas podem ser consideradas de drenagem pobre. Destaque para as bacias do ribeirão Água Suja e córrego Moscado, que apresentam valores próximos ao limite de 0,5 km/km², podendo ser consideradas de drenagem muito pobre.

Verifica-se também que os valores encontrados se aproximam daqueles propostos por Langbein (1947), para regiões úmidas, que é a condições presente no município de Maringá. Devido à baixa densidade de drenagem são, portanto, segundo Linsley, Kohler e Paulhus (1975), bacias pouco dissecadas, com maior tempo de concentração. E, baseado apenas nos valores deste índice, tendem a apresentar uma resposta hidrológica lenta, pois o caminho que a água da chuva terá que percorrer pelas vertentes é maior. No entanto, outros fatores como declividade e, principalmente, o grau de impermeabilização das vertentes são fundamentais na velocidade e magnitude dos picos de enchentes.

Valores encontrados em várias regiões dos Estados Unidos (1,9 a 250 km/km²), segundo Strahler (1964), cujos índices mais baixos são bem maiores que os encontrados para as bacias de Maringá-PR, são típicos de regiões mais úmidas e de rocha resistente. Esta condição é em parte presente no município de Maringá, cujo derrame basáltico fraturado apresenta média resistência, e o clima é úmido. De acordo com Linsley, Kohler e Paulhus (1975), densidades de drenagens baixas são observadas em solos mais resistentes à erosão ou muito permeável, onde o relevo é baixo e a cobertura vegetal é densa, condições essas observadas no município de Maringá-PR, ou que já foram observadas no caso da cobertura vegetal, que cobria toda a área do município antes da colonização, mas que agora encontra-se quase totalmente desmatada. Além disso, o solo predominante no município é o latossolo, que segundo Pissarra, Politano e Ferraudo (2004), apresenta como característica, maior permeabilidade e densidade de drenagem mais baixa. É importante observar também que a bacia do ribeirão Morangueira, a mais bem drenada, apresenta próximo à seção de exutório elevados valores de declividade, que é uma das situações observadas nas bacias com alta densidade de drenagem, conforme destacam Linsley, Kohler e Paulhus (1975).

Levando em consideração à possibilidade de poluição das bacias pesquisadas, como as mesmas são de drenagem pobre, a distância que um elemento poluidor terá de percorrer é grande, portanto, os efeitos nos cursos d'água, em média, demorarão mais a serem sentidos. Por outro lado, como a rede é menos extensa e tende a ser menos ramificada, a possibilidade de que toda ela seja prejudicada é maior. Além disso, com maior distância a ser percorrida, considerando que esse elemento poluidor seja lançado diretamente no solo, maior a possibilidade de infiltração, logo maior a possibilidade de contaminação dos aquíferos subterrâneos, o que dependerá também da cobertura do solo. No caso dessas bacias, a possibilidade de contaminação do solo por um lançamento superficial é menor devido ao maior grau de impermeabilização das vertentes. Outra característica importante, é que essas bacias também tenderão a apresentar vazões reduzidas próxima à seção de exutório, o que acarretará aumento do efeito poluidor.

A Tabela 21 apresenta a ***densidade de confluências (D_c)*** para as bacias pesquisadas.

Verifica-se que a bacia do ribeirão Morangueira apresenta o índice de 1 (uma) confluência para cada 2,7 km² de área de bacia, portanto, a mais bem drenada, o que é confirmado pela densidade de drenagem (D_d). Para as outras bacias, também se verifica uma correlação com o índice anterior. Assim, a bacia do ribeirão Morangueira será a menos sujeita à poluição, devido à sua maior ramificação, verificando-se o oposto para a bacia do córrego Moscado. Ainda no caso da bacia do ribeirão Morangueira, conforme constatado pelo elevado

índice de bifurcação, há a formação de várias sub-bacias de ordem 1 ao longo do rio principal, que poderão ser preservadas, dependendo da localização das fontes poluidoras.

Tabela 21. Densidade de confluências

Bacia	A (km ²)	NC	D _c (1/km ²)
Pirapó			
Maringá	88,7	14	1/6,3
Morangueira	40,7	15	1/2,7
Ivaí			
Moscado	26,9	4	1/6,7
Borba Gato	21,9	4	1/5,5
Água Suja	34,7	6	1/5,8

Na Tabela 22, são mostrados os valores da *extensão média do escoamento superficial* (ℓ).

Tabela 22. Extensão média do escoamento superficial

Bacia	Dd (km/km ²)	ℓ (km)
Pirapó		
Maringá	0,64	0,79
Morangueira	0,80	0,63
Ivaí		
Moscado	0,50	0,99
Borba Gato	0,62	0,80
Água Suja	0,52	0,96

Pelo fato tratar-se de um índice derivado da densidade de drenagem (D_d), os valores encontrados, de acordo com a Tabela 22, foram inversamente correspondentes ao mesmo. Para a bacia do córrego Moscado, de drenagem mais pobre, a distância média que a água da chuva, e/ou qualquer forma de poluente, teria que escoar sobre os terrenos da bacia, caso o escoamento se desse em linha reta, desde onde a chuva caiu até o ponto mais próximo no leito de um curso d'água qualquer, seria de aproximadamente 990 m, o caminho mais longo entre as bacias analisadas. Note-se que esse valor ignora os efeitos da declividade do canal e da bacia, que, para efeitos de cálculo, podem ser considerados insignificantes. A tendência à

infiltração, nesse caso, é maior, mas como se trata de uma bacia urbana, quase totalmente impermeabilizada, tal fenômeno quase não ocorrerá.

Os valores de *sinuosidade do curso d'água (Sin)* obtidos, calculados para o canal principal, são mostrados na Tabela 23.

Tabela 23. Sinuosidade do curso d'água

Bacia	L_p (km)	L_{talv} (km)	Sin	Classificação
Pirapó				(1)
Maringá	21,9	19,1	1,15	Baixa
Morangueira	11,8	11,2	1,06	Muito Baixa
Ivaí				
Moscado	6,8	5,8	1,17	Baixa
Borba Gato	7,3	7,0	1,04	Muito Baixa
Água Suja	8,0	7,4	1,08	Muito Baixa

(1) - Classificação baseada no resultado obtido por Villela e Mattos (1975) para o curso principal da Bacia do Ribeirão do Lobo em São Paulo

Pelos valores encontrados, verifica-se que quase não existe sinuosidade nos ribeirões Morangueira, Borba Gato e Água Suja, portanto eles tenderão a ter maior velocidade. De acordo com Leopold, Wolman e Miller (1964), esses canais podem ser classificados como retilíneos em virtude do valor de sinuosidade próximo a 1,0. Eles também devem apresentar uma carga detrítica maior, conforme observação de Cunha (1996). Além disso, esses canais não apresentam ao longo de seu comprimento padrão anastomasado, e apresentam vegetação densa ao longo das margens, justamente uma característica dos canais não anastomasados.

No caso de esses córregos estiverem poluídos, os baixos valores de sinuosidade vão acabar acelerando o carregamento dos poluentes para toda a sua extensão à jusante e diminuindo a possibilidade de que parte do poluente fique estagnada ao longo das margens.

A Tabela 24 apresenta a *relação do equivalente vetorial (Rev)* para as bacias pesquisadas.

Para as ordens 1 e 2, observa-se que os valores de equivalente vetorial aproximam-se bastante dos valores de comprimentos médios para todas as bacias (vide Tabela 11). Isso acontece, pois os canais dessas ordens, por serem menores, apresentam menor sinuosidade e possuem orientação mais retilínea. Para as bacias da vertente do rio Ivaí, que são as bacias menores, os canais de ordem 3 também possuem valores semelhantes de equivalente vetorial

e comprimento médio. Isso pode ser um indicativo de influência estrutural, conforme destaca Christofolletti (1974). Já na bacia do ribeirão Maringá, para o canal de ordem 3, observa-se grande diferença entre os valores de equivalente vetorial e comprimento médio, uma vez que esse canal apresenta grande curvatura. Diante disso, a relação do equivalente vetorial entre a ordem 3 e 2 para essa bacia foi o único valor que se distanciou do valor de relação dos comprimentos (R_L), sendo que todos os demais valores foram bastante semelhantes.

Tabela 24. Relação do equivalente vetorial

Bacia	Ev ₁ (km)	Ev ₂ (km)	Ev ₃ (km)	Rev ₂₋₁	Rev ₃₋₂
Pirapó					
Maringá	1,5	4,4	8,3	2,9	1,9
Morangueira	1,3	2,2	6,0	1,7	2,8
Ivaí					
Moscado	1,2	2,1	2,2	1,8	1,0
Borba Gato	1,4	2,7	0,2	2,0	0,1
Água Suja	1,1	3,3	2,8	3,0	0,8

Os valores do *coeficiente de manutenção de canais (C)* estão expressos na Tabela 25.

Tabela 25. Coeficiente de manutenção de canais

Bacia	D _d (km/km ²)	C (km ² /km)
Pirapó		
Maringá	0,64	1,57
Morangueira	0,80	1,25
Ivaí		
Moscado	0,50	1,99
Borba Gato	0,62	1,61
Água Suja	0,52	1,91

Para a bacia do córrego Moscado, de drenagem mais pobre, cada quilômetro linear de canal tem, em média, quase dois quilômetros quadrados de área de contribuição. Já para a bacia do ribeirão Morangueira, a mais bem drenada, um quilômetro linear de canal possui, em média, uma área de contribuição de 1,25 km², quase a metade do valor anterior. Diante disso, verifica-se que a bacia do córrego Moscado e também do ribeirão Água Suja são as bacias

mais propensas à poluição, pois com uma área de contribuição grande, sujeita a maior presença de fontes poluidoras, a concentração de poluentes por quilômetro de canal também é maior.

Os valores de coeficiente de manutenção dos canais também correspondem a distância média entre os canais, onde na bacia do córrego Moscado, de menor densidade de drenagem, os canais, obviamente, estarão separados por uma distância maior.

A Tabela 26 apresenta os valores de **densidade hidrográfica (D_h)**.

Tabela 26. Densidade hidrográfica

Bacia	Número de canais	A (km ²)	D_h (1/km ²)	D_{hest} (1/km ²)	Correlação
Pirapó					
Maringá	15	88,7	1/5,9	1/3,6	Baixa
Morangueira	16	40,7	1/2,5	1/2,3	Alta
Ivaí					
Moscado	5	26,9	1/5,4	1/5,7	Alta
Borba Gato	5	21,9	1/4,4	1/3,7	Média
Água Suja	7	34,7	1/5,0	1/5,3	Alta

Verifica-se que a bacia do ribeirão Morangueira é que apresenta a maior “capacidade” de gerar novos cursos d’água, segundo Christofolletti (1974), provavelmente devido à condições geológicas favoráveis, conforme já mencionado na análise da relação de bifurcação. Comparando os valores de densidade hidrográfica estimados pela equação empírica de Melton (1958) com os valores reais, observou-se bastante proximidade para as bacias do ribeirão Morangueira, córrego Moscado e ribeirão Água Suja. Apenas a bacia do ribeirão Maringá apresentou um valor bem diferente, o que se justifica, pois Melton utilizou regressão para se chegar à equação, partindo de valores de grande variação em escala linear. Além disso, esse valor mais baixo para a bacia do ribeirão Maringá se deve ao fato de essa bacia apresentar número pequeno de canais, comparado a área, mas de comprimentos maiores o que acaba elevando a densidade de drenagem.

Analizando a possibilidade de poluição, tem-se a confirmação de que a bacia do córrego Moscado é uma das mais propensas a tal, haja vista o pequeno número de canais por unidade de área. No entanto, a bacia do ribeirão Maringá, apresentou um valor até inferior à primeira neste índice, exatamente pelo fato de se tratar de uma bacia grande, mas quando se

analisa o coeficiente de manutenção de canais, verifica-se que o valor da área de contribuição por unidade linear de canal é bem menor.

Na Tabela 27 são apresentados os valores de *comprimento do canal principal* estimado pela área da bacia, comparando com o comprimento real medido em planta.

Tabela 27. Relação de área e comprimento do canal principal

Bacia	A (km ²)	L _p (km)	L _{est} (km)	Correlação
Pirapó				
Maringá	88,7	21,9	18,7	Média
Morangueira	40,7	11,8	11,7	Alta
Ivaí				
Moscado	26,9	6,8	9,1	Baixa
Borba Gato	21,9	7,3	8,1	Média
Água Suja	34,7	8,0	10,7	Baixa

Pelos valores de L_{est} encontrados, observa-se que existe correlação com os valores reais, principalmente para a bacia do ribeirão Morangueira, que é uma bacia mais alongada, confirmando assim a tendência verificada por Hack (1957). A correlação é menor para as bacias da vertente do rio Ivaí, que são bacias com formato mais circular. Já para a bacia do ribeirão Borba Gato, a correlação verificada é relativamente grande, pois apesar de ser a bacia mais circular, ela é também a de menor área. Porém, deve-se levar em consideração, conforme destaca Dodds e Rothman (1999), que a equação de Hack é somente verdadeira na média, portanto, é normal a ocorrência de desvios, tanto para cima, quanto para baixo.

A Tabela 28 mostra os valores estimados de área em função de A₁, R_B e R_{LB}.

Tabela 28. Área das bacias estimadas por A₁, R_B e R_{LB}

Bacia	A ₁ (km ²)	R _B (km)	R _{LB} (km)	A _{est} (km ²)
Pirapó				
Maringá	2,8	3,9	0,74	95,5
Morangueira	1,8	4,0	0,56	55,2
Ivaí				
Moscado	3,1	2,2	0,64	31,3
Borba Gato	2,5	2,2	0,16	14,9
Água Suja	2,8	2,6	0,63	39,8

Quanto aos valores de área estimados, observa-se que os mesmos não se ajustaram muito bem, diferentemente com o que aconteceu com os valores de LT estimados. Isso se deve unicamente ao valor de A_1 , já que todos os outros parâmetros da equação são iguais. Os valores mais discrepantes ocorreram com as bacias do ribeirão Borba Gato, exatamente devido ao pouco ajuste dos valores de R_L entre as ordens (não segue a lei dos comprimentos dos canais de Horton), e do ribeirão Morangueira, devido ao ajuste menor para os valores de R_B .

5.1.4 Características do relevo

No APÊNDICE A são apresentadas as tabelas de distribuição de **declividade das bacias** pesquisadas, juntamente com as curvas de distribuição dessas declividades. Na Figura 21, a seguir, seguem representadas as curvas de distribuição de declividade de todas as bacias. A Figura 22 mostra o mapa do município de Maringá separado por classes de declividade, com as bacias delimitadas.

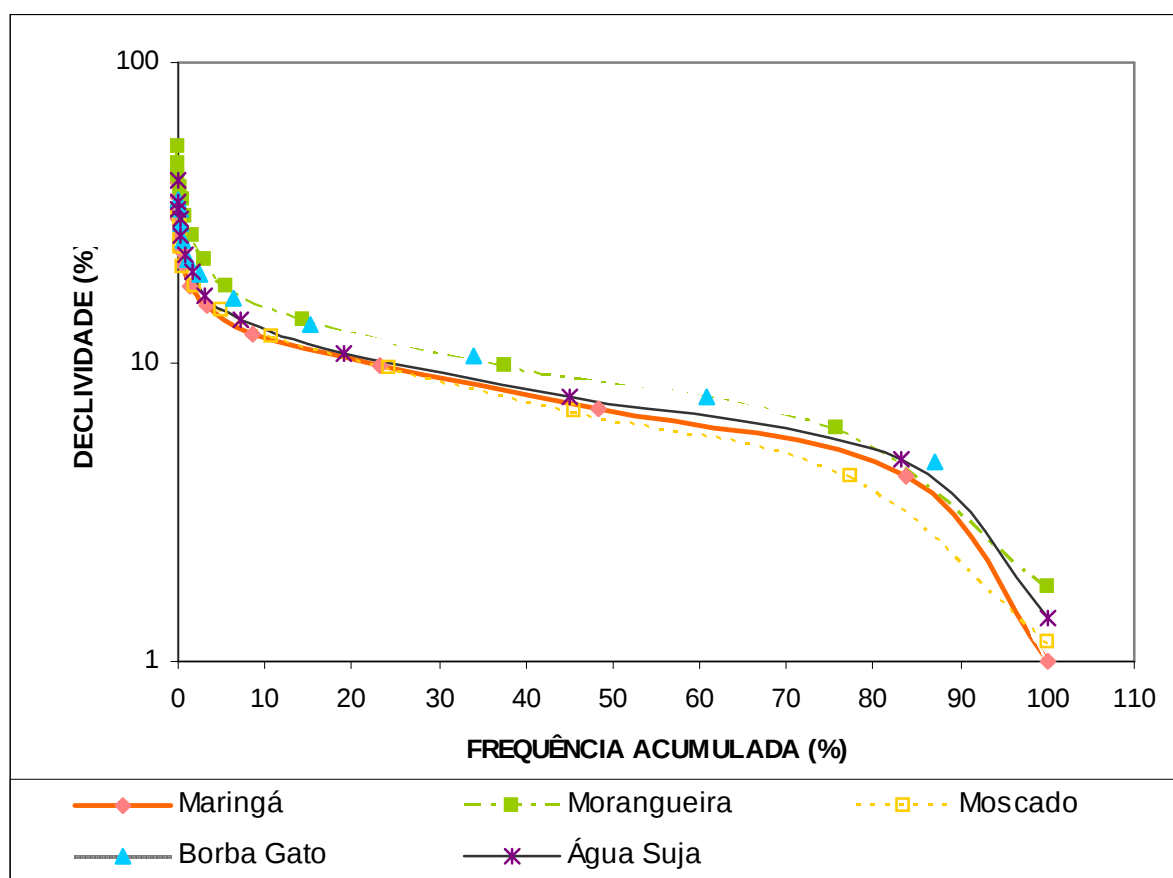


Figura 21. Curva de distribuição de declividade das bacias pesquisadas

Na Tabela 29 são apresentados os valores de declividade encontrados.

Tabela 29. Declividades médias e medianas das bacias

Bacia	Declividade Média (%)	Declividade Mediana (%)	Classificação
Pirapó			(1)
Maringá	6,1	7,0	Suave ondulado
Morangueira	7,5	8,4	Suave ondulado
Ivaí			
Moscado	5,9	6,2	Suave ondulado
Borba Gato	7,7	8,8	Suave ondulado
Água Suja	6,5	7,1	Suave ondulado

(1) - Baseada na classificação da Embrapa (EMBRAPA, 1999)

Observa-se que as bacias analisadas apresentam valores de declividade média que variam entre 5,9% (59 m/km) a 7,7% (77 m/km), portanto, baseada na classificação proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1999), são bacias de terreno suave ondulado. Pelo mapa da Figura 22, é possível verificar que as bacias do ribeirão Maringá e, principalmente, a do córrego Moscado, apresentam grande parte da área com declividade entre 0 e 3%, onde o terreno é considerado plano.

Porém, as bacias analisadas apresentam alta taxa de impermeabilização de seus terrenos, especialmente as bacias do córrego Moscado e do ribeirão Borba Gato, que estão localizadas quase totalmente em área urbana e, além disso, são as menores bacias, portanto, segundo Linsley, Kohler e Paulhus (1975), o escoamento superficial, que é maior com a impermeabilização, será determinante na forma do hidrograma. Esses fatores irão contribuir para maior quantidade e velocidade de escoamento da água da chuva, principalmente por meio das galerias pluviais, com pouca infiltração, resultando numa elevação dos picos de enchente. No caso das bacias supracitadas esse fator é agravado pelo formato mais circular das mesmas, onde há mais possibilidade de toda a área da bacia poder estar contribuindo de uma só vez. Outro impacto resultante é a erosão no leito dos rios e em suas margens causadas pelas águas da chuva concentradas provenientes das galerias. Esse fato ocorre principalmente dentro dos parques centrais da cidade, pertencentes à bacia do córrego Moscado.

Um outro aspecto a ser observado são os valores semelhantes de declividade entre as bacias, o que segundo Strahler (1964), caracteriza bacias com formações geológicas semelhantes, fato esse totalmente justificado por se tratar de bacias vizinhas.

Analisando o efeito poluidor dessas bacias e considerando apenas a declividade média, conclui-se que a velocidade com que determinado poluente, despejado superficialmente, chegaria ao curso d'água seria pequena devido à baixa declividade, principalmente para as bacias do ribeirão Maringá e córrego Moscado, e haveria maior tendência a infiltração. Isso acaba por não ocorrer devido às altas taxas de impermeabilização, especialmente para a bacia do córrego Moscado. No caso específico dos postos de combustíveis, a poluição superficial ocorre principalmente por meio de galerias pluviais e rede de esgoto, assim acaba-se na mesma situação do escoamento das águas da chuva: maior concentração e velocidade, e baixa infiltração. Além disso, essa velocidade depende grandemente da localização das fontes poluidoras, considerando a grande variação de declividade que ocorre ao longo da bacia.

No APÊNDICE B são mostradas as tabelas de **declividade média das vertentes (S)** para as bacias do ribeirão Maringá, ribeirão Morangueira, córrego Moscado, ribeirão Borba Gato e ribeirão Água Suja. Na Tabela 30 é apresentado um resumo dos valores encontrados de declividade média das vertentes dessas bacias em porcentagem, juntamente com os valores de declividade média.

Tabela 30. Declividade média e declividade média das vertentes

Bacia	Declividade Média (%)	Declividade Média das Vertentes (%)	Classificação
Pirapó			(1)
Maringá	6,1	0,40	Muito Baixa
Morangueira	7,5	0,54	Muito Baixa
Ivaí			
Moscado	5,9	0,49	Muito Baixa
Borba Gato	7,7	0,54	Muito Baixa
Água Suja	6,5	0,56	Muito Baixa

(1) - Comparativo aos valores obtidos para a declividade média

Como se pode observar na Tabela 30, todos os valores obtidos de declividade média das vertentes foram extremamente baixos, comparados com os valores obtidos para a declividade média. Essa diferença pode ser explicada pelo fato de a declividade média das

vertentes ser calculada em relação às curvas de nível como um todo e a declividade média a partir de milhares de valores pontuais.

Os valores de *relação de relevo* (R_h) e *relação de relevo percentual* (R_{hp}) encontram-se na Tabela 31.

Tabela 31. Relação de relevo

Bacia	H (km)	L_M (km)	H_M (km)	P (km)	R_h	R_{hp} (%)	Cla
Pirapó							(1)
Maringá	0,237	16,2	0,237	44,3	0,015	0,54	MB
Morangueira	0,176	11,5	0,211	30,6	0,015	0,69	MB
Ivaí							
Moscado	0,138	7,2	0,175	23,0	0,019	0,76	MB
Borba Gato	0,201	6,4	0,201	19,0	0,031	1,06	MB
Água Suja	0,174	8,6	0,174	25,6	0,020	0,68	MB

(1) - Comparativo aos valores de R_h obtidos por Schumm (1956) para pequenas bacias no Colorado, EUA, onde MB = Muito baixo

Os valores obtidos para relação de relevo foram extremamente baixos, comparados com os valores obtidos por Schumm (1954), e seguem a tendência apresentada pelos valores de declividade média, com exceção da bacia do ribeirão Morangueira, que apresenta a segunda maior declividade média, e possui, junto com a bacia do ribeirão Maringá o menor valor de relação de relevo. Essa diferença pode ser explicada pelo formato da bacia. Como o índice proposto por Schumm, mede o comprimento máximo da mesma, aquelas com o formato mais alongado, como a do ribeirão Morangueira, tenderão a apresentar valor menor de relação de relevo, o que vai acabar distorcendo ainda mais os valores reais de declividade.

Dessa forma, esse índice não é o ideal para se avaliar o potencial poluidor de uma bacia, mas na falta de dados mais precisos, permite oferecer uma idéia da declividade geral e, conseqüentemente, da maior ou menor velocidade que o elemento poluidor terá até atingir a rede de drenagem. No caso, a bacia do ribeirão Borba Gato apresentou o maior valor de relação de relevo, confirmando os valores de declividade média, portanto, entre as bacias analisadas, é a que apresenta a menor tendência a infiltração e maior velocidade das águas das chuvas e/ou poluentes sobre seus terrenos.

Baseado na correlação obtida por Schumm entre perda de sedimento por unidade de área e relação de relevo, pode-se dizer que para as bacias pesquisadas, a perda de sedimento anual é muito pequena, embora diferenças climáticas e geológicas devam ser levadas em

conta na caracterização desse parâmetro. Por exemplo, os valores mais baixos obtidos por Schumm se deram em rochas resistentes, ao passo que na área de estudo, o derrame basáltico apresenta média resistência.

A Tabela 32 apresenta os valores encontrados de *número de rugosidade (G)*.

Tabela 32. Número de rugosidade

Bacia	H _M (km)	D _d (km/km ²)	G	Classificação
Pirapó				(1)
Maringá	0,237	0,64	0,151	Baixo
Morangueira	0,211	0,80	0,169	Baixo
Ivaí				
Moscado	0,175	0,50	0,088	Baixo
Borba Gato	0,201	0,62	0,125	Baixo
Água Suja	0,174	0,52	0,091	Baixo

(1) - Comparativo aos valores obtidos em bacias dos EUA, segundo Strahler (1964).

Observa-se que os valores de número de rugosidade foram bastante baixos, comparando com os valores de bacias dos Estados Unidos, (STRAHLER, 1964), o que é reflexo da baixa densidade de drenagem, principalmente para as bacias do córrego Moscado e ribeirão Água Suja. Isso significa dizer que, de maneira geral, para as bacias pesquisadas, as vertentes são horizontalmente mais longas, resultando na média em baixos valores de declividade, o que foi confirmado pelos valores de declividade encontrados.

Isso acaba por facilitar a infiltração tanto da água da chuva, quanto de alguma forma de poluente, que pode vir a comprometer a vida no solo e a qualidade dos lençóis freáticos. Contudo, isso será mais problemático para as bacias da vertente do rio Pirapó que apresentam a maior parte da área na zona rural, onde quase não há impermeabilização.

O APÊNDICE C apresenta as tabelas com os valores de distribuição de área e área acumulada ao longo das cotas para as bacias do ribeirão Maringá, ribeirão Morangueira, córrego Moscado, ribeirão Borba Gato e ribeirão Água Suja, juntamente com as respectivas *curvas hipsométricas*. As Figuras 23 e 24, a seguir, apresentam a curva hipsométrica de todas as bacias reunidas, sendo a última em porcentagem, tanto de áreas quanto de cotas. A Figura 25 mostra o mapa hipsométrico do município de Maringá, com as bacias delimitadas e as Figuras 26 a 30 mostram os mapas hipsométricos das bacias supracitadas individualmente.

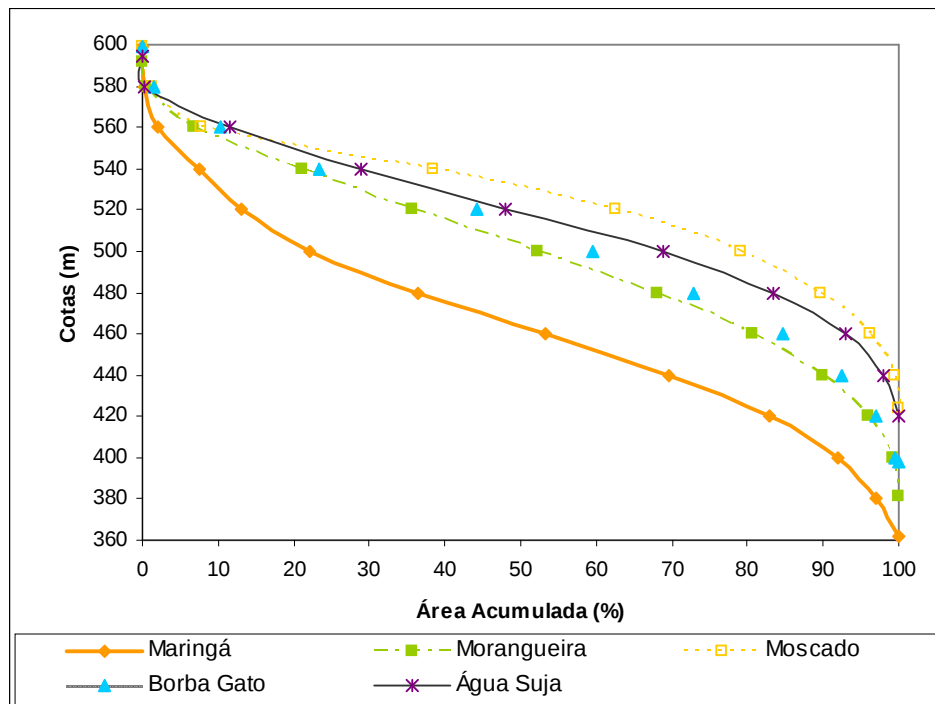


Figura 23. Curva hipsométrica das bacias urbanas de Maringá-PR

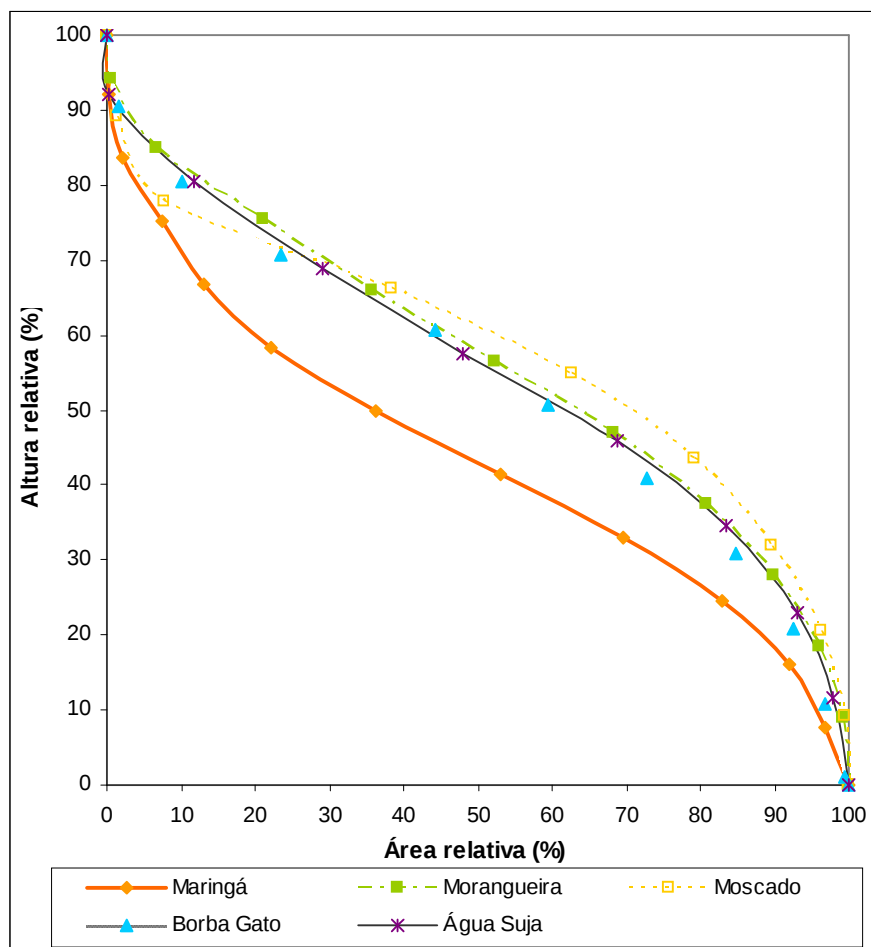


Figura 24. Curva hipsométrica em porcentagem para as bacias pesquisadas

Pela análise da curva hipsométrica das bacias pesquisadas, verifica-se que as bacias de maior área, no caso a bacia do ribeirão Morangueira e, principalmente, a bacia do ribeirão Maringá, apresentam variações de altitude entre a seção de exutório e o seu ponto mais alto de cerca de 200 m a 240 m, o que, baseado nas informações de Woodcock (1976), pode acarretar diferenças na temperatura média de até 1,6 °C. Essa diferença de temperatura, por sua vez, pode causar variações na evaporação e transpiração. Porém, as possíveis variações de precipitação anual serão mais significativas, o que pode trazer conseqüências diretas sobre o deflúvio médio (VILLELA; MATTOS, 1975), como, por exemplo, a ocorrência de maior quantidade de chuvas em uma região da bacia do que em outra, afetando o seu tempo de concentração. Porém, tanto a variação de precipitação, quanto, principalmente, a de temperatura não serão tão significativas.

A Tabela 33 apresenta os dados hipsométricos das bacias pesquisadas.

Tabela 33. Dados hipsométricos

Bacia	Altitude (m)				Ampl (m)	A _M (m)	A _C (m)	CM	CO (m)
	Máx	Mín	Média	Med					
Pirapó									
Maringá	599	362	465	464	237	103	102	0,436	45,0
Morangueira	592	381	500	502	211	119	121	0,564	67,1
Ivaí									
Moscado	599	424	525	532	175	101	108	0,577	58,2
Borba Gato	599	398	507	514	201	109	116	0,543	59,3
Água Suja	594	420	516	518	174	96	98	0,554	53,4

Observa-se, de acordo com o Figura 24, que todas as bacias apresentam distribuição equilibrada de área em função da altitude, no que resulta, de acordo com a Tabela 33, em valores de coeficiente de massividade próximos a 0,5, ou seja, são bacias com distribuição equilibrada de terras altas (acima da altitude média) e baixas (abaixo da altitude média). Quanto ao valor deste índice, observa-se que apenas a bacia do ribeirão Maringá apresenta valor inferior a 0,5, o que implica dizer que ela possui porcentagem de terras baixas maior. Todas as demais bacias apresentam valores de coeficiente de massividade muito próximos entre si, e acima de 0,5, portanto, são bacias com proporção de terras altas maior. Porém, como todos os valores são próximos a 0,5, a diferença entre a proporção de terras altas e baixas é pequena. Dessa forma, apenas pelo valor desse índice, não é possível inferir sobre o

potencial poluidor das bacias, uma vez que com uma distribuição equilibrada de altitudes não é possível ter uma noção geral de declividade. Contudo, é possível verificar visualmente por meio do mapa da Figura 28, que a bacia do córrego Moscado, que apresenta o maior valor de coeficiente de massividade, apresenta grande proporção de terras altas em relação a área total.

Quanto aos valores de coeficiente orográfico, eles também estiveram próximos e acompanharam em parte os valores de coeficiente de massividade. Pequenas variações se deram, principalmente, em função da amplitude da bacia.

Baseado nas informações de Davis (1899 apud BRAS, 1990), pode-se dizer que as bacias pesquisadas são, devido à distribuição equilibrada de altitudes, bacias geologicamente maduras. De acordo com a classificação de Scheidegger (1987), as bacias poderiam ser consideradas bacias de média atividade de processos antagônicos de degradação e formação. Por fim, baseado nas informações de Bras (1990), considera-se que há um equilíbrio entre esses processos, com a possibilidade de a erosão provocar uma redução geral no relevo, mas mantendo a distribuição equilibrada de área e relevo. Esta última condição é provavelmente a que vem ocorrendo em virtude do próprio formato arredondado de morros e espigões aplainados da região, decorrentes dos processos de erosão de milhares de anos.

De maneira geral, as bacias apresentam maiores variações de altitude próximas à foz e a rede de drenagem, onde os vales apresentam declives mais acentuados; e bem próximas às cabeceiras. Na bacia do córrego Moscado é que está mais presente esta característica, como se pode observar pelo formato de sua curva hipsométrica, na Figura 24 e pelo próprio mapa hipsométrico da Figura 28. No caso de as fontes poluidoras localizarem-se nessas regiões, a tendência é que o efluente chegue mais rapidamente ao corpo d'água e apresente menor infiltração no solo, considerando que ele seja carregado pelo escoamento superficial.

Os valores de H_c variaram de 121 m para a bacia do ribeirão Morangueira a 98 m para a bacia do ribeirão Água Suja. Portanto, a primeira apresenta uma carga potencial hipotética maior, no que resulta em maior velocidade das águas da chuva e/ou poluentes em direção à desembocadura, podendo causar erosão ao longo das margens e depósito de poluentes. Porém, tanto o ribeirão Morangueira quanto o Água Suja apresentam valores baixos de sinuosidade do canal, o que acaba por diminuir os efeitos dessa carga potencial.

No APÊNDICE D são apresentadas as tabelas com os parâmetros necessários para obtenção dos valores de **declividade** S_1 e S_3 para os córregos pesquisados. Nas Figuras 31 a 35, a seguir, são apresentados os perfis longitudinais dos córregos, juntamente com as linhas S_1 , S_2 e S_3 . Na Figura 36 os perfis longitudinais dos rios são apresentados juntos e na Figura 37 os mesmos são apresentados em porcentagem para melhor comparação

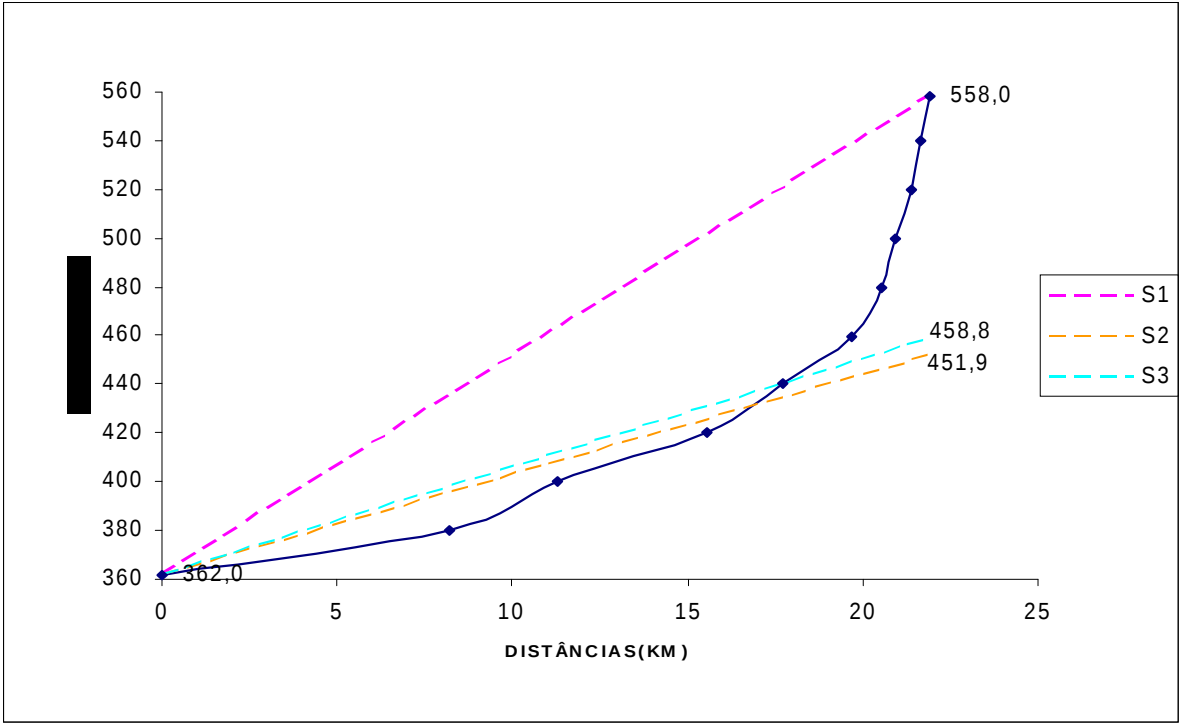


Figura 31. Perfil longitudinal do ribeirão Maringá

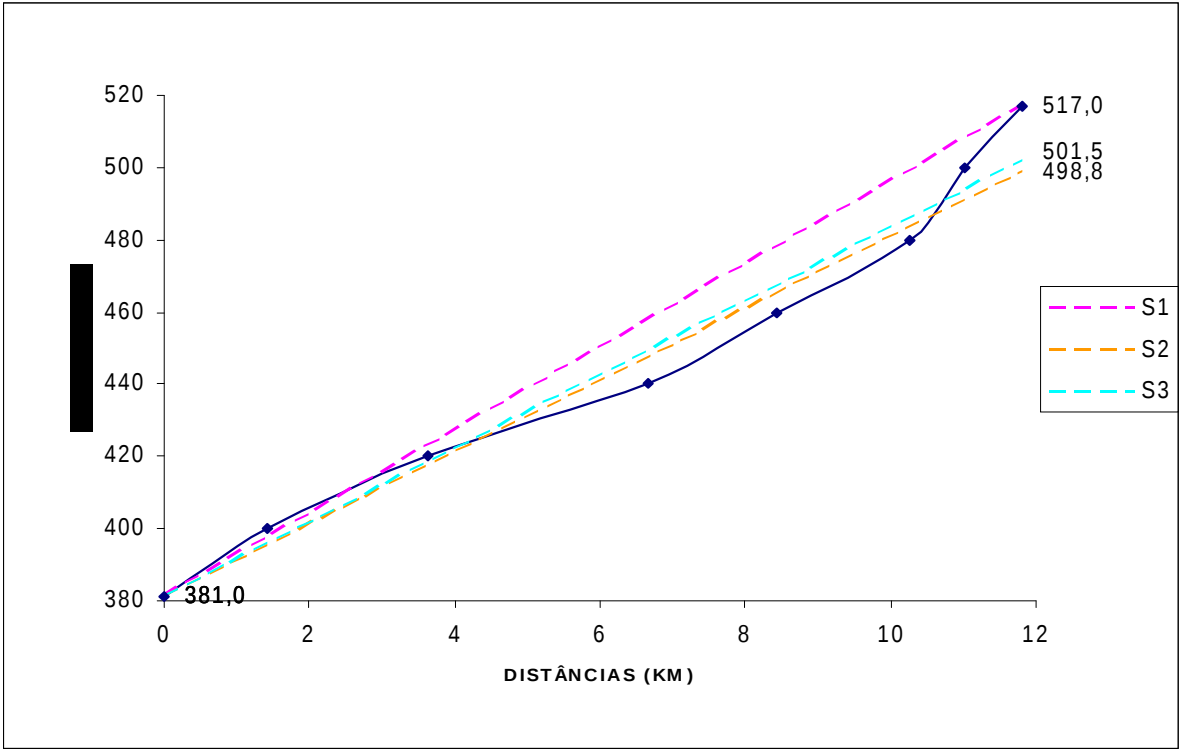


Figura 32. Perfil longitudinal do ribeirão Morangueira

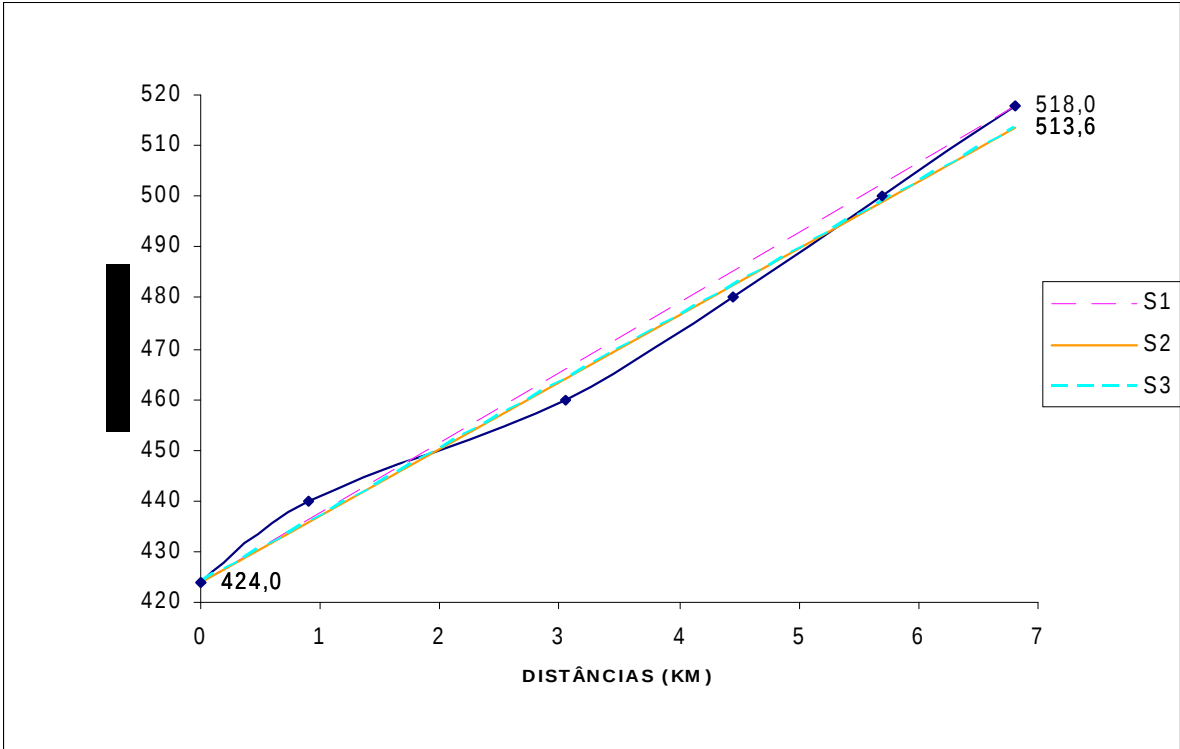


Figura 33. Perfil longitudinal do córrego Moscado

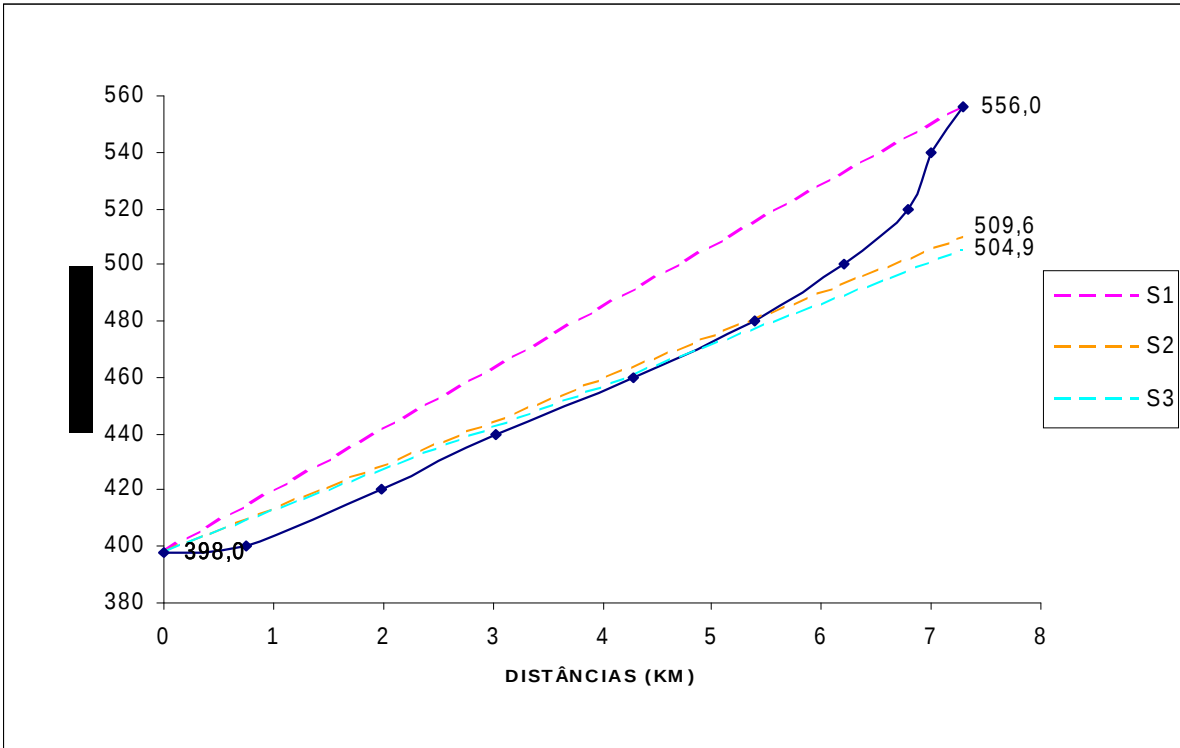


Figura 34. Perfil longitudinal do ribeirão Borba Gato

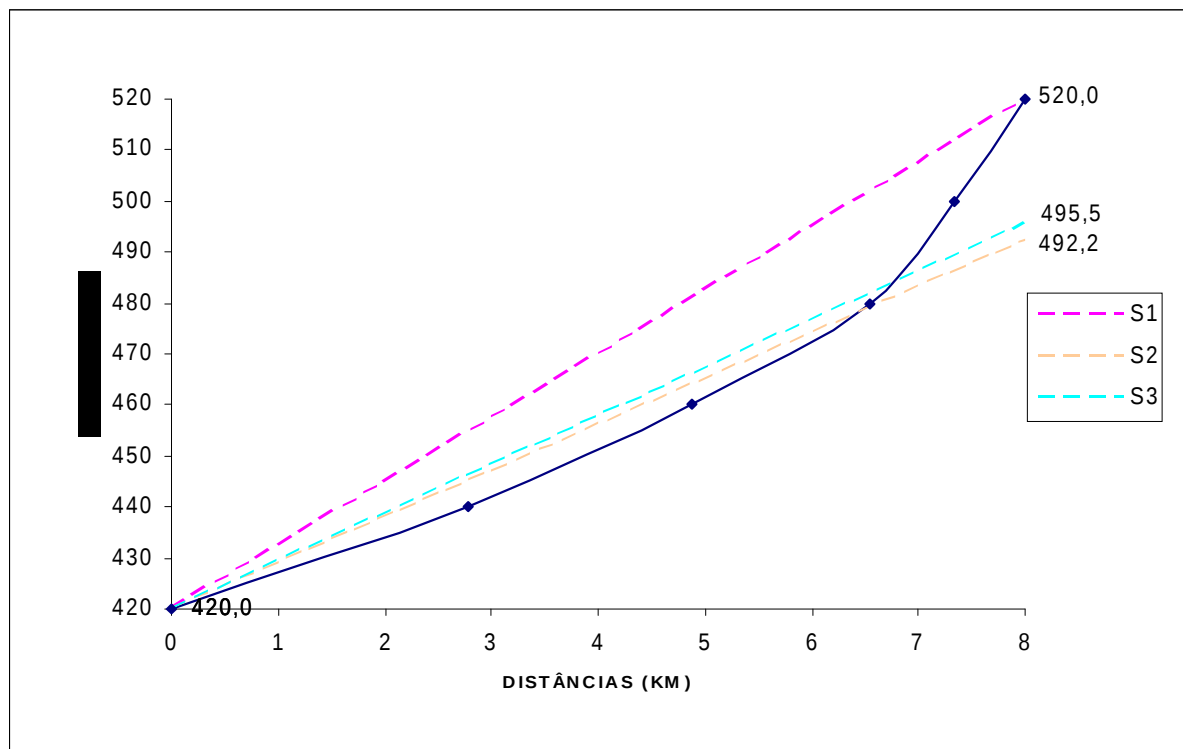


Figura 35. Perfil longitudinal do ribeirão Água Suja

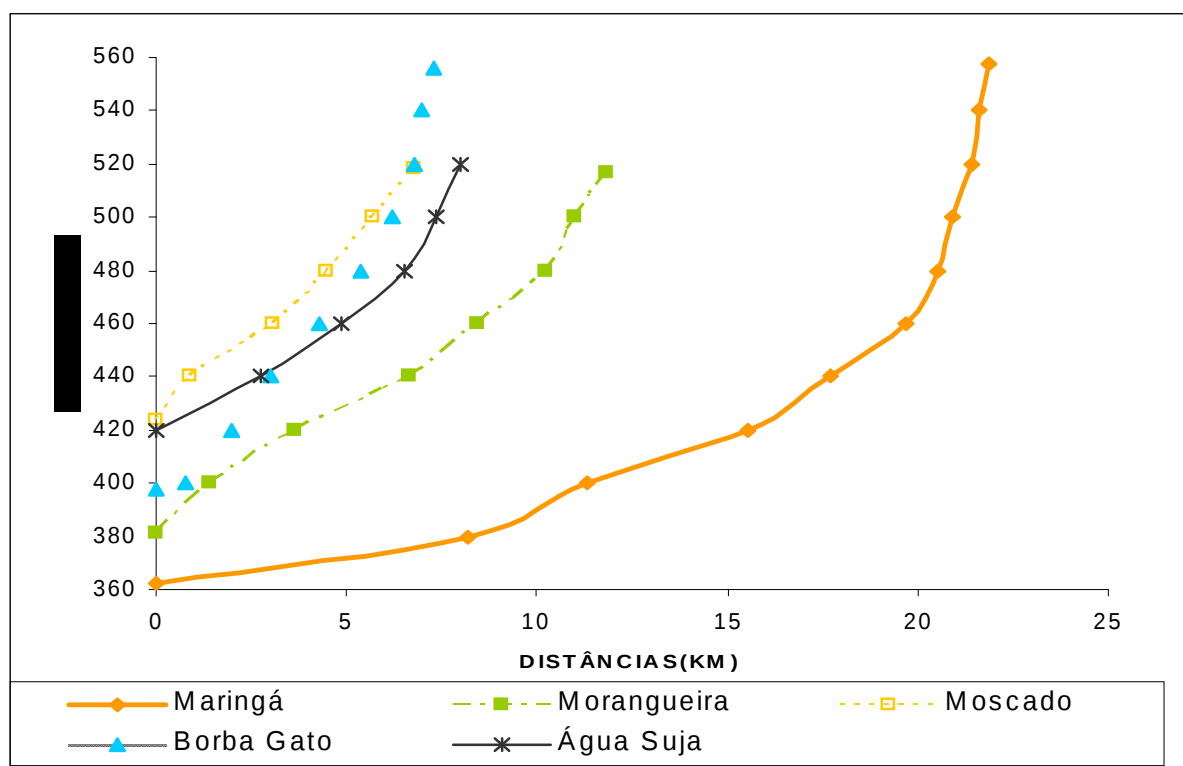


Figura 36. Perfis longitudinais dos córregos urbanos de Maringá

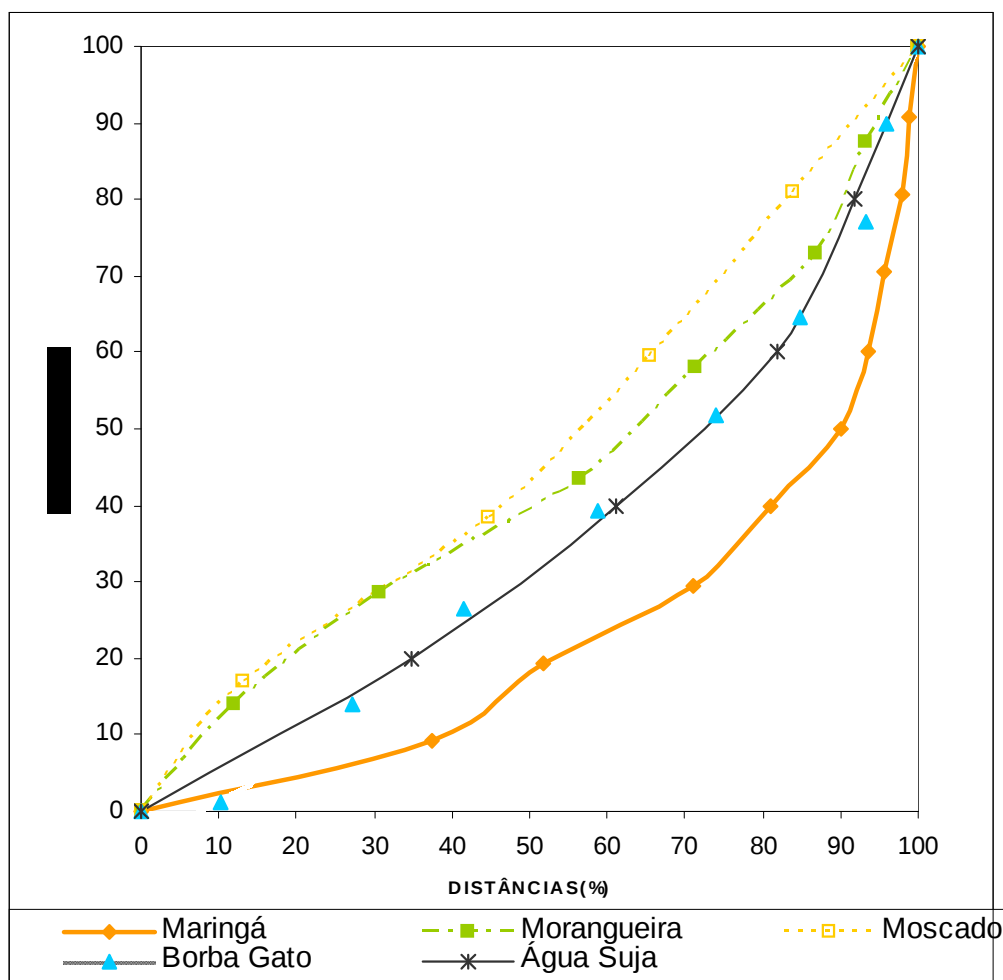


Figura 37. Perfis longitudinais dos córregos urbanos de Maringá em porcentagem

Com exceção do ribeirão Maringá e do ribeirão Borba Gato, os demais rios apresentam valores de declividade S_1 , S_2 e S_3 próximos, com destaque para o córrego Moscado, que, conforme se verifica nas Figuras 33 e 37, apresenta um perfil quase reto, com pouca concavidade. Isso mostra que os mesmos não apresentam grandes variações de declividade no caminho da cabeceira à foz. Baseado na lei de declividades de Gilbert (1877 apud STRAHLER, 1964), pode-se dizer que esses rios não apresentam grande variação de vazão ao longo do seu curso, o que é justificado por tratar-se de canais de dimensões menores e no caso do córrego Moscado, possuir poucos tributários. Uma outra justificativa, segundo Leopold, Wolman e Miller (1964), é que esses córregos não apresentam grande variação no tamanho das partículas presentes no seu leito durante esse percurso, por isso a pouca variação de declividade.

Na Tabela 34, são apresentados todos os valores de declividades S_1 , S_2 e S_3 encontrados para as bacias pesquisadas e a Tabela 35 mostra a declividade média segundo a ordem dos canais e a relação entre elas.

Tabela 34. Declividades de álveo

Bacia	Declividade S₁ (m/km)	Declividade S₂ (m/km)	Declividade S₃ (m/km)
Pirapó			
Maringá	9,0	4,1	4,4
Morangueira	11,5	10,0	10,2
Ivaí			
Moscado	13,8	13,2	13,2
Borba Gato	21,7	15,3	14,6
Água Suja	12,5	9,0	9,4

Tabela 35. Declividades segundo a ordem e a relação entre elas

Bacia	Gc₁ (m/m)	Gc₂ (m/m)	Gc₃ (m/m)	Rgc₁₋₂	Rgc₂₋₃
Pirapó					
Maringá	0,0408	0,0129	0,0037	3,2	3,5
Morangueira	0,0457	0,0163	0,0085	2,8	1,9
Ivaí					
Moscado	0,0293	0,0157	0,0128	1,9	1,2
Borba Gato	0,0455	0,0199	0,0055	2,3	3,6
Água Suja	0,0356	0,0145	0,0038	2,5	3,8

Para o ribeirão Maringá verifica-se no gráfico de seu perfil longitudinal, declividade bastante elevada de sua nascente até cerca de um quarto de seu comprimento, mas que se reduz drasticamente até a foz, resultando em valores médios baixíssimos de declividade. Por se tratar do maior curso d'água entre os canais analisados, com muitos tributários, pode-se inferir que há grande aumento de vazão em direção à foz. Analisando o seu perfil longitudinal, verifica-se ainda que o ribeirão Maringá encaixa-se perfeitamente no perfil proposto por Surrel (apud CHRISTOFOLETTI, 1974), pois é possível verificar a existência dos três regimes: a cabeceira, apresentando altas declividades, como área de coleta e erosão; o trecho inferior, com declividades baixíssimas, provavelmente com predominância de sedimentação e o trecho intermediário, com declividades maiores que o trecho inferior e menores que a cabeceira, como sendo a área de transição. Além disso, pode-se inferir, de acordo com as informações de Leopold, Wolman e Miller (1964), que haverá rápida diminuição da carga detrítica em direção à foz, exatamente por causa da diminuição acentuada da declividade.

Observa-se também que o ribeirão Maringá e o córrego Moscado, que apresentam, respectivamente, a maior e menor amplitude entre os córregos analisados, possuem também, na mesma ordem, a maior e menor variação de declividades, conforme se observa na Figura 37. Isso vem a confirmar o exposto por Leopold, Wolman e Miller (1964), que afirmam que quanto maior a elevação acima da desembocadura (amplitude), maior a variabilidade das declividades.

Para o ribeirão Borba Gato, apesar de apresentar dimensões semelhantes ao córrego Moscado, observa-se um valor de declividade S_1 elevado, se comparado aos demais índices, que é resultado de uma declividade maior próxima à nascente. Porém, em todo o seu percurso intermediário, o canal apresenta uma variação menor de declividade, mas com a mesma reduzindo-se bastante próximo à desembocadura, o que pode ser um sinal de drástica redução de granulometria das partículas. Comparando com os valores obtidos por Villela e Mattos (1975), para o ribeirão do Lobo no Estado de São Paulo, pode-se dizer que para os ribeirões Maringá, Morangueira e Água Suja, os valores médios de declividade encontrados são bastante baixos.

De maneira geral, observa-se que os valores de declividade dos canais acompanham os valores médios de declividade dos terrenos das bacias, conforme destaca Strahler (1964). Apenas as bacias do ribeirão Morangueira e córrego Moscado contrariam essa tendência. A primeira que apresenta a segunda maior declividade média, possui declividade do seu canal principal menor que a declividade do córrego Moscado, cuja bacia apresenta a menor declividade média entre todas analisadas. Isso pode ser explicado justamente pelo fato de se levar em consideração o valor médio de declividade, que não reproduz com fidelidade a distribuição de declividade numa bacia. A bacia do ribeirão Morangueira, por exemplo, apresenta valores de declividade muito altos no seu trecho inferior. Já a bacia do córrego Moscado possui grandes áreas da parte superior, onde não há rede de drenagem, com declividades próximas a zero.

Analisando os valores de declividade entre as ordens, verifica-se que para todas as bacias os canais de ordem 1 apresentam declividades maiores que os de ordem 2, que por sua vez, possuem declividades maiores que o de ordem 3. Isso vem a resultar no perfil longitudinal côncavo para o céu, uma vez que ordem aumenta em direção à jusante. O ribeirão Maringá, onde essa característica é mais predominante, os valores da relação entre os gradientes, tanto para ordem 1 e 2, quanto ordem 2 e 3, são bastante elevados, justamente pela grande diferença de declividade entre a cabeceira, formada por canais de ordem 1 e 2 e a parte inferior do canal que é de ordem 3. Já a bacia do córrego Moscado apresenta os menores

valores de relação entre as ordens, o que explica o seu perfil longitudinal quase retilíneo. No gráfico da Figura 38, os valores de declividade, em escala logarítmica, foram plotados de acordo com a ordem e foi construída uma linha de tendência para ilustrar a lei de declividade de canais de Horton (1945). A linha de tendência menos inclinada do córrego Moscado deve-se justamente ao menor valor de relação dos gradientes.

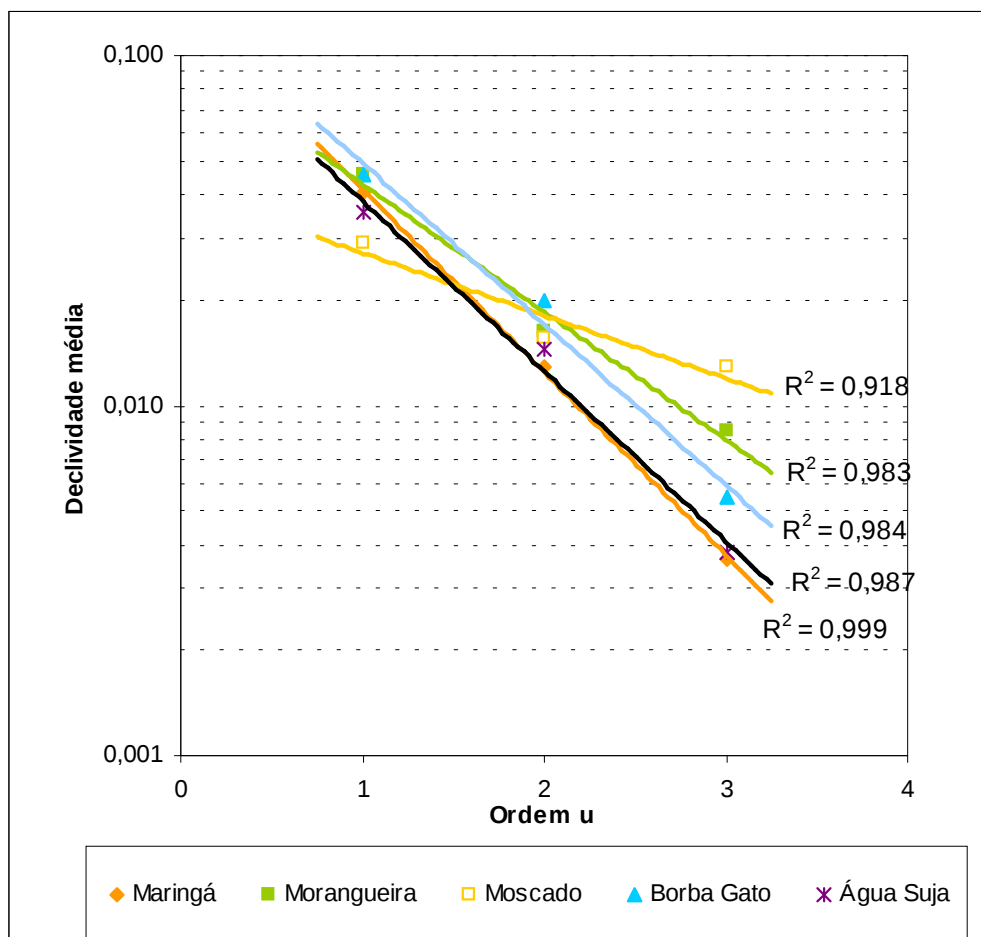


Figura 38. Declividade dos canais versus ordem para as bacias da área urbana de Maringá-PR. Ilustração da lei de declividade dos canais

Quanto a proximidade dos valores de relação dos gradientes entre as ordens, mais uma vez a bacia do ribeirão Maringá é a que mais se destaca, assim como aconteceu com os valores de relação de bifurcação, dos comprimentos e das áreas. Dessa forma é a bacia que mais respeita a lei de declividade dos canais de Horton, apresentando a linha de tendência que mais se ajusta aos valores. Para as demais bacias, houve variação aproximadamente constante de 50% entre os valores de relação dos gradientes entre as ordens. Porém, como se observa no gráfico da Figura 38, foi possível traçar linhas de tendência que apresentaram certo ajuste,

sendo o pior ajuste verificado para a bacia do córrego Moscado, que apresentou um R^2 de cerca de 0,92.

Em termos de potencial poluidor e levando em consideração o valor de declividade S_3 , que segundo Taylor e Schwarz (1952), vem dar uma idéia do tempo de percurso da água ao longo do perfil longitudinal, observa-se que o córrego Moscado e ribeirão Borba Gato apresentam os maiores valores, portanto, o tempo que o poluente despejado em determinado local do canal, leva para atingir toda sua extensão à jusante tende a ser menor. No caso, o ribeirão Borba Gato apresenta também o menor valor de sinuosidade, que somado a maior declividade, provavelmente resulta em valores ainda maiores de velocidade. O córrego Moscado, por sua vez, apresenta o maior valor de sinuosidade, que combinado com a maior declividade, pode resultar na poluição das margens. Já o ribeirão Maringá apresenta um valor muito baixo de S_3 , o que deve acarretar valores médios de velocidade bastante baixos.

Porém, deve-se levar em consideração, principalmente para o ribeirão Maringá, a grande variabilidade dos valores de declividade ao longo de todo o canal. Assim, se um poluente for despejado próximo à cabeceira, a velocidade com que ele será levado à jusante será muito maior, com possibilidade de poluição das margens. Por outro lado, próximo à seção do exutório, onde os valores de declividade são baixíssimos haverá maior probabilidade de depuração, uma vez que a vazão é maior.

No APÊNDICE E são apresentadas as tabelas com os comprimentos acumulados em função das cotas para as bacias pesquisadas, e as Figuras 39 a 43, a seguir, mostram a representação gráfica dos **retângulos equivalentes** dessas bacias.

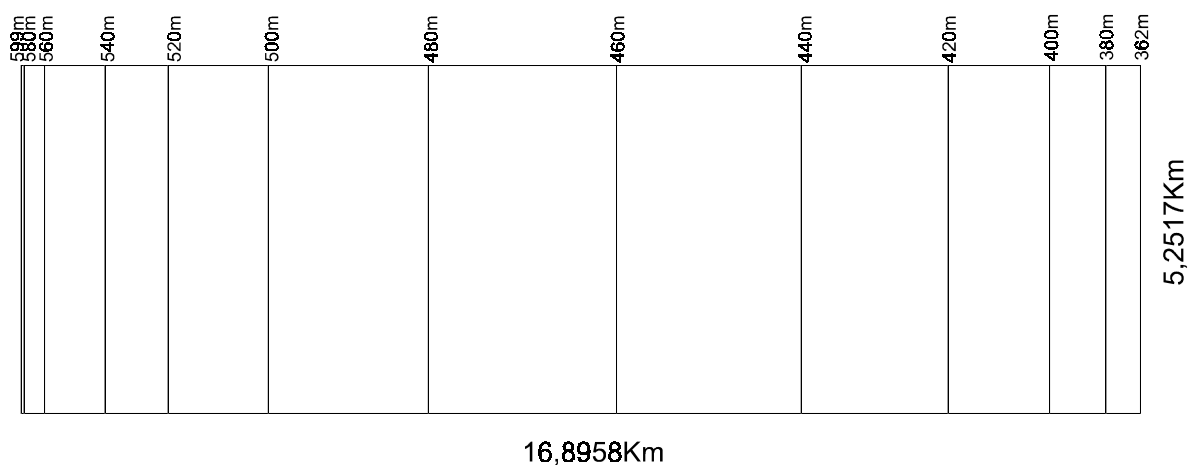


Figura 39. Retângulo equivalente da bacia do ribeirão Maringá

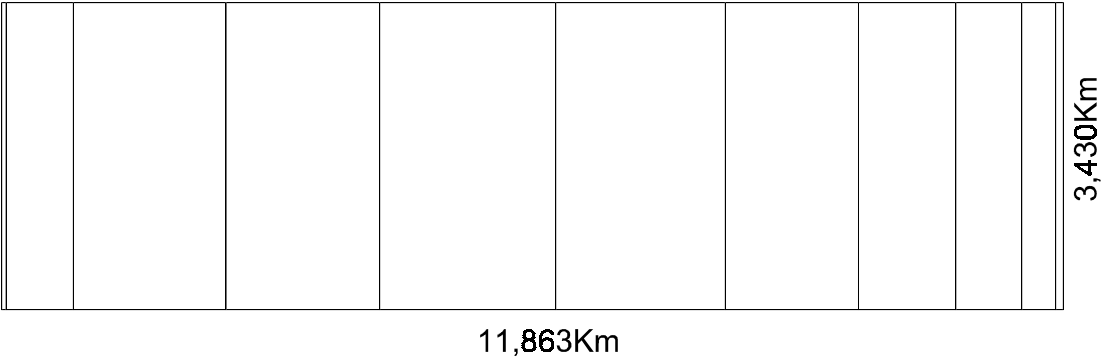


Figura 40. Retângulo equivalente da bacia do ribeirão Morangueira

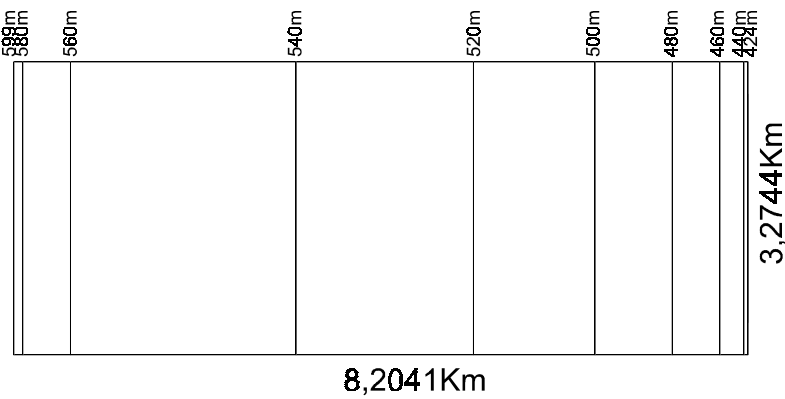


Figura 41. Retângulo equivalente da bacia do córrego Moscado

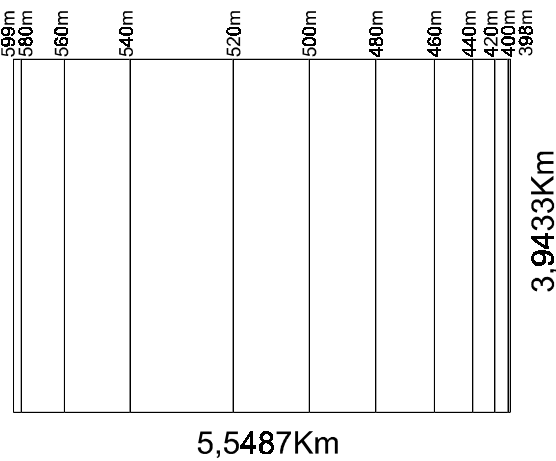


Figura 42. Retângulo equivalente da bacia do ribeirão Borba Gato

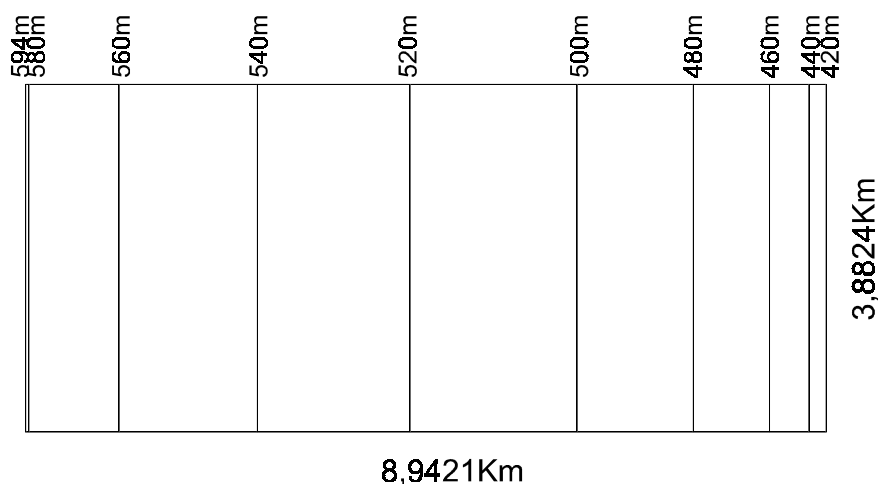


Figura 43. Retângulo equivalente da bacia do ribeirão Água Suja

Na Tabela 36, são apresentados os valores de L e l, para as bacias analisadas, e a relação entre eles a fim de se verificar a mais retangular.

Tabela 36. Retângulo equivalente

Bacia	L (km)	l (km)	L / l
Pirapó			
Maringá	16,9	5,3	3,2
Morangueira	11,9	3,4	3,5
Ivaí			
Moscado	8,2	3,3	2,5
Borba Gato	5,5	3,9	1,4
Água Suja	8,9	3,9	2,3

Por meio do formato dos retângulos equivalentes, pode-se ter uma idéia melhor do formato das bacias, já que ele leva em consideração a área e o coeficiente de compacidade das mesmas. Nesse caso, observa-se que as bacias menos retangulares são as da vertente do rio Ivaí, com grande destaque para a bacia do córrego Borba Gato, que apresenta valor de L / l de apenas 1,4. Isso vem confirmar o valor obtido pelo coeficiente de compacidade e relação de circularidade. Assim, essa bacia apresenta grande propensão a enchentes e no caso de os canais estiverem poluídos, é grande a possibilidade de poluição das margens e áreas vizinhas. Por outro lado, a bacia do ribeirão Morangueira, também confirmando os valores obtidos pelos índices de forma, apresentou o maior valor de L / l, sendo, portanto, a mais retangular.

Dessa forma, essa bacia está menos sujeita a enchentes e da conseqüente poluição das margens, no caso de os canais apresentarem poluição.

Analisando-se a distribuição das cotas observa-se que as bacias tendem a apresentar uma diminuição dos espaçamentos entre as cotas em direção a cabeceira e da seção de exutório, o que é justificado pelo afunilamento das curvas de nível. Essa diminuição dos espaçamentos também pode ser observada no gráfico da curva hipsométrica. Com a diminuição dos espaçamentos, a declividade tende a aumentar, assim no caso de as fontes poluidoras localizarem-se nessas regiões, maior o volume de água de chuva e/ou poluentes escoado e maior a velocidade em direção aos canais.

Os **modelos digitais do terreno** para as bacias hidrográficas do ribeirão Maringá, ribeirão Morangueira, córrego Moscado, ribeirão Borba Gato e ribeirão Água Suja são apresentados, respectivamente, nas Figuras 44 a 48. O modelo digital do terreno é importante pois permite verificar o relevo da bacia de maneira tridimensional, com distinção nítida dos vales e divisores de água. Isso é possível com a ajuda da escala vertical exagerada.

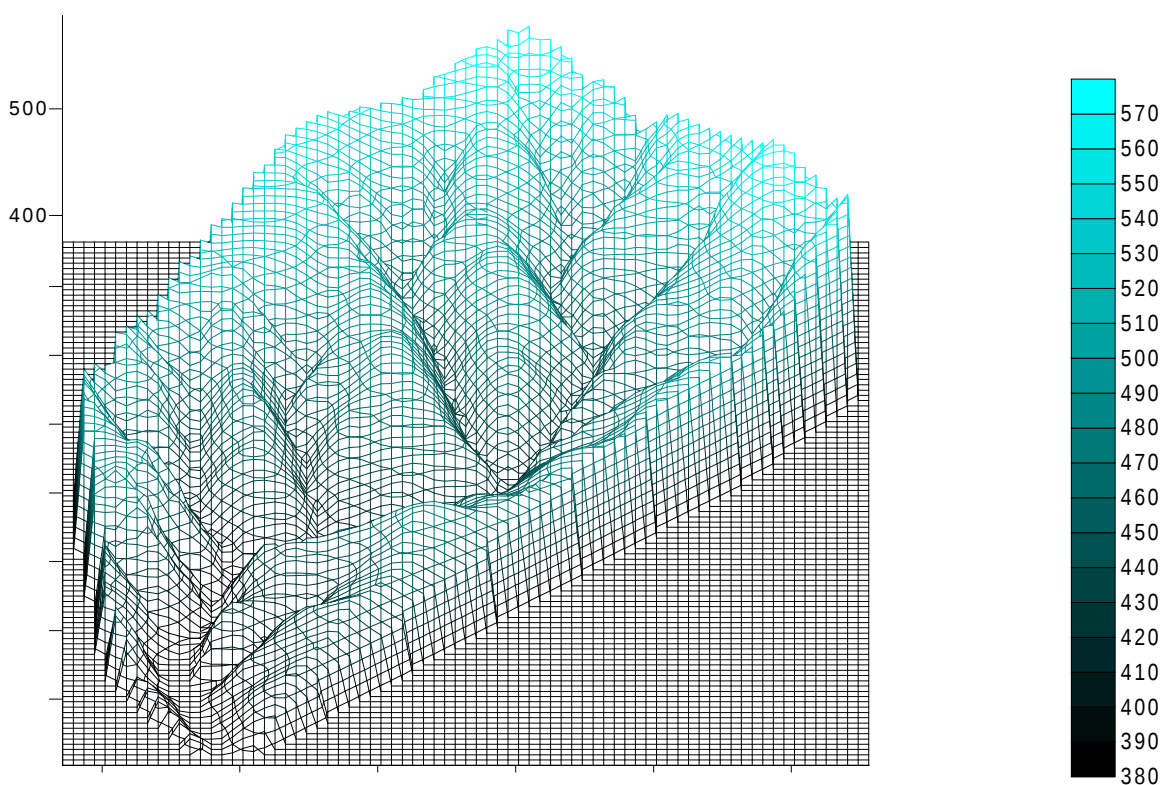


Figura 44. Modelo digital do terreno para a bacia do ribeirão Maringá

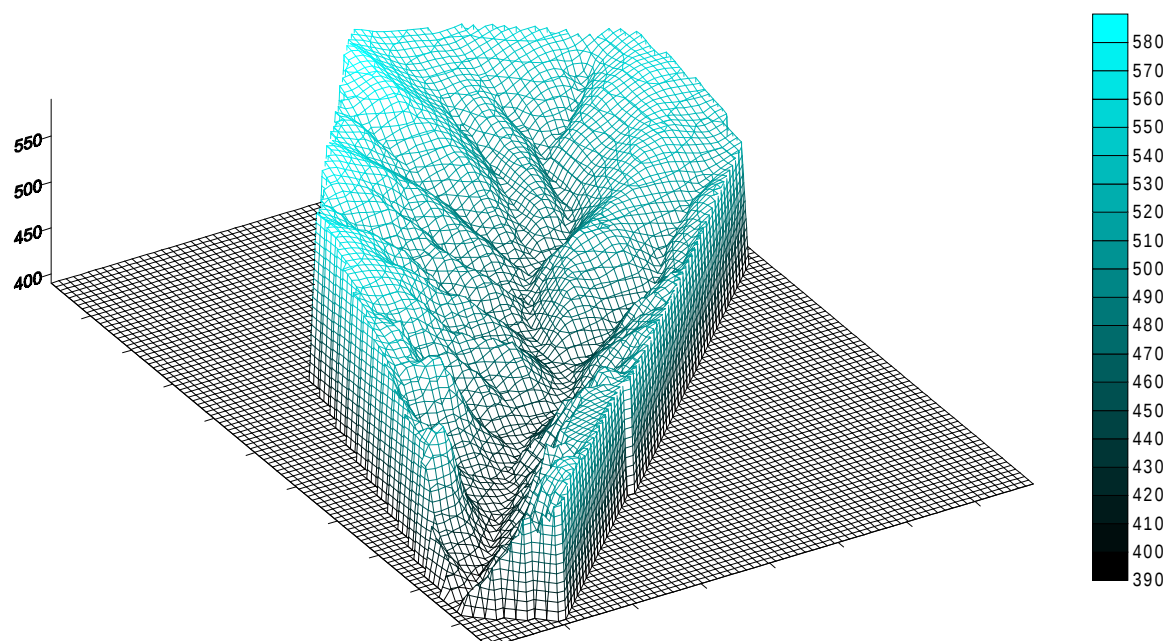


Figura 45. Modelo digital do terreno para a bacia do Ribeirão Morangueira

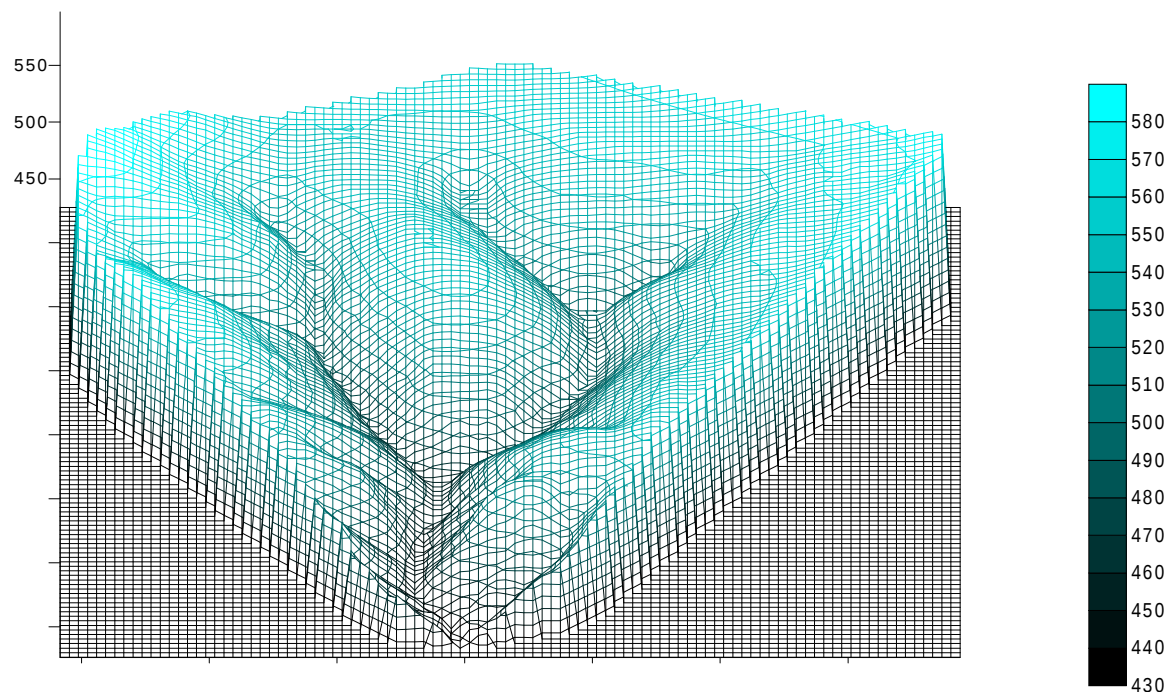


Figura 46. Modelo digital do terreno para a bacia do córrego Moscado

Figura 47. Modelo digital do terreno para a bacia do ribeirão Borba Gato

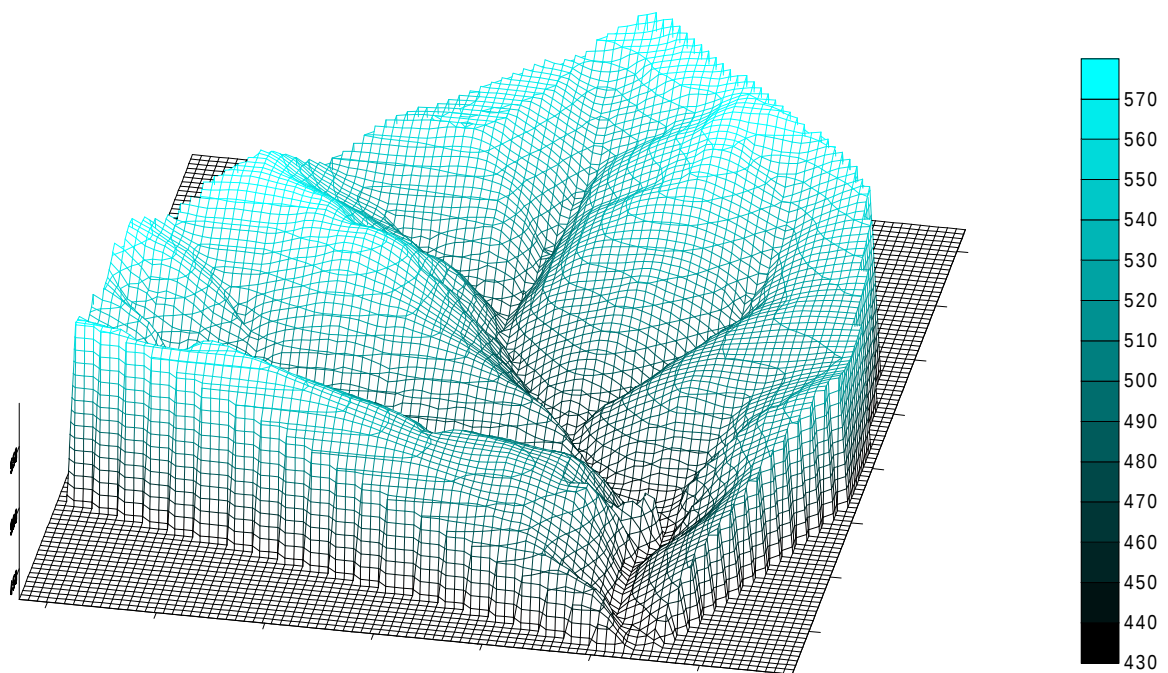


Figura 48. Modelo digital do terreno para a bacia do ribeirão Água Suja

5.2 POSTOS DE COMBUSTÍVEIS

Os resultados obtidos referentes à localização, análise das condições de tratamento, equipamentos presentes e destinação final dos resíduos para os postos de combustíveis, distribuidoras e postos particulares da cidade de Maringá-PR são apresentados a seguir. Alguns dados de características físicas das bacias foram confrontados com a distribuição dos postos na cidade, a fim de se poder avaliar a que apresentasse condição mais crítica referente à poluição.

5.2.1 Localização dos postos de combustíveis

O número total de postos de combustíveis, distribuidoras e postos particulares encontrados na cidade de Maringá foi de 81 estabelecimentos, sendo 69 postos comerciais, 3 distribuidoras e 9 postos particulares, na maioria deles pertencentes a empresas de ônibus. Do total de 69 postos comerciais, 4 estavam fechados ou em reforma, durante o ano de 2004.

De acordo com a distribuição dos postos na cidade, pode-se observar que a maioria encontra-se na zona central e também nas saídas da cidade, com grande número de estabelecimentos localizados na Avenida Colombo, que é a principal e mais movimentada avenida do município, sendo uma continuação da BR 376.

Observa-se também que a distância mínima de 200 metros entre os postos de combustíveis que a Lei sobre Uso e Ocupação do Solo que o município de Maringá estabelece (ANEXO D), quase nunca é respeitada. A Figura 49 mostra o mapa da área urbana do município de Maringá com as bacias delimitadas e a localização dos postos de combustíveis.

5.2.2 Distribuição por bacia hidrográfica

A distribuição do número de postos de combustíveis por bacia e sua densidade está relacionada na Tabela 37, e apresentada nas Figuras 50 e 51.

Observa-se que as bacias mais afetadas pela ocorrência de postos de combustíveis são as bacias do Ribeirão Morangueira, com 14 postos (17%) e Ribeirão Maringá, com 21 postos (26%), ambas pertencentes à bacia do Rio Pirapó e a bacia do Córrego Moscado, com 26 postos (33%), pertencente à bacia do Rio Ivaí. Juntas estas três bacias concentram 76% dos 81 postos e distribuidoras da cidade. Isso é crítico pois as nascentes dos rios principais dessas bacias localizam-se próximas do centro da cidade, que é onde se situa a maioria desses

estabelecimentos. Além disso, juntas essas bacias ocupam 73% da área total das bacias analisadas.

Tabela 37. Distribuição dos postos por bacias hidrográficas

Bacia	Área (km ²)	Nº de postos	% do total	Densidade (Posto/Km ²)
Pirapó				
Maringá	88,7	21	26	1/ 4,2
Morangueira	40,7	14	17	1/ 2,9
Sub-total	129,4	35	43	1/ 3,7
Ivaí				
Moscado	26,9	26	33	1/ 1,0
Borba Gato	21,9	5	6	1/ 4,4
Água Suja	34,7	6	7	1/ 5,8
Outras ⁽¹⁾	-	9	11	-
Sub-total	83,5	46 (37) ⁽²⁾	57 (46) ⁽²⁾	1/ 2,3
Total	212,9	81 (72)	100 (89)	1/ 3,0

(1) - refere-se a bacias à parte das analisadas (não delimitadas)

(2) - corresponde ao total de postos, desconsiderando aqueles localizados nas bacias designadas por (1)

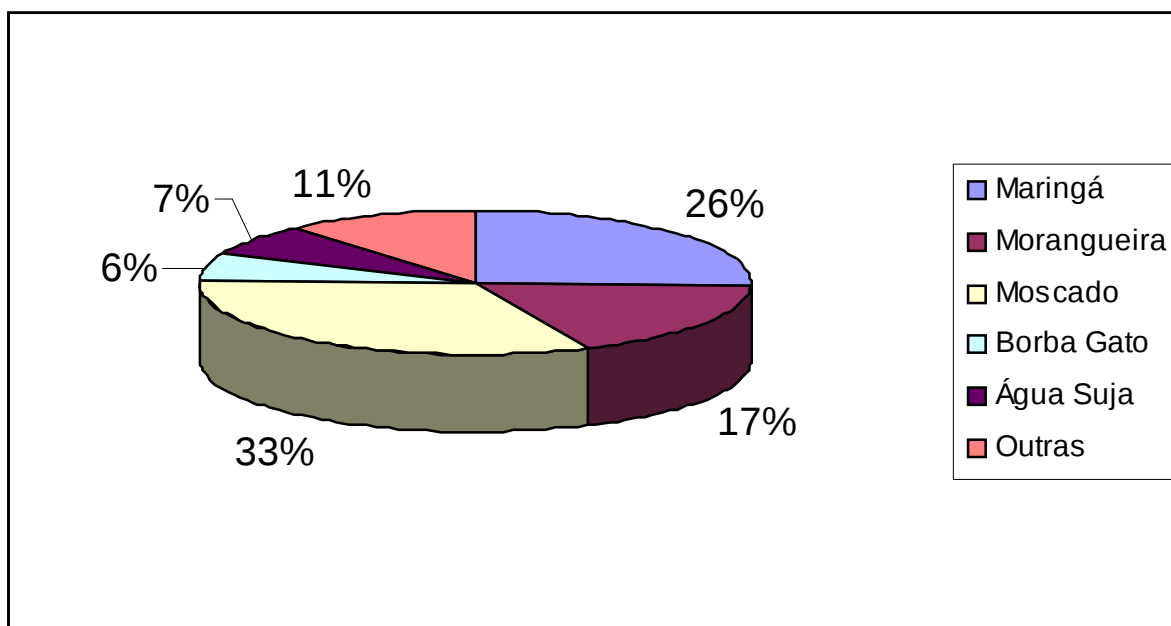


Figura 50. Distribuição percentual dos postos de combustíveis no município de Maringá, por bacia hidrográfica, em relação ao número total de postos

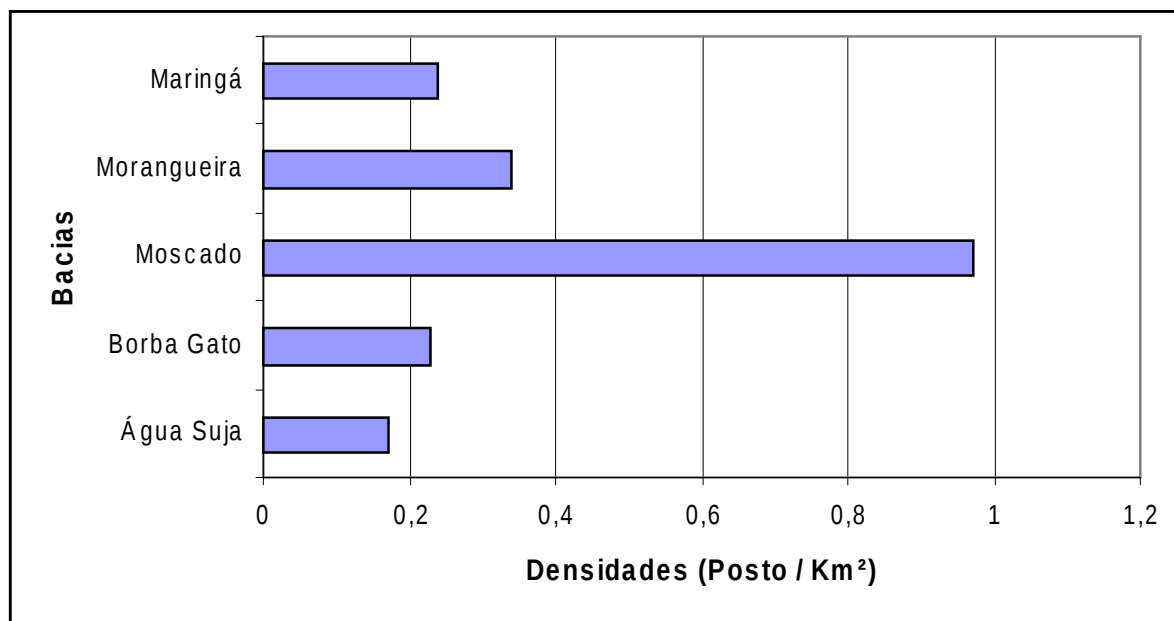


Figura 51. Densidade dos postos de combustíveis por bacia hidrográfica

O destaque vai para a bacia do córrego Moscado, que pelo fato de ser uma bacia totalmente urbana e abranger grande parte da zona central da cidade, concentra 33 % dos postos. Isso fica mais evidente quando se compara a densidade dos postos, onde se verifica que nessa bacia tem-se a presença de aproximadamente um posto para cada quilômetro quadrado de área, valor bem superior às das demais bacias.

Considerando a poluição a que essa bacia pode estar sujeita, pelo fato de ela possuir formato mais circular e apresentar o menor tempo de concentração entre as bacias analisadas, provavelmente ela poderá ser responsável pela contaminação das margens dos seus canais por ocasião de uma cheia, ainda mais considerando o fato de se tratar de uma bacia urbana onde a elevada taxa de impermeabilização dos terrenos é responsável por uma frequência ainda maior do fenômeno.

Na Tabela 38, são apresentadas algumas características físicas das bacias pesquisadas e a densidade de postos para efeito de comparação.

A bacia do ribeirão Morangueira é a segunda bacia em termos de densidade com um posto a cada 2,9 km² de área. Porém, ela apresenta alto índice de bifurcação entre as ordens 1 e 2, exatamente pela elevada magnitude ou número de tributários formadores. Como a concentração dos postos ocorre na cabeceira da bacia, que é sua parte urbana, haverá a preservação das pequenas sub-bacias formados pelos tributários de ordem 1 ao longo do rio principal. Por sua vez, a bacia do córrego Moscado, além de apresentar densidade de postos

muito superior às demais, apresenta, devido à sua magnitude menor, baixo índice de bifurcação, logo, nesse caso, é provável que toda a rede seja atingida.

Tabela 38. Densidade de postos por bacia e características físicas

Bacia	D (P/Km²)	Magni tude¹	R_{b1-2}	D_d (km/km²)	Sin	S₃ (m/km)	C (km²/km)	D_h (1/km²)	Dec Media (%)	G
Pirapó										
Maringá	1/4,2	15	3,8	0,64	1,15	4,4	1,57	1/5,9	6,1	0,15
Morangueira	1/2,9	16	8,0	0,80	1,06	10,2	1,25	1/2,5	7,5	0,17
Ivaí										
Moscado	1/1,0	5	2,5	0,50	1,17	13,2	1,99	1/5,4	5,9	0,09
Borba Gato	1/4,4	5	2,5	0,62	1,04	14,6	1,61	1/4,4	7,7	0,13
Água Suja	1/5,8	7	3,5	0,52	1,08	9,4	1,91	1/5,0	6,5	0,09

(1) - classificação de Shreve

Com relação à densidade de drenagem, a bacia do ribeirão Morangueira apresenta o maior índice, portanto, em média, a distância que um elemento poluidor terá de percorrer para atingir o canal é menor. A bacia do córrego Moscado, por sua vez, com a maior concentração de postos, apresenta densidade de drenagem muito baixa, como se verifica na Figura 49 do modelo digital do terreno. Apesar de o poluente, em média, demorar mais para atingir o canal, a possibilidade de chegar em toda a rede é maior, pois a mesma é menos ramificada, o que é confirmado pelo índice de bifurcação; e também o poluente tenderia a se infiltrar mais, caso ocorra disposição sobre a superfície dos terrenos. Como se trata de uma bacia totalmente urbana, quase toda impermeabilizada, isso, provavelmente, quase não acontecerá. A bacia do ribeirão Água Suja também apresenta densidade de drenagem muito baixa, mas é a última em termos de concentração de postos, com um posto a cada 5,8 km². Vale ressaltar, contudo, que a diferença entre os valores de densidade de drenagem entre as bacias é muito pequena, haja vista que todas foram classificadas como de drenagem pobre ou muito pobre.

Com relação à sinuosidade, o ribeirão Borba Gato apresenta o menor valor, portanto, tenderá a ter maior velocidade, acelerando o carregamento do poluente ao longo de todo o canal. Porém, sua bacia apresenta concentração de postos baixa, o que, em tese, resultará em níveis de poluição também mais baixos em relação a postos de combustíveis. Já o córrego Moscado apresenta o maior valor de sinuosidade, logo, a tendência é que ele demore mais a levar os poluentes ao longo de todo o canal. Além disso, a possibilidade de que parte do

poluente fique estagnada ao longo das margens é maior. Esse fator será mais importante para o córrego Moscado, cuja bacia apresenta a maior concentração de postos. Porém, de maneira geral, as diferenças são pequenas e todas as bacias apresentam baixa sinuosidade.

Além da sinuosidade, a declividade de canal S_3 , também dá uma idéia do tempo de percurso da água. Observa-se que o ribeirão Borba Gato, além de apresentar o menor valor de sinuosidade, apresenta a maior declividade, logo provavelmente a velocidade e carreamento de poluentes nesse canal será maior. O córrego Moscado também apresenta valor alto de declividade, mas a sinuosidade é maior, portanto a tendência é que a velocidade seja menor, com maior possibilidade de acúmulo de carga poluente nas margens.

O coeficiente de manutenção dos canais permite verificar a área de contribuição para cada quilômetro de canal. É um índice extremamente importante, principalmente em relação à bacia do córrego Moscado, que apresenta a maior densidade de postos, aproximadamente um posto por quilômetro quadrado, e também a maior área de contribuição, em quilômetros quadrados, para cada quilômetro de canal: cerca de dois por um. Isso permite dizer que, em média, para cada quilômetro de canal haverá dois postos de combustíveis que poderão desempenhar a função de fontes poluidoras. A bacia do ribeirão Água Suja, que apresenta coeficiente de manutenção de canais semelhante ao da bacia do córrego Moscado, apresenta concentração de postos baixa, diminuindo o potencial poluidor. Já a bacia do ribeirão Morangueira, a segunda em concentração de postos, apresenta o menor valor de coeficiente de manutenção de canais, portanto, a concentração de poluentes tenderá a ser menor.

A densidade hidrográfica vem apenas confirmar o potencial poluidor que está sujeita a bacia do córrego Moscado devido ao pouco número de canais por unidade de área somada à grande concentração de postos que essa bacia apresenta. Por outro lado, a bacia do ribeirão Morangueira apresenta o maior número de canais por unidade de área, diminuindo o potencial poluidor dessa bacia, que apresenta a segunda maior concentração de postos, o que também já foi confirmado pelos índices anteriores. A bacia do ribeirão Maringá apresenta poucos canais por unidade de área, exatamente pelo maior área que essa bacia apresenta, porém a concentração de postos é pequena. Além disso, nos dois últimos casos, a concentração de postos ocorre na cabeceira, com a possibilidade de preservação de sub-bacias menores.

Tomando-se os valores de declividade média da área, verifica-se que a bacia do córrego Moscado apresenta o menor valor, portanto a tendência é que uma carga poluente demore mais a chegar ao canal e apresente maior possibilidade de infiltração no solo. Nas bacias do ribeirão Morangueira e Borba Gato, a tendência é que o poluente chegue um pouco mais rápido e infiltre menos. Porém, a concentração dos postos, principalmente para a

vertente do rio Pirapó, dá-se na cabeceira das bacias, que é a zona mais central do perímetro urbano do município, onde os valores de declividade são muito baixos. Os mapas das Figuras 52 a 56, que mostram a distribuição das declividades para as bacias pesquisadas, juntamente com a localização dos postos de combustíveis, permitem verificar isso. Em todas as bacias, a maioria dos postos de combustíveis está localizada em áreas de declividade entre 0 e 8%. Apenas para a bacia do ribeirão Morangueira verifica-se número maior de postos localizados em declividades maiores, mas que não ultrapassam 20%. Vale destacar, contudo, o papel da impermeabilização dos terrenos, que resultará numa maior concentração e velocidade das águas da chuva e poluentes, resultando também na elevação dos picos de enchente e poluição das margens. Alguns postos, localizados na divisa entre as bacias, acabaram sendo cortados, resultando num número maior de postos por bacia.

Por fim, têm-se os valores do número de rugosidade. Nesse caso, mais uma vez a bacia do córrego Moscado se destaca, apresentando o menor valor, juntamente com a bacia do ribeirão Água Suja, ou seja, são bacias de vertentes horizontalmente mais longas e declividade baixa. Como a bacia do córrego Moscado é a de maior concentração de postos, avalia-se que a infiltração de água da chuva e poluentes seria alta, o que não acontece, devido, exatamente, à alta taxa de impermeabilização. Contudo, vale destacar a possibilidade de poluição por vazamento dos tanques enterrados, que pode vir a comprometer a qualidade da água do lençol freático e, por conseguinte, também dos córregos.

5.2.3 Unidades de tratamento dos postos de combustíveis

Para verificar as unidades que compõem o sistema de tratamento dos postos, foi realizado um levantamento de campo, e de acordo com os seguintes requisitos e siglas:

- C. - canaletas;
- B.C. - bacia de contenção para os tanques de combustíveis;
- C.I.L. - caixa de inspeção/limpeza;
- C.P. - caixa de passagem;
- C.C.B.A. - caixa coletora de barro e areia;
- C.S.A.O. - caixa separadora de água e óleo ou óleo e areia/barro;
- C.G. - caixa de gordura;
- G. - grelha;

- F.A. - filtro de areia;
- F.P. - filtro de pedra;
- F.S. - fossa séptica;
- S.- sumidouro;
- R.E. - rede de esgoto da Sanepar;
- G.P. - galeria de águas pluviais;

A Tabela 39 resume o resultado obtido deste levantamento. Nos postos número 14, 41, 46 e 55 não foi possível a verificação do sistema de tratamento, pois estavam em reforma ou fechados. Não foi possível a localização do posto 26 e nos postos 48 e 81 não foi permitido o acesso. Portanto, o total de postos e distribuidoras analisadas foi de 74.

Tabela 39. Unidades que compõem o sistema de tratamento nos postos de combustíveis de Maringá-PR

P. C.	C	B. C.	C.I. L.	C. P.	C. C. B. A.	C.S.A.O.						C. G.	G.	F. A.	F.	F.S.	S.	R. E.	G. P.
						1c	2c	3c	4c	5c	6c								
1	x	x							x4				x						x
2	x					x		x										x	
3	x				x			x2	x							x	x		
4	x		x5		x		x	x										x	
5	x							x					x					x	
6	x							x										x	
7	x			x						x								x	
8	x									x			x						x
9	x				x			x					x					x	
10	x		x						x									x	
11	x			x				x+1										x	
12	x			x				x										x	
13	x		x						x				x					x	
14	reforma																		
15	x				x					x2								x	
16	x		x		x				x								x		
17	x						x											x	
18	x										x+2							x	
19	x				x					x								x	
20	x								x									x	
21	x			x	x						x+1							x	
22	x			x	x			x				x						x	
23	x						x	x										x	
24							x						x			x			
25	x							x+1					x					x	
26																			
27	x				x2			x+1									x		
28	x				x			x									x		
29	x				x		x												x
30	x				x			x						x					x

Tabela 39. Continuação

P. C.	C	B. C.	C.I. L.	C. P.	C. C. B. A.	C.S.A.O.						C. G.	G.	F. A.	F.	F.S.	S.	R. E.	G. P.
						1c	2c	3c	4c	5c	6c								
31	x							x											x
32										x						x			
33	x		x				x									x			
34	x						x											x	
35	x		x					x3										x	
36	x						x									x			
37	x							x										x	
38	x			x				x											x
39	x							x+1										x	
40	x									x								x	
41	reforma																		
42	x						x		x2									x	
43	x				x						x+1							x	
44	x					x		x	x4							x3			
45	x				x4					x+1								x	
46	fechado																		
47	xla				x4	x		x+1				x			xpe				x
48																			
49								x								xba		x	
50	x			x				x		x								x	
51	x				x			x									x		
52																			x
53	x											x						x	
54	x			x		x2		x										x	
55	fechado																		
56	x			x	x2			x										x	
57																			x
58	x			x			x	x										x	
59	x						x												x
60					x						x							x	
61										x		x						x	
62								x								x	x		
63	x				x3			x					x			x			
64	x				x			x										x	
65	x		x						x							x	x		
66	x				x		x	x1										x	
67	x				x			x										x	
68	x				x			x2					x					x	
69	x				x					x									x
70	x							x									x		
71	x		x					x						x					x
72	x			x	x		x			x								x	
73	x							x						x				x	
74	x				x						x							x	
75	x	x		x			x					x						solo	
76	x		x		x		x			x								x	
77	x				x			x								x			
78	x							x				x							x
79	x				x					x									x
80	x	x	x				x						x					solo	
81																			

(1) - Os números ao lado do 'x' em alguns casos, correspondem ao total de unidades, quando superior a 1.

Quando acompanhados do sinal positivo (+), é porque apresentam unidades laterais para coleta de óleo

(2) - Siglas: pe = pedra, ba = banheiro, la = lavagem

O tipo de tratamento ideal seria aquele em que houvesse canaletas, caixas de passagem, caixas de inspeção e limpeza, caixas retentoras de barro/ areia, caixas separadoras de óleo e lama, ou água e óleo, e grelhas, quando o sistema estiver ligado à rede de esgoto. Quando não o efluente deve ser dirigido à fossa séptica e sumidouro, após o tratamento. Pode-se observar, pela Tabela 39 que nenhum posto apresenta simultaneamente todas estas unidades, sendo os mais completos os postos nº 4, 9, 13, 16, 21, 22, 47, 56, 63, 68, 72, 75, 76 e 80.

De acordo com a Figura 57, dos 74 postos e distribuidoras analisadas, 65 tinham canaletas (88%), três tinham bacia de contenção (4%), dez possuíam caixa de inspeção e limpeza (14%), doze tinham caixa de passagem (16%), 29 possuíam caixa coletora de barro/areia (38%), 71 tinham caixa separadora de água e óleo ou óleo e areia (96%), dois possuíam caixa de gordura (3%), quatorze possuíam grelha (19%), três tinham filtro de areia (4%) e um, filtro de pedra (1%).

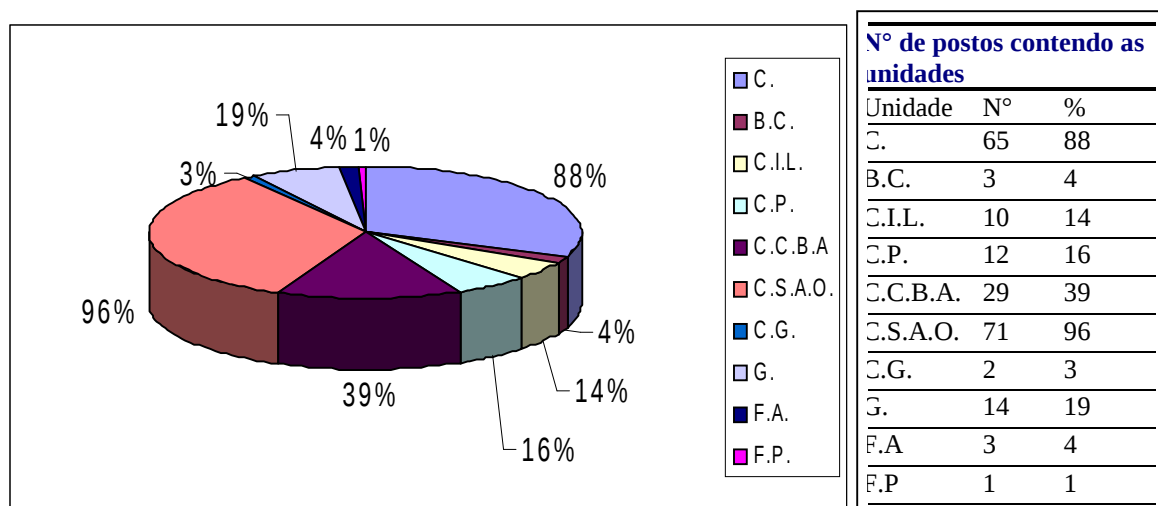


Figura 57. Distribuição percentual das unidades de tratamento disponíveis nos postos pesquisados

Nota-se que 88% dos postos possuem canaletas, dispositivo que impede que o efluente das pistas de abastecimento, que inclui gasolina e outros derivados de petróleo, siga direto para as sarjetas e galerias de águas pluviais sem nenhum tipo de tratamento. Por outro lado, dispositivos como caixa de inspeção e limpeza e caixa de passagem, importantes para o monitoramento do tratamento, embora não influenciam na sua eficiência, estão presentes em apenas 14% e 16% dos postos, respectivamente. A grelha, um dispositivo importante para impedir que materiais grosseiros sigam junto com o efluente foi constatada em 19% dos postos e distribuidoras de combustíveis.

As caixas separadoras, que compõe a etapa mais importante do tratamento estão presentes em 96% dos estabelecimentos. Porém, 61 % deles não possuem um pré-tratamento para retenção de barro e areia, sendo que nesses casos o efluente segue direto dos lavadores e da pista de abastecimento para as caixas separadoras.

Para os postos que são ligados à rede de galerias de águas pluviais a eficiência do tratamento tem que ser total para que não haja a poluição dos corpos d'água com óleos e graxas. Pôde-se observar que dos catorze postos ligados às galerias, dois possuíam filtros de areia, que acabam por reter todo o óleo e graxa que, por ventura, possam passar pelas caixas separadoras, e um possuía filtro de pedra, que também auxilia no processo. Os onze postos restantes não possuíam nenhuma dessas unidades. Além desses dois postos com filtros de areia, ligados às galerias pluviais, havia um outro posto utilizando filtro de areia, como parte do sistema de tratamento, com ligação na rede de esgoto.

Com relação ao destino final do efluente, observa-se, pela Figura 58, que 3% dos postos e distribuidoras de combustíveis, ou seja, dois estabelecimentos, apresentam ligação direta no solo; 19%, equivalente a 14 estabelecimentos, são ligados na rede de galerias pluviais, 20%, ou o equivalente a 15 estabelecimentos, dispõe de fossa e/ou sumidouro como destino final do efluente e, finalmente, a maioria dos postos e distribuidoras (58%), correspondendo a 43 estabelecimentos, com ligações ligados na rede de esgoto.

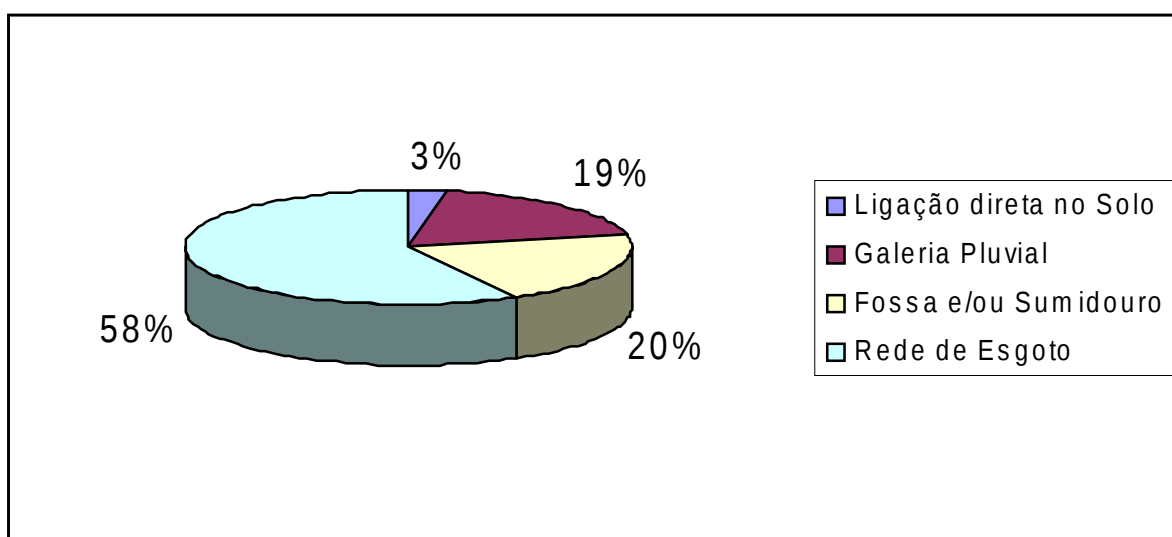
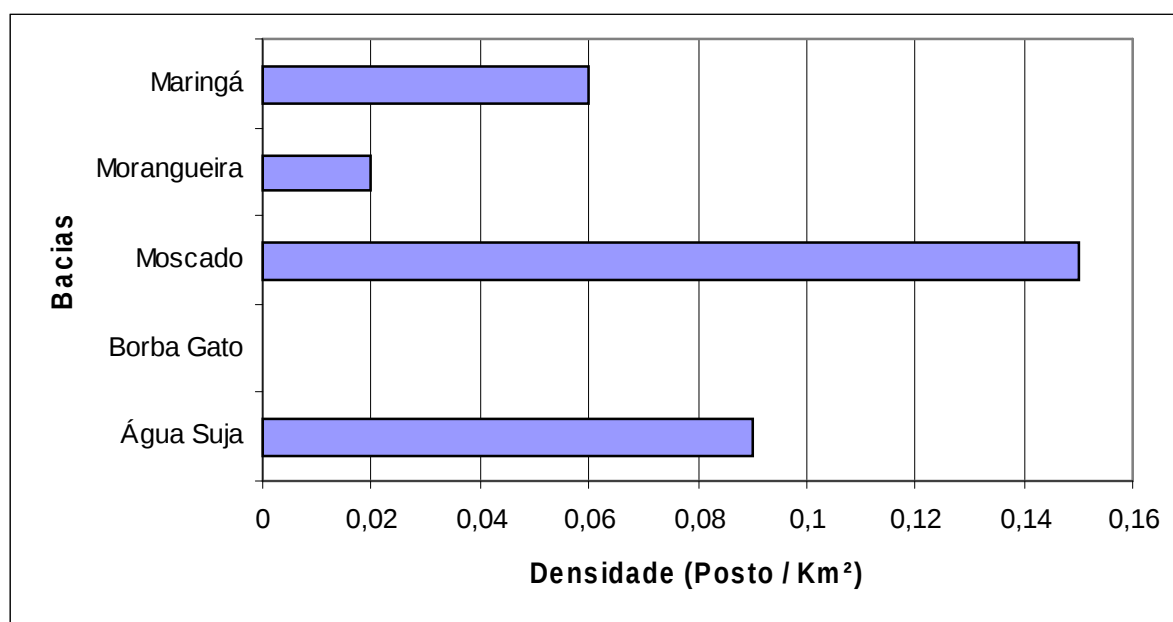


Figura 58. Relação percentual da disposição final do efluente nos postos pesquisados

Na Tabela 40 e Figura 59, são apresentados o número de postos ligados à galeria pluvial por bacia hidrográfica e sua densidade, considerando somente os postos onde foi possível a verificação do sistema de tratamento.

Tabela 40. Número de postos ligados à galeria pluvial e sua densidade

Bacia	Área (km ²)	Nº de postos	Ligados à galeria	% ligados á galeria / total	Densidade (Posto/Km ²)
Pirapó					
Maringá	88,7	20	5	25	1/ 17,7
Morangueira	40,7	14	1	7	1/ 40,7
Sub-total	129,4	34	6	18	1/ 21,6
Ivaí					
Moscado	26,9	24	4	17	1/ 6,7
Borba Gato	21,9	5	0	0	0
Água Suja	34,7	5	3	60	1/ 11,6
Outras	-	6	1	17	-
Sub-total	83,5	40 (34)	8 (7)	20	1/ 11,9
Total	212,9	74 (68)	14 (13)	19	1/ 16,4

**Figura 59. Densidade de postos ligados às galerias pluviais por bacia hidrográfica**

Os postos ligados à galerias de águas pluviais oferecem maiores riscos de poluição, pois os efluentes seguem diretamente do posto para os canais, somente com o tratamento dispensado no posto.

Nesse caso, observa-se que a bacia do córrego Moscado, apesar de apresentar o maior número de postos e a maior densidade, é a terceira classificada em número de postos ligados à galeria. Devido ao fato de ser uma bacia central e totalmente urbana, a maior parte dela é

dotada de rede de esgoto. Mesmo assim, é a bacia mais sujeita à poluição, pois apresenta a maior densidade de postos ligados à galeria. Por outro lado a bacia do ribeirão Água Suja, localizada na saída da cidade, por quase não possuir rede de esgoto, possui 60 % dos estabelecimentos ligados na rede de galerias pluviais, sendo a segunda em termos de densidade.

5.2.4 Equipamentos e sistemas de controle presentes nos postos de combustíveis

Os equipamentos e sistemas de controle presentes nos postos de combustíveis são agrupados nas seguintes categorias:

- Proteção contra vazamento:

- 1 - controle de estoques manual;

- 2 - controle de estoques automático;

- 3 - monitoramento intersetorial automático;

- 4 - poço de monitoramento de vapor;

- 5 - poço de monitoramento de águas subterrâneas;

- 6 - válvula de retenção junto às bombas.

- Proteção contra derramamento:

- 7 - câmara de acesso à boca de visita do tanque;

- 8 - canaleta de contenção da cobertura;

- 9 - câmara de contenção de vazamento sob a unidade abastecedora;

- 10 - caixa separadora de água e óleo.

- Proteção contra transbordamento:

- 11 - descarga selada;

- 12 - válvula de proteção contra transbordamento;

- 13 - alarme de transbordamento;

- 14 - câmara de contenção de descarga;

- 15 - válvula de retenção de esfera flutuante.

Na Tabela 41, a seguir, os equipamentos presentes nos postos de combustíveis pesquisados no IAP (licença de operação) são apresentados nessa ordem, onde consta também a classificação de área em torno segundo a NBR 13.786.

Tabela 41. Equipamentos e sistemas de controle presente nos postos de serviço

P ¹	Bacia ²	CL ³	Equipamentos e sistemas de controle															C ⁴
			Proteção contra vazamento						Proteção contra derramamento				Proteção contra transbordamento					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Mor.	2	S	S	N	S	N	N	N	S	N	S	N	N	N	N	N	In
2	Agu.	2	S	N	N	S	N	S	S	S ⁵	N	S ⁶	S	S	N	N	N	In
3	Mar.	2	S	N	N	N	N	S	N	S	N	S	S	S	N	N	N	In
4	Agu.	2	S	S	N	S	N	N	S	S	N	S	N	N	N	N	N	In
5	Bor.	3										S						
6	Out.											S						
7	Mos.	1	S	S	N	S	N	N	N	S	N	S	S	N	N	N	N	In
8	Mar.	2	S	N	N	N	N	S	S	S	N	S	S	S	N	N	N	In
9	Mar.	0				S						S						
10	Mar.									S		S ⁷						
11	Out.	1	S	N	N	S	N	S	N	S	N	S	N	N	N	N	N	In
12	Mos.	2	S	N	N	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	N	N	In
13	Mar.	3	S	N	N	S	N	S	S	S	S	S	S	N	N	N	N	In
14	Mos.	2	N	S	N	S	N	S	N	S	S	S	S	N	N	N	N	In
15	Mos.	1	S	N	N	N	N	N	S	S	N	S	N	N	N	N	N	In
16	Mor.	3	S	S	N	N	N	S	S	S	S	S	S	S	N	S	N	In
17	Agu.	2	S	N	N	S	N	S	N	S	N	S	S	S	N	N	N	In
18	Mar.	3	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	S	N	In
19	Mor.	1	S	S	N	S ⁸	N	S	N	S	N	S	N	N	N	N	N	In
20	Mor.	2	S	N	N	N	S	S	S	S	S	S	S	N	N	N	N	In
21	Mos.	1	S	N	N	N	N	N	N	S	N	S	N	N	N	N	N	In
22	Mos.	3	N	S	N	N	S	S	S	S	S	S	S	N	N	S	N	In
23	Mar.																	
24	Mos.	2	S	N	N	N	N	S	S	S	S	S	S	S	N	N	N	In
25	Mar.	2	N	S	N	N	N	S	N	S	N	S	N	N	N	N	N	In
26	Mar.	2	S	S	N	S	S	N	S	S	N	S	S	S	N	N	N	In
27	Mar.	2	N	S	N	S	S	S	S	S	S	S ⁹	S	S	S	S	S	Co
28	Mar.	1	S	N	N	S	N	S	S	S	N	S	S	N	N	S	N	Co
29	Mos.	2				S						S						

Tabela 41. Continuação

P ¹	Bacia ²	CL ³	Equipamentos e sistemas de controle															C ⁴
			Proteção contra vazamento						Proteção contra derramamento				Proteção contra transbordamento					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
30	Mor.	1	N	S	N	N	N	S	S	S	N	S	S	N	N	S	N	In
31	Mar.	2	S	N	N	N	N	S	N	S	N	S	N	N	N	N	N	In
32	Mos.	1	S	N	N	N	N	S	S	S	S	S	S	S	N	S	N	In
33	Mar.	2	S	N	N	S	N	S	S	S	S	S	S	S	N	S	S	In
34	Mar.	2	S	S	N	S	N	N	S	S	S	S	S	N	N	S	N	In
35	Out.	1	S	N	N	S	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	N	In
36	Mor.	1	N	S	N	S	N	S	S	S	S	S	S	N	N	N	N	In
37	Agu.	2	S	N	N	N	N	S	N	S	N	S	S	N	N	N	N	In
38	Mar.	3	S	N	N	N	N	S	S	S	N	S	N	N	N	N	N	In
39	Mor.																	

(1) - Posto de combustível (numeração não segue a das tabelas anteriores);

(2) - Bacias: Mar. = Maringá, Mor. = Morangueira, Mos. = Moscado, Bor. = Borba Gato, Agu. = Água Suja, Out. = Outras

(3) - Classificação da área em torno, segundo a NBR 13.786;

(4) - Conformidade em relação à norma anterior, quanto à presença dos equipamentos, onde Co = em conformidade e In = em inconformidade;

(5) - canaleta com grade;

(6) - apresenta uma caixa separadora em inconformidade;

(7) - caixa separadora somente para área de lavagem;

(8) - dois poços de monitoramento fora do padrão;

(9) - caixa separadora modelo SAOPAC-4000.

Dos 39 postos pesquisados no IAP, em 4 deles não foi possível saber a classificação da área em torno. Do restante, 51%, correspondente a 18 postos, são enquadrados na Classe 2. 10 postos, ou seja, 29% do total, são enquadrados na Classe 1. A Classe 3, de maior risco, que apresenta como agravante a presença de hospitais e atividades industriais de risco num raio de 100 m, apresenta 17% do total de postos, ou seja 6 estabelecimentos. Apenas 1 posto, o que equivale a 3% do total, enquadra-se na classe 0, que é a classe que não apresenta nenhum fator de agravamento. O grande número de postos nas Classes 2 e 3 deve-se justamente ao fato de os mesmos estarem localizados nas áreas mais centrais da cidade, onde se concentram

as atividades de comércio e serviços. A Figura 60 mostra a distribuição percentual dos postos em relação a sua classificação para o ambiente em torno.

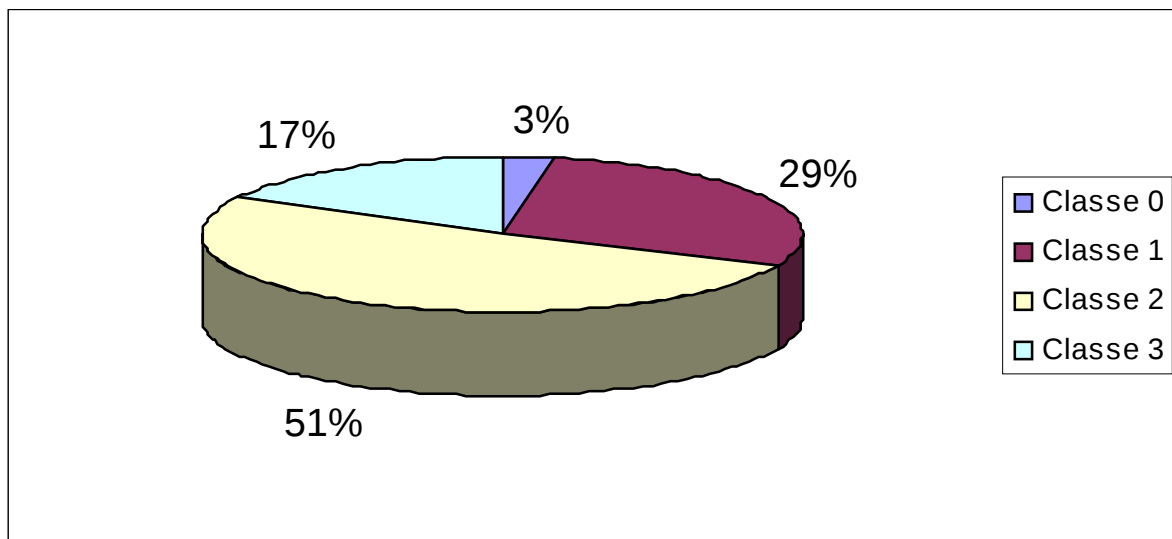


Figura 60. Distribuição percentual dos postos de combustíveis em relação à classificação de sua área em torno (raio de 100m)

Quanto à distribuição dos postos pesquisados no IAP por bacia, verifica-se que a maioria está localizada na bacia do ribeirão Maringá (38%), seguida pela bacia do córrego Moscado (23%), Morangueira (18%), Água Suja (10%), outras bacias (8%) e Borba Gato (3%). A Figura 61 ilustra essa relação.

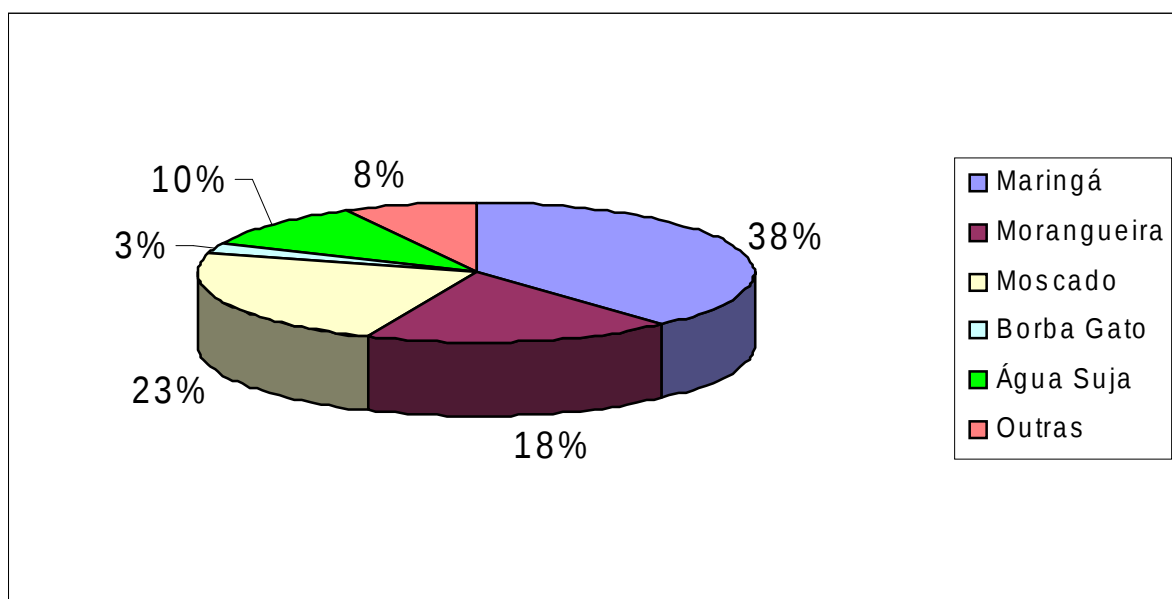


Figura 61. Distribuição percentual dos postos pesquisados no IAP por bacia hidrográfica

Analisando os equipamentos e sistemas de controle presentes, verifica-se que dos 32 postos onde foi possível fazer esse levantamento, apenas dois postos (6%) apresentavam todos os equipamentos exigidos pela norma, considerando a classificação da sua área em torno. Quatro postos, ou seja, 12% do total apresentavam a ausência de apenas um equipamento. Equipamentos de proteção contra transbordamento foram os mais ausentes, com 88% dos postos (28 estabelecimentos) não apresentando pelo menos um equipamento exigido pela norma considerando a classificação de sua área em torno. A falta, em 72% dos casos (23 postos), de câmara de contenção de descarga, que é uma das exigências mínimas, pode por em risco o abastecimento de combustível dos tanques subterrâneos com a possibilidade de vazamentos.

Com relação à proteção contra derramamento, o índice de ausência dos equipamentos cai para 47% do total de postos (15 estabelecimentos), uma vez que apenas um posto não apresenta caixa separadora e canaletas. Nesse caso, o principal sistema ausente e que é exigido para todas as classes é a câmara de acesso à boca de visita do tanque, com 44% dos postos (14 estabelecimentos) não apresentando esse sistema. A ausência desse equipamento dificulta vistorias na boca de visita dos tanques, o que mais uma vez pode impedir a detecção de eventuais vazamentos.

O item proteção contra vazamentos também possui grande quantidade de postos com a ausência de pelo menos um equipamento ou sistema de controle: 69% do total, ou seja, 22 postos. Em 13 postos (41%) não existem poços de monitoramento e em 31% (10 postos) não há válvula de retenção junto às bombas. Com a ausência de poços de monitoramentos não é possível monitorar vazamentos de combustível no subsolo. A falta de válvula de retenção junto às bombas também pode contribuir para o vazamento de combustível desses equipamentos, que, nesse caso, poderão seguir para as galerias pluviais.

A Figura 62 mostra a porcentagem dos postos que apresentam todos os equipamentos exigidos para a proteção contra vazamentos, derramamentos e transbordamentos de acordo com a sua classificação para a área em torno.

5.2.5 Material dos tanques subterrâneos

A Tabela 42 apresenta a quantidade de tanques de combustíveis subterrâneos presentes nos postos pesquisados no IAP, capacidade de armazenagem total, o material e tipo do tanque, ano de instalação, testes de estanqueidade realizados e conformidade quanto ao material e tipo de tanque segundo a NBR 13.786, considerando a classificação em relação à área em torno.

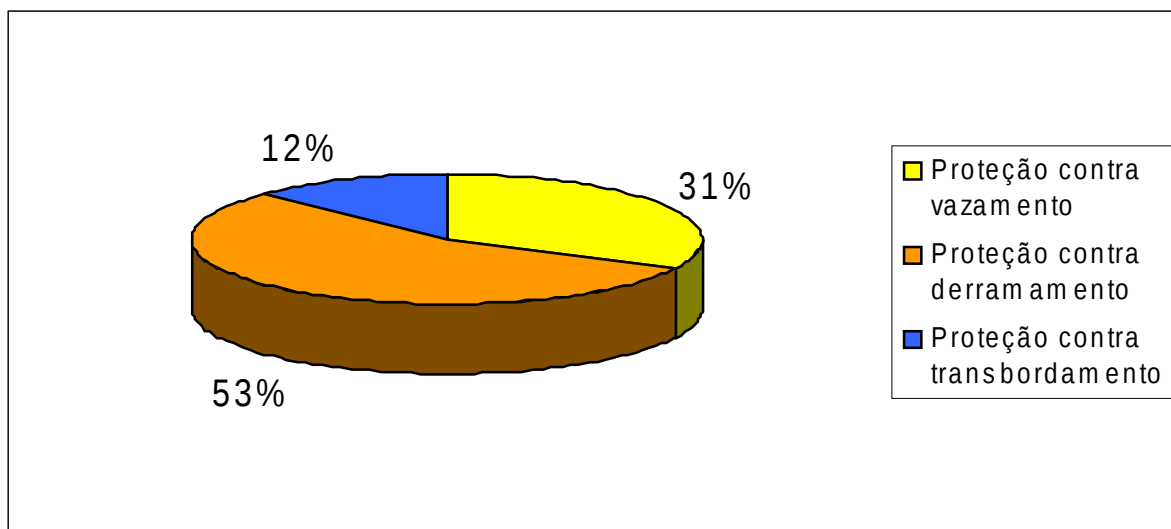


Figura 62. Distribuição percentual dos sistemas de proteção existentes para os postos de combustíveis segundo a classificação da área em torno (todos os equipamentos exigidos)

Tabela 42. Tanques de combustíveis subterrâneos

P	Bacia	CL	Tanques de combustíveis subterrâneos						C
			Qta	Cap (m³)	Material¹	Tipo²	Ano de instalação	Teste de estanqueidade³	
1	Mor.	2	7	105					
2	Agu.	2	6	90	RTFV (5) e AC (1)	PD (5) e PS (1)		E	In
3	Mar.	2	4	90	AC		1992	s/ t (25/10/2001)	In
4	Agu.	2	5	105					
5	Bor.	3	5	70			1996	E (3/4/2004)	
6	Out.								
7	Mos.	1	3	45		PS	2000	E (01/2000)	
8	Mar.	2	4	75	RTFV	PD	1992	s/ t	Co
9	Mar.	0	5	75			2004		
10	Mar.		4	60					
11	Out.	1	6	150			2000		
12	Mos.	2	6	90				E (05/08/2004)	
13	Mar.	3	3	45	RTFV	PD⁴			Co
14	Mos.	2	5	75	AC		1990	E (25/03/2003)	In
15	Mos.	1	6	90				E (31/03/2004)	
16	Mor.	3	4	60	AC			E (16/01/2003)	
17	Agu.	2	14		AC		1993	E (29/01/2001)	In

Tabela 42. Continuação

P	Bacia	CL	Tanques de combustíveis subterrâneos						C
			Qta	Cap (m³)	Material¹	Tipo²	Ano de instalação	Teste de estanqueidade³	
18	Mar.	3	5	70	AC			V (1)(26/11/2002)	In
19	Mor.	1	4	60					
20	Mor.	2	4	60			2000		
21	Mos.	1	3	60					
22	Mos.	3	4	90	RTFV⁶	PD	1988	s/ t (25/10/2001)	Co
23	Mar.		5	75				E (23/01/2001)	
24	Mos.	2	3	45	RTFV⁶	PD	2000	E (2002)	Co
25	Mar.	2	4	90	ACRTA	PS	2002	E (20/12/2001)	Co
26	Mar.	2	5	90	AC⁵ (3), ACR⁷ (2)	BC (1)		E (2/12/2002)	In
27	Mar.	2	4	90					
28	Mar.	1	4	60	AC⁸	PD	1999	E (14/09/2004)	Co
29	Mos.	2	4	60	ACR⁷	PS		E (5/11/2003)	Co
30	Mor.	1	5	110				E (25/4/2003)	
31	Mar.	2	6	90		P⁵		E (25/2/2003)	In
32	Mos.	1	5	75		PS		E (25/6/2002)	
33	Mar.	2	3	60					
34	Mar.	2	4	60				E (29/9/2001)	
35	Out.	1	12	175	ACR⁹			E (29/8/02)	Co
36	Mor.	1	3	60	RTA			E (21/10/2002)	Co
37	Agu.	2	7	105		P⁷ (5) e BC (1)		E (15/11/2003)	
38	Mar.	3	3	75			1996	E (15/10/2002)	
39	Mor.								

(1) - AC = Aço-carbono; RTFC = Resina termofixa reforçada com fibra de vidro; ACRTA = Aço-carbono com resina termofixa ativada para curar a temperatura ambiente; ACR = Aço-carbono revestido; RTA = Resina termofixa ativada para curar a temperatura ambiente. Número entre parênteses corresponde ao total de tanques.

(2) - PD = parede dupla; PS = parede simples; P = pleno; BC = bi-compartimentado. Idem

(3) - E = estanque; V = vazamento; s/t = sem teste.

(4) - Parede dupla não-metálica.

(5) - Segundo a NB-190.

(6) - Segundo a NBR-13212.

(7) - Segundo a NBR-13312.

(8) - 1 não-metálico segundo a NBR-13785.

(9) - Segundo a NBR-13212 e que dispense proteção catódica

Do total de 39 postos pesquisados no IAP, apenas em 16 foi possível saber o material dos tanques de combustíveis e em 13 postos estava disponível a informação quanto ao tipo do tanque: parede simples, dupla ou outra configuração. Em alguns casos, mesmo dispondo-se do material dos tanques, como nos postos números 16 e 18, não foi possível determinar a sua conformidade em relação à norma NBR 13.786, uma vez que não se obteve a informação quanto ao revestimento dos tanques. Em outro caso, porém, apesar de não se dispor do tipo de material dos tanques, verificou-se que o mesmo se baseia em norma antiga (NB-190), anterior às normas de fabricação de tanques NBR 13.212 e NBR 13.312, portanto está irregular. É o caso do posto número 31. Outro caso de posto irregular é o número 18 que apresenta vazamento em um dos tanques

Sendo assim, verifica-se que dos 16 postos onde foi possível verificar sua adequação em relação à norma NBR 13.786, sete estão irregulares, ou seja, 44 % dos postos. A Figura 63 mostra essa relação.

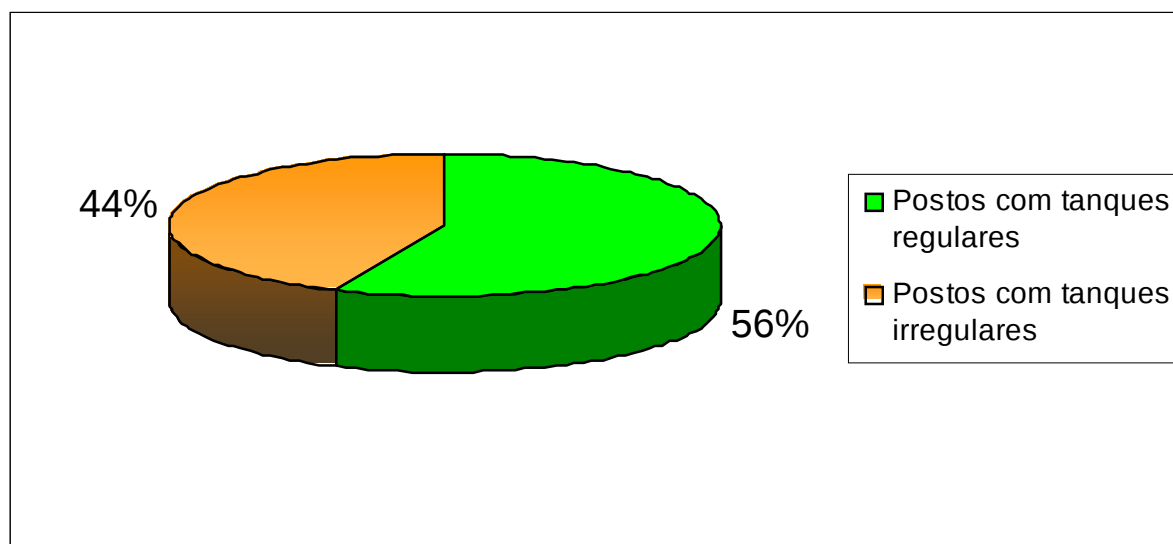


Figura 63. Conformidade dos tanques de combustíveis subterrâneos em relação à norma NBR 13.786

Apesar de cinco dos postos irregulares apresentarem tanques sem vazamentos, de acordo com os testes de estanqueidade realizados, existe a possibilidade de ocorrência de vazamentos futuros em virtude da sua não adequação e, em alguns casos, da própria idade dos tanques. Na Figura 64 é apresentado o total de postos irregulares por bacia hidrográfica e na

Figura 65 os valores são apresentados em porcentagem, em relação ao total de postos (regulares e irregulares).

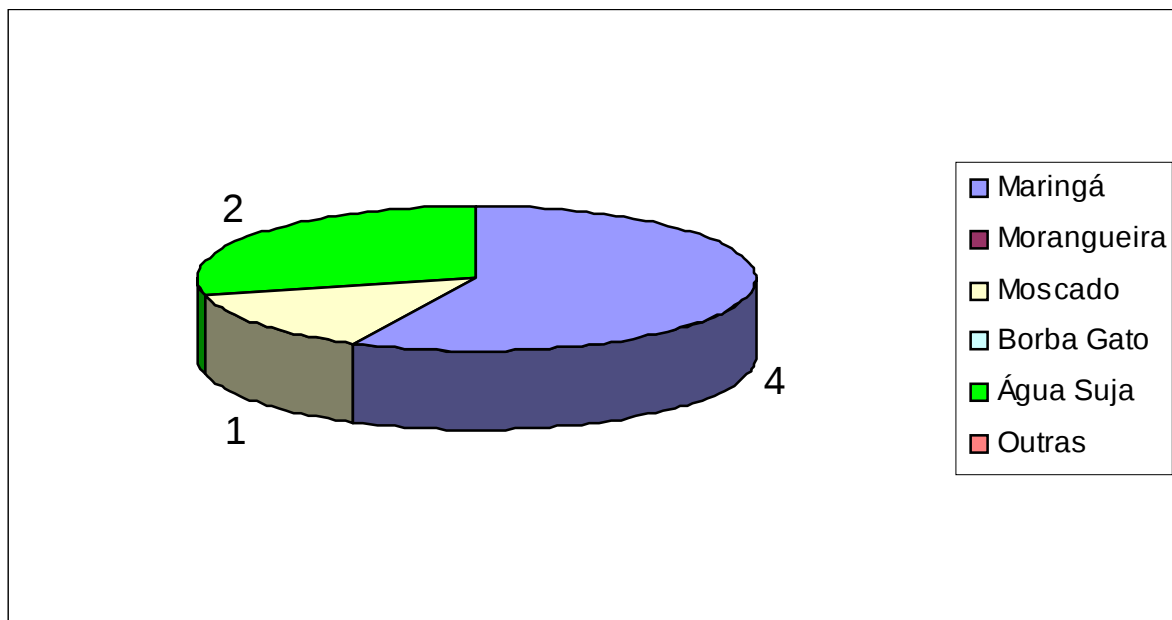


Figura 64. Número de postos com tanques irregulares por bacia hidrográfica

Porém, em virtude do pequeno número de postos pesquisados por bacia (exceto para a bacia do ribeirão Maringá), a porcentagem dos postos irregulares em relação ao número total de postos, pode não ser representativa para a população total desses estabelecimentos em cada bacia.

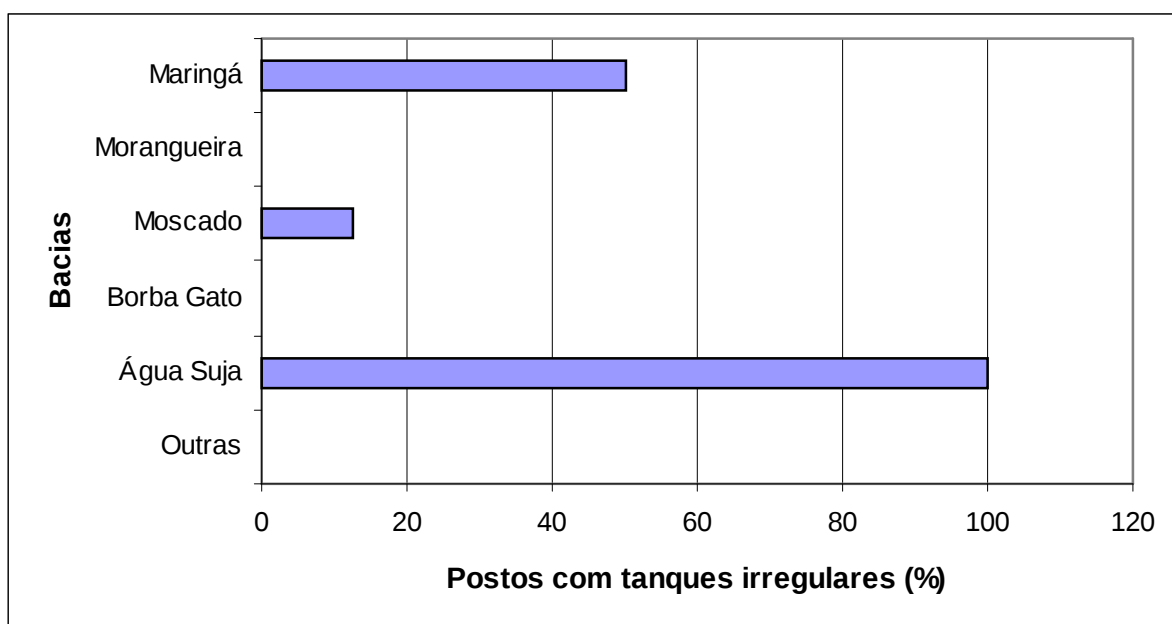


Figura 65. Porcentagem de postos com tanques irregulares por bacia hidrográfica

Analisando o tipo de tanques de combustíveis, observa-se que dos 13 postos onde essa informação está disponível, cinco apresentam tanques de parede dupla, quatro de parede simples, um apresenta os dois modelos, e o restante possui tanques tipo pleno, bi-compartimentado e pleno e bi-compartimentado. A Figura 66 ilustra os tipos de tanques subterrâneos presentes nos postos.

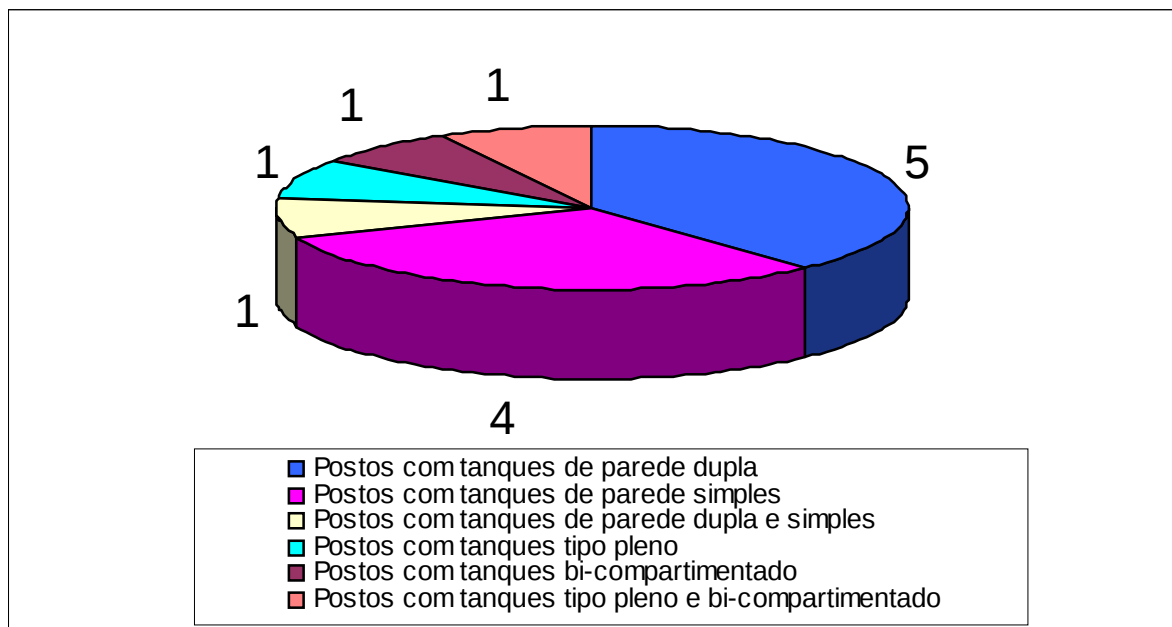


Figura 66. Número de postos de combustíveis segundo o tipo de tanque subterrâneo

Apesar de a maioria dos tanques de combustíveis serem estanques, conforme os testes de estanqueidade apresentado pelos postos, foi constatada contaminação do solo em alguns casos, principalmente pelos compostos BETX – benzeno, etilbenzeno, tolueno e xileno, conforme se observa na Tabela 43. A contaminação por PAH – hidrocarbonetos policíclicos aromáticos – só ocorreu com valores dentro dos limites estabelecidos pelo IAP.

Observa-se pela Tabela 43 que a maior parte dos casos de contaminação ocorreu na fase vaporizada, que não oferecem tanto risco ambiental, porém em um caso em particular os valores superaram o limite de exposição, caracterizando alta contaminação do solo.

Verifica-se também que mesmo para os postos com tanques estanques, de acordo com os testes de estanqueidade apresentados pelos mesmos, ocorre contaminação do solo. Isso se deve ao fato de a contaminação provavelmente ser proveniente da infiltração através do piso, descarga de combustível, defeitos nas linhas e tubulações, bombas, filtros e rampas de lubrificação e infiltração através das paredes das caixas separadoras.

Tabela 43. Contaminação do solo por BETX e PAH proveniente dos postos de combustíveis

P	Bacia	Tanques	BETX¹	PAH²
1	Mor.		Não indicado a presença	Não indicado a presença
2	Agu.	Estanque	Anomalias - poros do solo da zona não saturada - não indicam risco, mas necessitam monitoramento constante (fase vaporizada)	Não indicado a presença
3	Mar.	Sem teste	Anomalias em duas amostras - etilbenzeno e xileno (9/6/2004)	Não indicado a presença
4	Agu.		2 pontos contaminados - contaminação na fase adsorvida da zona insaturada	Não indicado a presença
5	Bor.	Estanque	Dentro dos limites do IAP	Dentro dos limites do IAP
9	Mar.		Dentro dos limites do IAP	Dentro dos limites do IAP
11	Out.		benzeno acima do limite máximo de exposição (vaporizada), xileno e benzeno abaixo dos limites de tolerância (adsorvida) – contaminação generalizada	
12	Mos.	Estanque	Não indicado a presença	Não indicado a presença
17	Agu.	Estanque	Anomalias em alguns poços - indícios de contaminação (fase vaporizada)	
25	Mar.	Estanque	Anomalias relacionadas às concentrações de benzeno, tolueno e xileno em um poço raso - abaixo dos limites aceitáveis (fase vaporizada) (30/9/2004)	
29	Mos.	Estanque	Anomalias nas concentrações de BTX em três poços (indícios de contaminação) - em 2 poços acima do limite máximo de referência (3,19 mg/m ³) (fase vaporizada)	
33	Mar.		Dentro dos limites do IAP	Dentro dos limites do IAP
38	Mar.	Estanque	Dentro dos limites do IAP	Dentro dos limites do IAP

(1) - Benzeno, etilbenzeno, tolueno e xileno

(2) - Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos

5.2.6 Piso da área de abastecimentos dos postos

A Tabela 44 apresenta o material do piso da área de abastecimentos dos postos de combustíveis e sua conformidade em relação à norma NBR 13.786.

Tabela 44. Piso da área de abastecimentos dos postos de combustíveis

Posto	Bacia	Material	Conformidade
1	Mor.	Cimento	Em inconformidade
2	Agu.	Concreto simples com juntas de dilatação e pequenas infiltrações	Em inconformidade
3	Mar.	Concreto armado	
4	Agu.	Concreto	
5	Bor.		
6	Out.		
7	Mos.	Material não impermeabilizado	Em inconformidade
8	Mar.		
9	Mar.		
10	Mar.	Concreto impermeabilizado e alisado	Em conformidade
11	Out.	Concreto liso com médias fissuras	Em inconformidade
12	Mos.	Concreto	
13	Mar.	Concreto	
14	Mos.	Concreto alisado impermeável	Em conformidade
15	Mos.	Concreto	
16	Mor.	Concreto	
17	Agu.	Concreto polido impermeável	Em conformidade
18	Mar.	Paralelepípedo	Em inconformidade
19	Mor.	Concreto	
20	Mor.	Concreto	
21	Mos.	Bloquete	Em inconformidade
22	Mos.	Concreto impermeável	Em conformidade
23	Mar.		
24	Mos.	Concreto armado	
25	Mar.	Concreto	Em conformidade
26	Mar.	Concreto	
27	Mar.	Concreto desempenado polido mecanicamente	Em conformidade
28	Mar.		
29	Mos.	Concreto impermeável	Em conformidade
30	Mor.	Concreto alisado impermeável	Em conformidade
31	Mar.	Concreto	

Tabela 44. Continuação

Posto	Bacia	Material	Conformidade
32	Mos.	Concreto	
33	Mar.	Cimento polido	Em inconformidade
34	Mar.	Concreto	
35	Out.	Concreto	
36	Mor.	Cimentado	Em inconformidade
37	Agu.	Concreto	
38	Mar.	Concreto polido	Em conformidade
39	Mor.		

Apesar de a maioria dos postos pesquisados no IAP apresentarem informações quanto ao tipo de piso, em alguns deles a falta de informações complementares como piso polido, alisado ou impermeável impossibilitou o seu enquadramento em relação à norma. Assim, dos 39 postos pesquisados, em 17 deles foi possível esse enquadramento, sendo que nove (53%) apresentaram-se dentro da norma e oito (47%) não enquadrados. A presença de juntas abertas, fissuras e em alguns casos, material não especificado pela norma põe em risco a principal função do piso que é de evitar a passagem de poluentes para o subsolo. A Figura 67 ilustra a conformidade do piso na área de abastecimentos dos postos em relação a NBR 13.786.

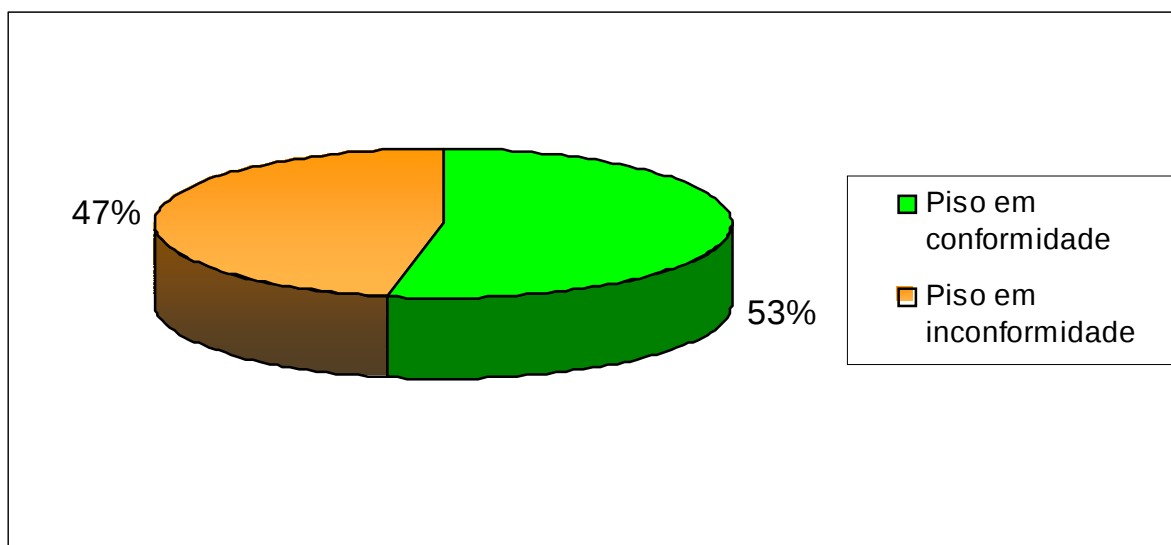


Figura 67. Conformidade do piso da área de abastecimento dos postos de combustíveis segundo a NBR 13.786

Na Figura 68 é apresentado o total de postos com pisos irregulares por bacia hidrográfica e na Figura 69 os valores são apresentados em porcentagem, em relação ao total de postos (regulares e irregulares). Dos 17 postos enquadrados, nenhum pertence à bacia do ribeirão Borba Gato.

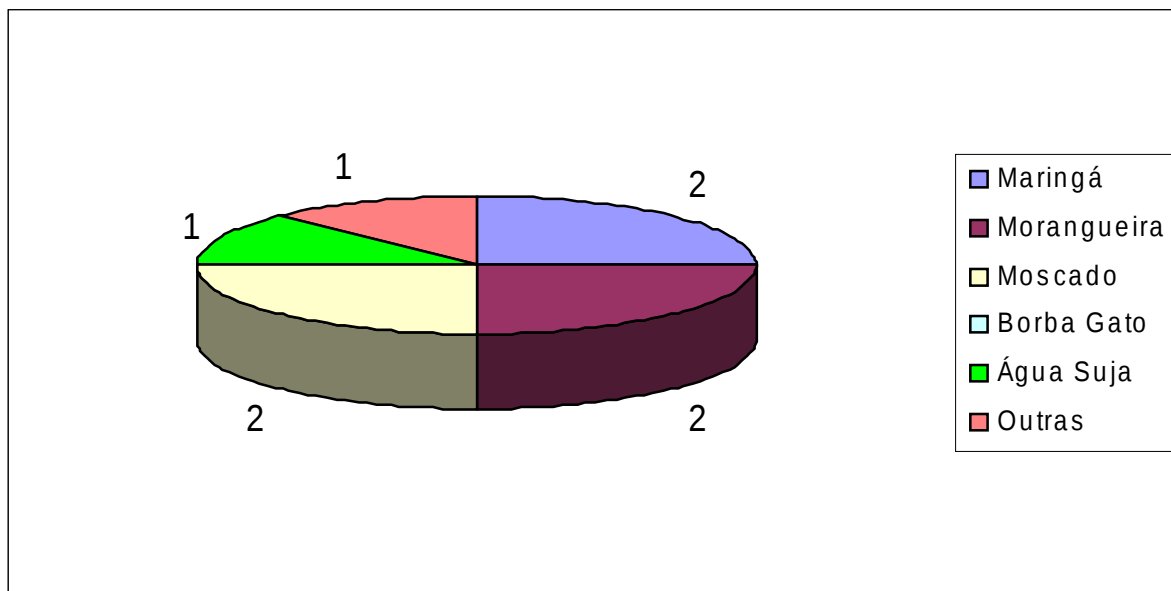


Figura 68. Número de postos com pisos irregulares por bacia hidrográfica

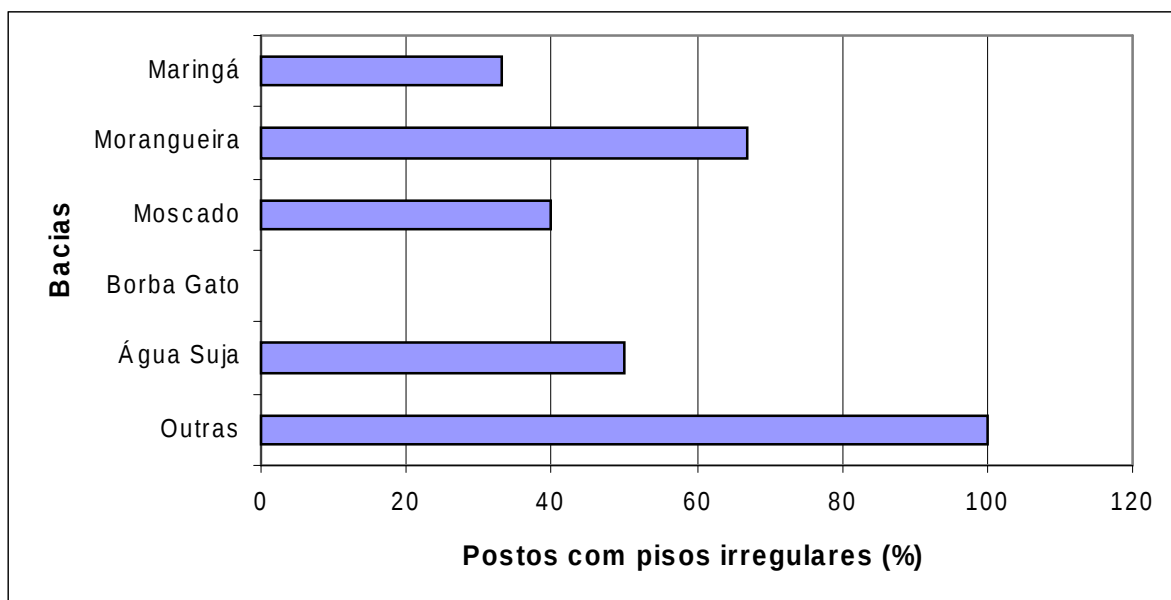


Figura 69. Porcentagem de postos com pisos irregulares por bacia hidrográfica

Também nesse caso, em virtude do pequeno número de postos pesquisados por bacia, a porcentagem dos postos irregulares em relação ao número total de postos pode não ser representativa para a população total desses estabelecimentos em cada bacia.

5.2.7 Análises físico-químicas de efluentes

Na Tabela 45 são apresentados valores de DBO, DQO e óleos e graxas, obtidos no IAP para alguns postos, que foram realizados pelos mesmos entre 2000 e 2004. O efluente foi coletado na saída da caixa separadora.

Tabela 45. Análise físico-químicas dos efluentes dos postos de combustíveis

Posto	Bacia	Análise físico-química (mg / L)				Conformidade
		Data	DBO	DQO	Óleos e Graxas	
1	Mor.	10/3/2003	45	213,58	3,9	Em inconformidade
2	Agu.	10/6/2002	49	130	5	Em conformidade
3	Mar.	28/1/2002	13,41	21,05	7,4	Em conformidade
8	Mar.	10/6/2002	45	200	4	Em conformidade
11	Out.	28/1/2002	63,86	280	5	Em inconformidade
13	Mar.	17/3/2003	30,6	96,15	4,1	Em conformidade
16	Mor.	28/1/2002	34,84	84,21	4,3	Em conformidade
17	Agu.	29/02/2000	58	341	20	Em inconformidade
18	Mar.	28/1/2002	8,84	21,51	4,8	Em conformidade
22	Mos.	5/11/2002	537,2	1249,95	54,7	Em inconformidade
23	Mar.	10/6/2002 / 5/11/2002	200 / 46,33	450 / 178,22	4,0 / 4,0	Em inconformidade ¹
24	Mos.	28/1/2002	47,72	189,47	4,5	Em conformidade
25	Mar.	17/3/2003	21,2	76	4,1	Em conformidade
26	Mar.	5/11/2002	158	415,84	11,2	Em inconformidade
27	Mar.	7/8/2003	82	183	7,6	Em inconformidade
35	Out.	21/8/2001			9,61	Em conformidade
38	Mar.	8/5/2003 / 10/2/2004	98,77 / 15,50	252,42 / 60	4,0 / 10,18	Em inconformidade ¹
39	Mor.	10/6/2002	290	540		Em inconformidade

(1) - Para a primeira análise

O IAP fixa como limites máximos as concentrações de 60 mg /L, 200 mg /L e 20 mg /L para DBO, DQO e óleos e graxas, respectivamente. A Resolução Conama 20 fixa para os óleos e graxas o valor máximo de 20 mg /L. Diante disso, verifica-se que 9 postos, que corresponde à metade do total de postos que possuem análises, apresentaram valores de

lançamentos irregulares em pelo menos uma delas. O posto número 22 corresponde à situação mais preocupante, onde os valores foram muito superiores ao estabelecidos pelo IAP e Resolução Conama. A situação é mais agravante pelo fato de o mesmo localizar-se na bacia do córrego Moscado, que apresenta a maior concentração de postos, embora o efluente seja destinado à rede de esgoto. A maioria dos postos irregulares, contudo, encontra-se na bacia do ribeirão Maringá, conforme se verifica na Figura 70.

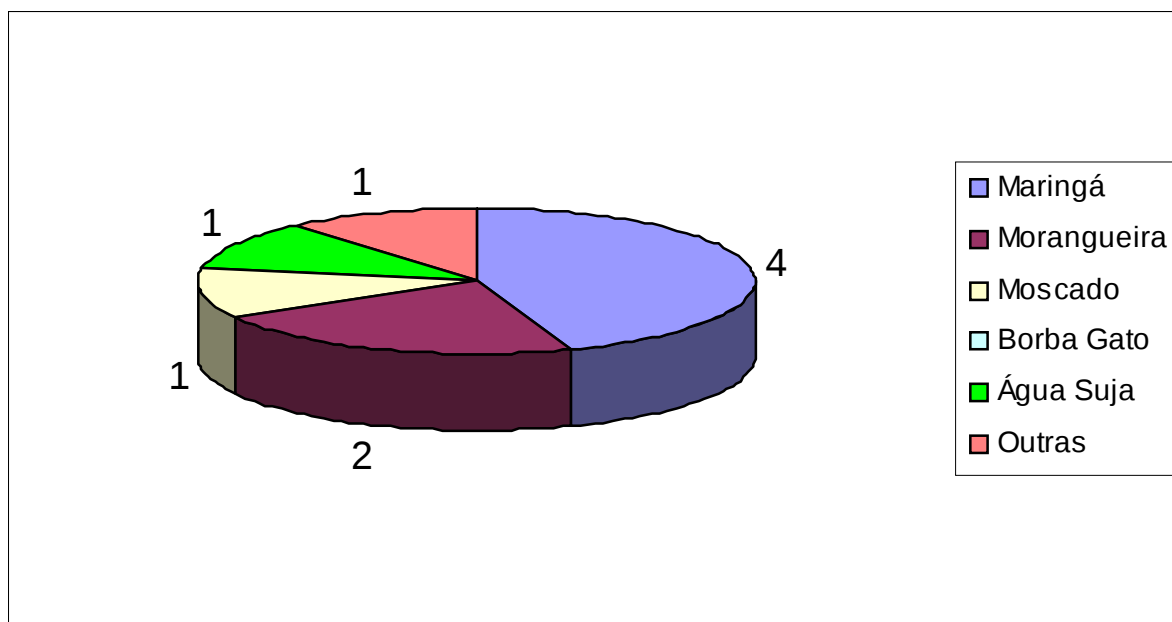


Figura 70. Número de postos irregulares quanto aos parâmetros de lançamento de efluentes por bacia hidrográfica

Na Figura 71 é apresentada a porcentagem dos postos irregulares em relação ao total (regulares e irregulares) por bacia. Dos 18 postos enquadrados, nenhum pertence à bacia do ribeirão Borba Gato.

É preciso levar em consideração, porém, que em virtude do pequeno número de postos com análises físico-químicas por bacia (exceto para a bacia do ribeirão Maringá), a porcentagem dos postos irregulares em relação ao número total de postos, pode não ser representativa para a população total em cada bacia.

Quanto aos parâmetros irregulares, verifica-se que a maioria se refere a DBO e DQO, que não são separadas pela caixa separadora e são provenientes dos produtos de limpeza que devem ter a sua utilização controlada. Para os óleos e graxas, apenas um posto – exatamente o número 22 – apresentou valor irregular. Convém destacar, contudo, que grande parte das análises é antiga, realizada antes de 2003, portanto, atualmente a situação pode ser diferente.

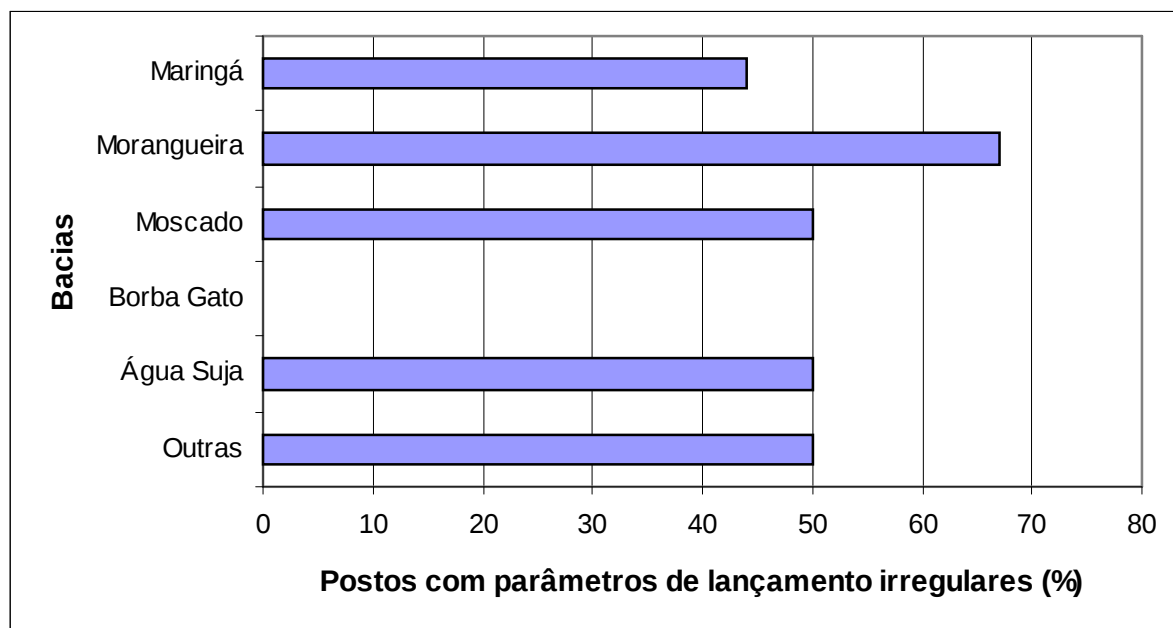


Figura 71. Porcentagem de postos com parâmetros de lançamento irregulares por bacia hidrográfica

5.2.8 Análises físico-químicas e medidas de vazão no ribeirão Morangueira

Na Tabela 46, encontram-se os resultados de análises físico-químicas realizadas no ribeirão Morangueira (ANEXO E) e na Tabela 47 são apresentadas medidas de velocidade e vazão realizadas em cinco ocasiões diferentes. O ribeirão Morangueira foi o escolhido por fazer parte de bacia do rio Pirapó, de onde é captada a água que abastece o município de Maringá.

Tabela 46. Resultados de análises físico-químicas para o ribeirão Morangueira

Parâmetros	Resultados		CONAMA 20		Unidade
	31/05/2004	03/08/2004	Classe 1	Classe 3	
pH	7,47	7,5	6 a 9	6 a 9	---
Cor	30	12	Natural	≤ 75	uH
Turbidez	14	16	≤ 40	≤ 100	uT
Sólidos Sedimentáveis em Cone De Imhoff	0,6	0,3	-	-	mL / L.h
Demanda Química De Oxigênio (DQO)	48	30	-	-	mg / L
Óleos e Graxas	1,4	3,2	Ausentes	Ausentes	mg / L

Obs.: Metodologia utilizada Standard Methods for the examination of water and wastewater (APHA) (AWWA)

Tabela 47. Medidas de velocidade e vazão para o ribeirão Morangueira

Datas	Velocidade Média (m/s)	Vazão (m³/s)
12-05-2004	0,070	0,182
02-06-2004	0,165	0,454
24-06-2004	0,107	0,312
26-07-2004	0,116	0,316
27-08-2004	0,085	0,241
Média	0,109	0,301

Comparando os valores dos parâmetros obtidos, com os exigidos pela Resolução Conama n. 20, considerando a classe 1, que é a segunda mais exigente e a classe 3, a segunda menos exigente, verifica-se que os resultados não ultrapassaram os limites impostos pela norma, a não ser para os óleos e graxas. Isso pode ser explicado pelo fato de a bacia do ribeirão Morangueira apresentar a segunda maior densidade de postos. Porém, como a análise se restringiu a apenas duas coletas não se pode atestar sobre a real situação de poluição do ribeirão Morangueira.

Com relação às medidas de vazão do ribeirão Morangueira, verifica-se que os valores apresentaram variação significativa, principalmente entre a primeira e segunda medição. Essa última, porém, foi realizada poucas horas depois de uma chuva forte que acabou refletindo na vazão, já que o tempo de concentração da bacia é relativamente curto.

5.2.9 Destino final do óleo lubrificante usado

A Tabela 48 apresenta a quantidade de óleo produzida pelos postos de combustíveis pesquisados no IAP, a sua forma de armazenamento, o destino final e a conformidade em relação à Resolução Conama 09/1993.

De acordo com a Tabela 48, verifica-se que 24 dos 26 postos em que foi possível saber o destino final do óleo coletado, apresentam destinação adequada para o óleo, conforme a Resolução Conama 09/1993. Apenas dois postos não destinam o óleo para a reciclagem, portanto estão irregulares. Quanto às formas de armazenamento, a norma exige que eles sejam armazenados de forma segura, em lugar acessível à coleta, em recipientes adequados e resistentes a vazamentos, o que não foi possível atestar, de acordo com as informações fornecidas pelos postos. A Figura 72 mostra a distribuição dos postos regulares e irregulares quanto ao destino final do óleo coletado.

Tabela 48. Óleo lubrificante usado

Posto	Bacia	Quantidade mensal (ℓ)	Armazenamento	Destino final	Conformidade ¹
1	Mor.	2	tanque de fundo cônico para purificação	Aterro industrial	In
2	Agu.	500	tanques subterrâneos de aço e carbono	Reciclagem	Co
3	Mar.	300	tanques subterrâneos de 500 l	Reciclagem	Co
5	Bor.	180	tambores		
7	Mos.		tambores	Depósitos ²	In
8	Mar.	250			
9	Mar.	600	tambores	Reciclagem	Co
10	Mar.		Caixa para recolher óleo usado - 2000 l	Reciclagem	Co
11	Out.	2500	Tambor metálico de 4000 l	Reciclagem	Co
12	Mos.	200		Reciclagem	Co
13	Mar.			Reciclagem	Co
15	Mos.			Reciclagem	Co
16	Mor.	200		Reciclagem	Co
17	Agu.	3000		Reciclagem	Co
18	Mar.			Reciclagem	Co
19	Mor.	200		Reciclagem	Co
20	Mor.	250		Reciclagem	Co
21	Mos.	100		Reciclagem	Co
22	Mos.	400		Reciclagem	Co
23	Mar.			Reciclagem	Co
24	Mos.	200	Tanque	Reciclagem	Co
25	Mar.	200	Tanque subterrâneo de 2000 l	Reciclagem	Co
26	Mar.	400		Reciclagem	Co
27	Mar.		Caixa de óleo	Reciclagem	Co
28	Mar.	600	tanque metálico próprio	Reciclagem	Co
33	Mar.	150		Reciclagem	Co
34	Mar.	200		Reciclagem	Co
38	Mar.	50		Reciclagem	Co

(1) - Co = em conformidade, In = em inconformidade

(2) - licenciado pelo IAP

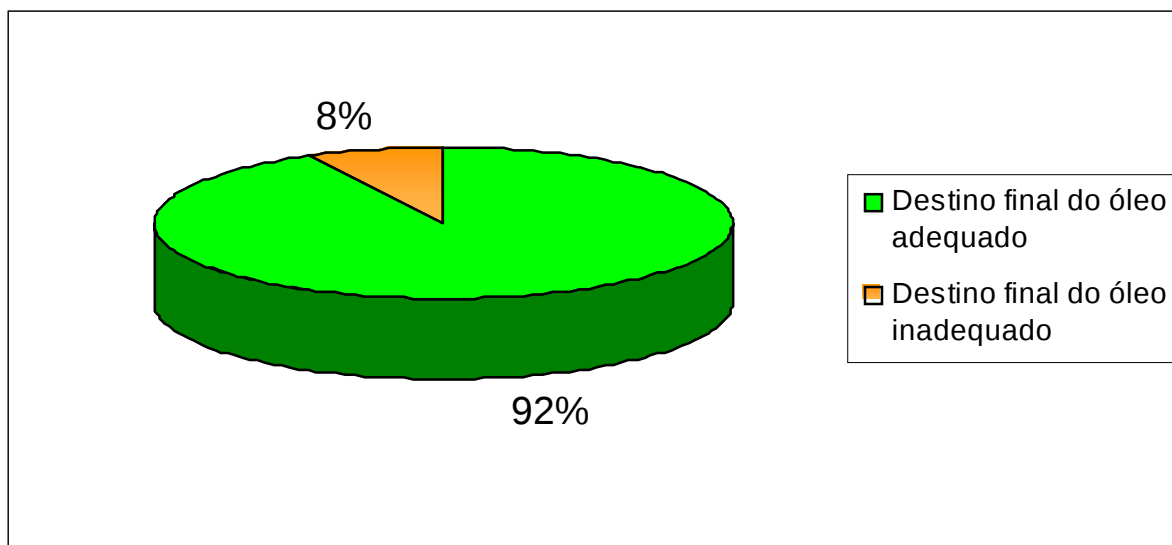


Figura 72. Porcentagem dos postos com destinação adequada e inadequada do óleo lubrificante usado de acordo com a Resolução Conama 09/1993

5.2.10 Destino final dos resíduos sólidos

Os resíduos sólidos produzidos pelos postos foram divididos em três categorias: material têxtil contaminado com óleo, areia e lodo das caixas separadoras e embalagens e filtros de óleo lubrificante.

5.2.10.1 Material têxtil contaminado com óleo

A Tabela 49 mostra a quantidade de material têxtil produzida por alguns postos de combustíveis pesquisados no IAP, a sua forma de armazenamento, o destino final e a conformidade em relação à norma NBR 10.004 / 2004.

Apenas em nove postos, dos 39 pesquisados foi possível saber a destinação final de materiais têxteis contaminados com óleo, como panos e estopas. De acordo com a norma NBR 10.004 são resíduos da classe I, classificados como perigosos, portanto devem ser encaminhados para aterros industriais próprios. Verifica-se que quatro postos encaminham esses resíduos para os aterros industriais, depósitos licenciados pelo IAP ou reciclagem (44%). Nos outros cinco postos (56%) o destino final é o aterro municipal, que não é projetado para receber esse tipo de resíduo, o que provavelmente estará contaminando o solo da região. A Figura 73 ilustra essa relação.

Tabela 49. Material têxtil contaminado com óleo

Posto	Bacia	Quantidade mensal (kg)	Armazenamento	Destino final	Conformidade
1	Mor.		Sacos plásticos ou tambores	Aterro industrial	Co
2	Agu.	30	Tambores / tonéis de aço	Aterro municipal	In
5	Bor.	10	Tambores		
7	Mos.	300	Sacos plásticos	Depósitos ¹	Co
8	Mar.			Reciclagem	Co
9	Mar.	2	Sacos plásticos		
11	Out.	160		Aterro municipal	In
17	Agu.	25	Tonéis de aço	Aterro municipal	In
25	Mar.	20	Tambores	Aterro industrial	Co
28	Mar.	50 peças	Tambores plásticos de 200 l	Aterro municipal	In
29	Mos.	10	Tonéis	Aterro municipal	In

(1) - licenciados pelo IAP

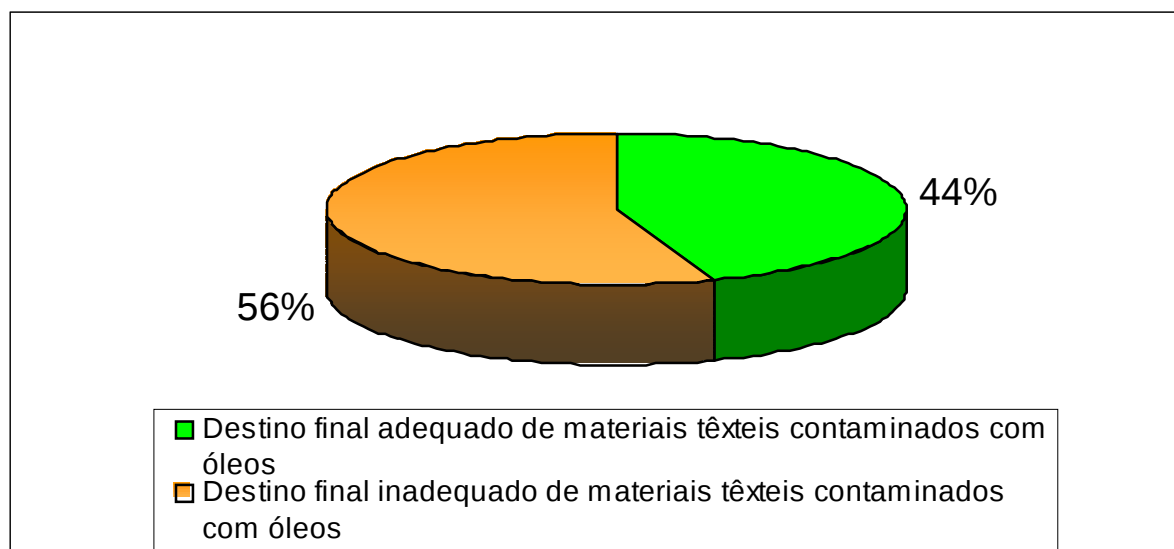


Figura 73. Porcentagem dos postos com destinação adequada e inadequada de materiais têxteis contaminados com óleos de acordo com a norma NBR 10.004/2004

Nesse caso também, em virtude do pequeno número de postos com informações sobre o destino final de materiais têxteis contaminados com óleo, a porcentagem dos postos irregulares e regulares pode não ser representativo para a população total de postos.

5.2.10.2 Areia e lodo das caixas separadoras

Na Tabela 50 é apresentada a quantidade de areia e lodo recolhido das caixas separadoras dos postos de combustíveis pesquisados no IAP, a sua forma de armazenamento, o destino final e a conformidade em relação à norma NBR 10.004 / 2004.

Tabela 50. Areia e lodo das caixas separadoras

Posto	Bacia	Quantidade mensal	Armazenamento	Destino final	Conformidade
1	Mor.	300 ℓ	secagem para o lodo	Aterro industrial	Co
2	Agu.	830 kg	tanque	Aterro industrial	Co
3	Mar.			Auto Fossa	
4	Agu.	300 ℓ		Aterro industrial	Co
5	Bor.	200 kg	tambores		
7	Mos.	1000 kg	tambores	Depósitos ¹	Co
8	Mar.			Aterro industrial	Co
10	Mar.	300 ℓ		Aterro industrial	Co
11	Out.	200 ℓ		Auto-Fossa	
13	Mar.			Aterro municipal	In
14	Mos.	40 kg		Aterro industrial	Co
15	Mos.	800 ℓ		Auto Fossa	
16	Mor.			Auto Fossa	
17	Agu.	1000 ℓ		Aterro municipal	In
18	Mar.			Aterro municipal	In
19	Mor.			Aterro municipal	In
20	Mor.		tonéis	Auto Fossa	
21	Mos.			Auto Fossa	
22	Mos.			Retirado com caçamba	
24	Mos.			Auto Fossa	
25	Mar.	250 ℓ		Aterro industrial	Co
26	Mar.			Auto Fossa	
27	Mar.	1000 ℓ		Aterro industrial	Co
28	Mar.	1000 ℓ	tambores plásticos de 200 ℓ	Aterro municipal	In
29	Mos.	100 ℓ	tonéis	Aterro industrial	Co

Tabela 50. Continuação

Posto	Bacia	Quantidade mensal	Armazenamento	Destino final	Conformidade
30	Mor.			Aterro industrial	Co
31	Mar.	350 ℓ		Aterro municipal	In
32	Mos.	200 ℓ	tambores de 200 ℓ	Aterro municipal	In
33	Mar.			Aterro municipal	In
34	Mar.			Empresa terceirizada	
35	Out.	250 ℓ	tambores plásticos	Aterro municipal	In
36	Mor.	1700 ℓ	recipiente plástico ²	Aterro municipal	In
37	Agu.	350 ℓ	tambores de 200 ℓ	Aterro municipal	In
38	Mar.			Auto Fossa	

(1) - licenciados pelo IAP

(2) - ou diretamente no veículo de transporte

A areia e lodo das caixas separadoras por estarem contaminados por óleo também são resíduos perigosos e devem ser encaminhados para aterros industriais próprios. Dos 22 postos em que foi possível determinar a conformidade da disposição final desse resíduo, 11 estavam irregulares, ou seja, os resíduos eram levados para o aterro municipal, servindo mais uma vez como fonte de contaminação. Nos demais postos, atendidos por auto fossa, não estava disponível a informação de que se essas empresas eram licenciadas pelo IAP e nem para onde encaminhavam os resíduos, portanto, não foi possível atestar a conformação com a norma NBR 10.004/2004. A Figura 74 mostra essa relação de conformidade e inconformidade.

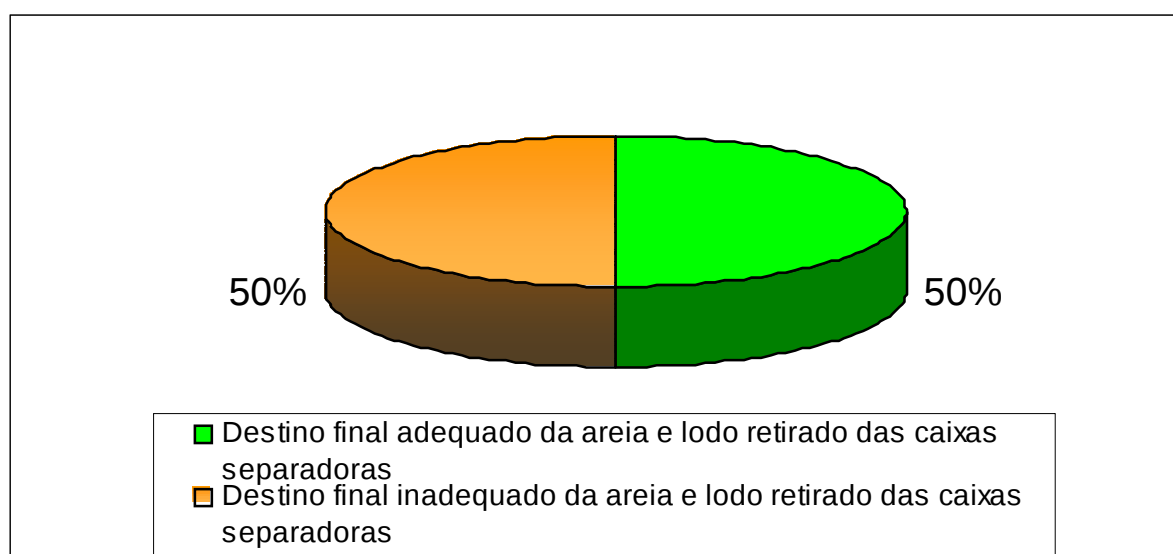


Figura 74. Porcentagem dos postos com destinação adequada e inadequada da areia e lodo das caixas separadoras de acordo com a norma NBR 10.004/2004

5.2.10.3 Embalagens e filtros de óleo lubrificantes

A Tabela 51 mostra a quantidade de embalagens e filtros de óleos lubrificantes produzidos nos postos de combustíveis pesquisados no IAP, a sua forma de armazenamento, o destino final e a conformidade em relação à norma NBR 10.004 / 2004.

Tabela 51. Embalagens e filtros de óleos lubrificantes

Posto	Bacia	Quantidade mensal	Armazenamento	Destino final	Conformidade
1	Mor.	70	Sacos plásticos / tambores	Aterro industrial	Co
2	Agu.	800	Tambores	Reciclagem e aterro municipal (filtros)	Co / In
3	Mar.			Reciclagem e aterro municipal (filtros)	Co / In
4	Agu.	70		Aterro industrial	Co
5	Bor.	230	Tambores		
7	Mos.	6	Sacos plásticos	Reciclagem	Co
8	Mar.			Reciclagem	Co
9	Mar.	22	Sacos plásticos		
10	Mar.	180		Coleta seletiva	
11	Out.	210 ²		Fabricante e aterro municipal (filtros)	Co / In
12	Mos.	630			
13	Mar.			Reciclagem e aterro municipal (filtros)	Co / In
14	Mos.	170		Aterro industrial	Co
15	Mos.	280		Aterro municipal	In
16	Mor.			Aterro municipal	In
17	Agu.	900	Tonéis (filtros)	Reciclagem e aterro municipal (filtros)	Co / In
18	Mar.			Aterro municipal	In
19	Mor.			Aterro municipal	In
20	Mor.			Aterro municipal	In
21	Mos.			Aterro municipal	In
22	Mos.			Aterro municipal	In
24	Mos.			Aterro municipal	In
25	Mar.	220	Tambores	Aterro Industrial	Co
26	Mar.			Reciclagem e aterro municipal (filtros)	Co / In

Tabela 51. Continuação

Posto	Bacia	Quantidade mensal	Armazenamento	Destino final	Conformidade
27	Mar.	810		Empresa liberada pelo IAP	Co
28	Mar.	750	Tambores plásticos de 200 l (protegidos)	Reciclagem e aterro municipal (filtros)	Co / In
30	Mor.			Aterro industrial	Co
31	Mar.	430		Aterro municipal	In
32	Mos.	60		Reciclagem	Co
33	Mar.			Aterro municipal	In
34	Mar.			Reciclagem	Co
36	Mor.	320	Tambores plásticos de 200 l (embalagens)	Reciclagem e aterro municipal (filtros)	Co / In
37	Agu.	180		Aterro municipal	In
38	Mar.			Aterro municipal	In

Verifica-se que dos 30 postos onde foi possível a classificação da conformidade da disposição final de embalagens e filtros de óleo lubrificantes, 12 estavam irregulares tanto para as embalagens quanto para os filtros de óleos, o que corresponde a 40% do total. Dez postos estavam regulares para ambos os casos (33%) e oito apresentavam irregularidade somente para a disposição final do filtro (27%). A Figura 75 ilustra essa relação.

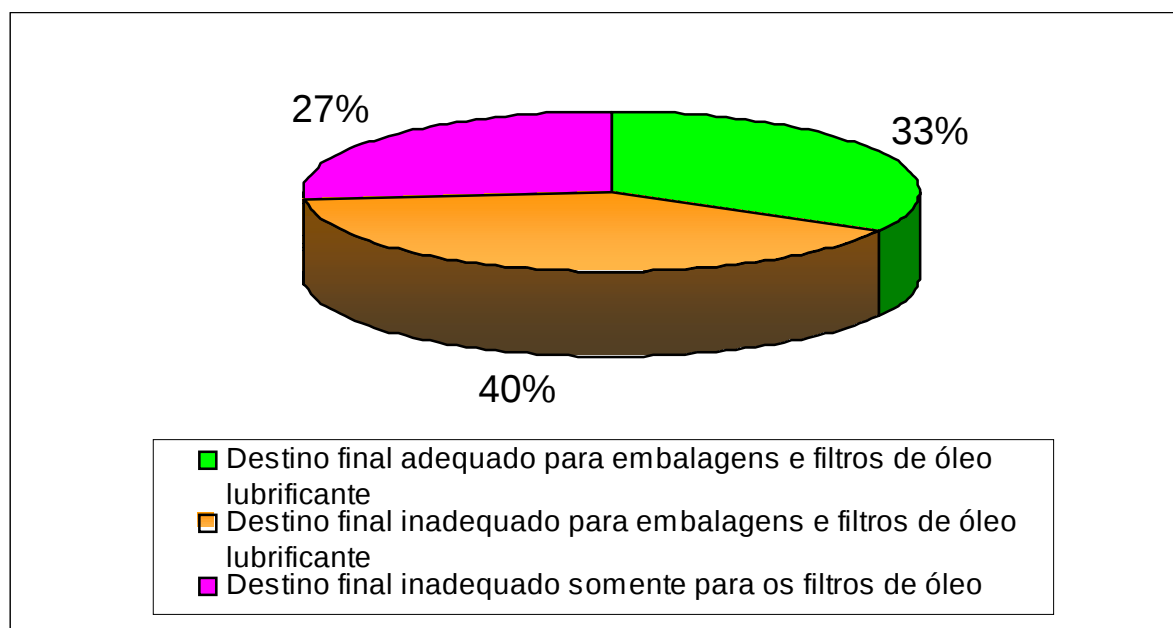


Figura 75. Porcentagem dos postos com destinação adequada e inadequada de embalagens e filtros de óleos lubrificantes de acordo com a norma NBR 10.004/2004

Da mesma forma que para a areia e o lodo das caixas separadoras, esses resíduos, por possuírem óleo, devem ser destinados a aterros industriais de classe I (resíduos perigosos), de acordo com a norma NBR 10.004. No caso das embalagens, que possuem tempo de biodegradação muito longo, o ideal seria que elas fossem recicladas.

6 CONCLUSÕES

Analizando a potenciabilidade de poluição das bacias hidrográficas em função de suas características físicas, pode-se delinear algumas considerações finais em função do que foi estudado, relacionadas a seguir.

Considerando apenas a área, a bacia do ribeirão Maringá seria a mais sujeita a poluição pela probabilidade da presença de maior número de fontes poluidoras em sua maior área (88,7 km²). Porém, provavelmente, por ela apresentar extensão maior de canais, poderá ter diminuído o efeito poluidor.

Em relação ao tempo de concentração estimado para cada bacia, verifica-se que os mesmos aumentam com o aumento da área das mesmas e, tomando-se o valor obtido com a equação do California Culverts Practice, verifica-se que a bacia do córrego Moscado é que apresenta o menor tempo de concentração. Nesse caso, o tempo que a água das chuvas e possíveis poluentes demora em se deslocar do ponto mais distante da bacia até o exutório é de cerca de 1 hora.

Os índices de forma encontrados mostram que as bacias da vertente do Rio Ivaí, que são bacias menores, apresentam o formato mais circular, sendo que a bacia do ribeirão Borba Gato apresenta um valor de coeficiente de compacidade de apenas 1,14 e relação de circularidade de 0,76, sendo a mais circular. Considerando a possibilidade a enchentes, a bacia do córrego Moscado é que apresenta condição mais crítica devido ao seu menor tempo de concentração. Portanto, no caso de os córregos se apresentarem poluídos, as bacias da vertente do Rio Ivaí, em especial a do córrego Moscado, são as que apresentam maior possibilidade de poluição de suas margens por causa da maior propensão a enchentes.

Considerando a magnitude das bacias, observa-se que as bacias do córrego Moscado e ribeirão Borba Gato, da vertente do rio Ivaí, que são as bacias menores, apresentam também magnitude menor, no valor de 5. Analisando-se o efeito poluidor, essas bacias serão as mais sujeitas à poluição, uma vez que com um número menor de canais, a possibilidade que toda a rede a jusante de uma fonte poluidora qualquer seja atingida é maior. Além disso, é menos provável a existência de pequenas sub-bacias, que poderiam ser preservadas no caso de haver concentração das fontes poluidoras em determinada região da bacia. Por outro lado, a bacia do ribeirão Morangueira apresenta várias sub-bacias de ordem 1 ao longo do rio principal, que é confirmado pela sua relação de bifurcação entre as ordens 1 e 2 de 8,0. Assim, maior a possibilidade de algumas serem preservadas, no caso, por exemplo, de haver concentração de fontes poluidoras em determinado ponto da bacia. Mesmo considerando uma distribuição

homogênea dessas fontes poluidoras, alguns pequenos canais serão preservados, dependendo da orientação do lançamento do poluente.

Em relação ao índice dos comprimentos, verifica-se que as bacias do ribeirão Maringá e da Água Suja apresentam os maiores valores entre a ordem 1 e 2, de 3,0 e 3,1, respectivamente. Considerando a condição de que esses valores sejam resultados do pequeno número de canais da ordem superior, poder-se-ia dizer que são bacias mais sujeitas à poluição, pois são menos ramificadas para a ordem específica. Porém, no caso do ribeirão Maringá, o valor mais elevado de relação dos comprimentos ocorre principalmente por causa da grande extensão dos canais, haja vista que essa bacia é a de maior área e a única que apresenta quatro canais de segunda ordem, contra dois das demais. No caso da bacia do ribeirão Morangueira, o índice de bifurcação elevado não se refletiu na relação dos comprimentos, uma vez que os canais de segunda ordem apresentam extensão total reduzida, praticamente igual ao total dos canais de segunda ordem da bacia do córrego Moscado, porém, esta última apresenta extensão total dos canais bastante inferior. Portanto, nesse caso, a relação dos comprimentos não permite visualizar a propensão à poluição de uma bacia de forma tão clara quanto a relação de bifurcação ou magnitude.

As bacias pesquisadas apresentam drenagem pobre com o maior valor para a bacia do ribeirão Morangueira, 0,80 km/km² e o menor para a do córrego Moscado, 0,50 km/km². Portanto, a distância que um elemento poluidor terá de percorrer é grande e os efeitos nos cursos d'água, em média, demorarão mais a serem sentidos. Por outro lado, como a rede é menos extensa e menos ramificada, a possibilidade de que toda ela seja prejudicada é maior, fato mais notável para a bacia do córrego Moscado. Além disso, se a distância a ser percorrida for maior, considerando que esse elemento poluidor seja lançado diretamente no solo, então, aumenta a possibilidade de infiltração nos solos desnudos, e conseqüente contaminação dos aquíferos subterrâneos. No caso dessas bacias, a possibilidade de contaminação do solo por um lançamento superficial é menor devido ao maior grau de impermeabilização das vertentes.

Analisando a densidade de confluências, observa-se que o maior e menor valor são para as bacias do córrego Moscado e ribeirão Morangueira, que apresentam uma confluência para cada 6,7 km² e 2,7 km², respectivamente. Isso é resultado da menor ramificação da bacia do córrego Moscado, condicionando-a a maior potencialidade de poluição, em oposição à bacia do ribeirão Morangueira.

A bacia do córrego Moscado também apresenta o maior valor de extensão média do escoamento superficial, de aproximadamente 990 m. Assim, a tendência à infiltração de água

das chuvas e/ou poluentes é maior, mas por se tratar de uma bacia urbana, quase totalmente impermeabilizada, tal fenômeno quase não ocorrerá.

Quanto à sinuosidade dos canais, verifica-se que quase não existe sinuosidade nos ribeirões Morangueira, Borba Gato e Água Suja com os valores muito próximos a 1, portanto eles tenderão a ter maior velocidade da água nos canais. O córrego Moscado apresenta o maior valor, de 1,17. Em virtude dessa sinuosidade e velocidade do escoamento, maior a possibilidade de o poluente ficar estagnado nos pontos mais propícios ao longo das margens por ocasião de uma cheia.

Com relação ao coeficiente de manutenção dos canais, a bacia do ribeirão Morangueira, em virtude da maior densidade de drenagem, apresenta o menor valor, 1,25 km² de área de contribuição para cada quilometro de canal. Por sua vez, a bacia do córrego Moscado apresenta o maior valor, 1,99 km²/km. Dessa forma, esse índice permite verificar de forma mais clara a propensão à poluição dessa bacia, pois com uma área de contribuição grande, sujeita a maior presença de fontes poluidoras, a concentração de poluentes por quilômetro de canal também é maior.

A densidade hidrográfica também permite verificar a maior propensão à poluição, onde a bacia do córrego Moscado se apresenta mais critica com um canal a cada 5,4 km² de área. Já a bacia do ribeirão Morangueira, possui um canal a cada 2,2 km² de área.

Considerando a declividade média das bacias, os valores encontrados variaram de 5,9% para a bacia do córrego Moscado a 7,7% para a bacia do ribeirão Borba Gato, portanto, segundo a classificação da Embrapa (1999), são, em termos médios, bacias com terreno suave ondulado. Assim, considerando apenas a declividade média, a velocidade com que determinado poluente, despejado superficialmente, chegaria ao curso d'água seria pequena, principalmente para a bacia córrego Moscado, e também para a bacia do ribeirão Maringá que apresenta menor declividade; e haveria maior tendência a infiltração. Porém, como são bacias impermeabilizadas, principalmente na zona urbana, onde se localizam os postos, haverá maior escoamento e menor infiltração.

Além disso, a quantidade e velocidade do escoamento depende da localização das fontes poluidoras. Em todas as bacias, a maioria dos postos de combustíveis localiza-se em áreas com declividade até 8%. Apenas para a bacia do ribeirão Morangueira verifica-se um número maior de postos localizados em declividades maiores, mas que não ultrapassam 20%, que é a faixa de terreno ondulado.

A relação de relevo é um índice que não é o ideal para se avaliar o potencial poluidor de uma bacia, mas na falta de dados mais precisos, permite oferecer uma idéia da declividade

geral da bacia. No caso, a bacia do ribeirão Borba Gato apresentou o maior valor de relação de relevo, confirmando os valores de declividade média, portanto, entre as bacias analisadas, é a que apresenta menor tendência à infiltração e maior velocidade das águas das chuvas e poluentes sobre seus terrenos.

De acordo com os valores do número de rugosidade, que foram extremamente baixos para as bacias pesquisadas, com o menor valor de 0,088 obtido para a bacia do córrego Moscado, concluiu-se que, de maneira geral, as vertentes dessas bacias são horizontalmente mais longas, resultando na média em baixos valores de declividade, o que foi confirmado pelos valores encontrados. Isso acaba por facilitar a infiltração da água da chuva ou de alguma forma de poluente, que pode vir a comprometer a vida no solo e a qualidade dos lençóis freáticos, no caso dos solos sem cobertura.

Analisando a hipsometria das bacias pesquisadas, todas elas apresentam valores de coeficiente de massividade próximos a 0,5. Dessa forma, apenas pelo valor desse índice, não é possível inferir sobre o potencial poluidor das bacias, uma vez que com uma distribuição equilibrada de altitudes não é possível ter uma noção geral de declividade. Já os valores de altura média da seção de controle variaram de 121 m para a bacia do ribeirão Morangueira a 98 m para a bacia do ribeirão Água Suja. Portanto, a primeira apresenta uma carga potencial hipotética maior, no que resulta em maior velocidade das águas da chuva e/ou poluentes em direção à desembocadura, podendo causar erosão ao longo das margens e depósito de poluentes em trechos estratégicos. Porém, tanto o ribeirão Morangueira quanto a da Água Suja apresentam valores baixos de sinuosidade do canal, o que acaba por diminuir os efeitos dessa carga potencial.

Com relação à declividade do canal, observa-se que o córrego Moscado e o ribeirão Borba Gato são os que apresentam os maiores valores de declividade S_3 , portanto, a velocidade com que o poluente, despejado em determinado ponto do canal, desloca-se no seu percurso em direção à jusante tende a ser maior. O ribeirão Borba Gato apresenta também o menor valor de sinuosidade, que somado a maior declividade, provavelmente resulta em valores ainda maiores de velocidade. O córrego Moscado, por sua vez, apresenta o maior valor de sinuosidade, que combinado com a maior declividade, pode contribuir para a maior poluição das margens.

Com o retângulo equivalente também é possível inferir do formato da bacia. Nesse caso, observa-se que as bacias menos retangulares são as da vertente do rio Ivaí, com grande destaque para a bacia do córrego Borba Gato, cuja relação do lado maior pelo lado menor é de apenas 1,4. Isso vem confirmar o valor obtido pelo coeficiente de compacidade e relação de

circularidade. Assim, essa bacia apresenta grande propensão a enchentes e no caso de os canais estiverem poluídos, é grande a possibilidade de poluição das margens e áreas vizinhas. Por outro lado, a bacia do ribeirão Morangueira, também confirmando os valores obtidos pelos índices de forma, apresentou o maior valor da relação entre os lados, sendo, portanto, a mais retangular. Dessa forma, essa bacia está menos sujeita a enchentes e da conseqüente poluição das margens, no caso de os canais apresentarem poluição.

A maior parte dos índices de caracterização física apresentados sugerem a bacia do córrego Moscado como a mais propensa à poluição. Analisando-se a distribuição dos postos e distribuidoras de combustíveis por bacias, verifica-se que ela é a que apresenta o maior número de estabelecimentos, correspondente a 33% do total, seguida da bacia do ribeirão Maringá e ribeirão Morangueira, com 26% e 17% do total, respectivamente. Ela também apresenta a maior densidade de postos, com aproximadamente um estabelecimento por quilômetro quadrado. Diante disso, pode-se dizer que essa bacia possui a condição mais crítica em relação à poluição provocada por postos e distribuidoras de combustíveis no município de Maringá-PR.

Em relação aos postos de combustíveis, verificou-se que a maioria apresenta os dispositivos básicos de tratamento como caixa separadora de água e óleo (96%) e canaletas (88%), porém a maioria deles (61%) não possui pré-tratamento para reter a areia e o barro, o que pode prejudicar o desempenho das caixas separadoras. Com relação ao destino final do efluente líquido proveniente das caixas separadoras, verificou-se que a maioria dos postos (58%) apresenta ligação na rede de esgoto e 19% são ligados nas galerias, o que é mais prejudicial ao meio ambiente, em virtude de esse efluente seguir para o curso d'água somente com o tratamento dispensado no posto. Apesar de a bacia do ribeirão Maringá apresentar o maior número de postos nessas condições, mais uma vez é a bacia do córrego Moscado que apresenta a maior densidade de postos e distribuidoras de combustíveis.

Por meio do levantamento feito no Instituto Ambiental do Paraná - IAP, verificou-se que 53% dos postos pesquisados apresentavam os equipamentos mínimos de proteção contra derramamento, 31% os equipamentos de proteção contra vazamentos e apenas 12% apresentavam os equipamentos de proteção contra transbordamento, de acordo com a norma NBR 13.786, considerando a área em torno. A ausência desses equipamentos pode facilitar a ocorrência de vazamento de combustíveis das bombas ou tanques enterrados. Além disso, 44% deles apresentavam tanques subterrâneos irregulares quanto ao material e 47% apresentavam pisos não impermeáveis. Nos relatórios de passivo ambiental apresentado pelos postos foi confirmada a contaminação do solo por BETX em alguns casos.

Com relação a qualidade do efluente, verificou-se que a metade dos postos apresentava concentrações acima das permitidas pelo IAP, sendo que um posto em particular, localizado na bacia do córrego Moscado, os valores foram excessivamente altos, inclusive por óleos e graxas. Porém algumas análises são antigas, anteriormente a 2002, de forma que atualmente a situação possa ter se revertido.

Por meio das análises físico-químicas realizadas no ribeirão Morangueira, que faz parte da bacia do rio Pirapó, verificou-se que os valores dos parâmetros analisados, comparados com os exigidos pela Resolução Conama n.20, estão adequados, a não ser pela presença de óleos e graxas. Porém, como a análise se restringiu a apenas duas coletas pouco se pode atestar sobre a real situação de poluição do ribeirão Morangueira.

Com relação à destinação final do óleo lubrificante usado, verificou-se situação mais regular de acordo com a Resolução Conama 09/93, onde 92% dos postos encaminham o óleo para reciclagem. Já para os resíduos sólidos a situação é outra, com mais da metade dos estabelecimentos encaminhando matérias têxteis contaminados com óleo, embalagens e filtros de óleos lubrificantes e areia e lodo das caixas separadoras para o aterro municipal, o qual não é projetado para receber esses tipos de resíduos. De acordo com a norma NBR 10.004, esses materiais por conterem óleos, são resíduos do tipo Classe 1, perigosos, que deveriam ser encaminhados para aterros especiais.

Diante desses resultados, conclui-se que ainda há um longo caminho a se percorrer para a regularização total dos postos. A Resolução Conama n. 273 de 2000 e a norma NBR 13.786 de 2001 apresentam grandes avanços, mas diante do prazo para adequação relativamente longo, estabelecido pelos órgãos ambientais, corre-se um grande risco de ocorrência de acidentes. De qualquer maneira, é preciso que haja uma ação eficaz a nível municipal, estadual e federal, no sentido de fiscalizar a eficiência do tratamento dos efluentes dos postos, com o conseqüente controle da utilização de certos produtos de limpeza que acabam elevando os teores de DBO e DQO dos despejos líquidos. Assim, pode-se de certa maneira controlar a contaminação das águas superficiais, extremamente importantes para o bem-estar das comunidades.

REFERÊNCIAS

ALLEN, P. A. *Earth surfaces processes*. Oxford: Editorial Offices, 1997.

ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P. de T. A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 33, n. 2, p.117-124, jun. 2003.

ARGENTO, M. S. F.; CRUZ, C. B. M. Mapeamento geomorfológico. In: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. (Org.). *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. Cap. 9. p. 265-282.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10004: resíduos sólidos: classificação*. Rio de Janeiro, 2004.

_____. *NBR 13786: posto de serviço: seleção de equipamentos e sistemas para instalações subterrâneas de combustíveis*. Rio de Janeiro, 2001.

BANISKI, A. N. *Geografia geral*. Corupá, 2002. Disponível em: <<http://www.geografiageral.hpg.ig.com.br/rio%20de%20janeiro.htm>>. Acesso em: 07 set. 2004.

BEVEN, K. J., KIRKBY, M. J. A physically based variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrological Sciences Bulletin*, Oxford, v. 24, no. 1, p. 43-69, 1979.

BRAILE, P. M. *Despejos industriais*. Rio de Janeiro: Freitas Bastos S.A., 1971.

BRAS, R. L. *Hydrology: an introduction to hydrologic science*. Reading: Addison-Wesley, 1990.

BRASIL. Agência Nacional de Petróleo. Portaria ANP nº116, 5 jul. 2000. Regulamenta o exercício da atividade de revenda varejista de combustível automotivo. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/petro/legis_abastecimento.asp>. Acesso em: 18 set. 2004.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor. Resolução CONAMA n. 20. Brasília, DF, 1986. *Diário Oficial da União*, 30 jul. 1986.

_____. Prevenção e controle de poluição em postos de combustíveis e serviços. Resolução CONAMA n. 273. Brasília, DF, 2000. *Diário Oficial da União*, 08 jan. 2001.

_____. Recolhimento e destinação adequada do óleo lubrificante usado ou contaminado. Resolução CONAMA n. 09. Brasília, DF, 1993. *Diário Oficial da União*, 01 out. 1993.

CARSON, M. A.; KIRKBY, M. J. *Hillslope, form and process*. Cambridge: Cambridge University Press, 1975.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. Óleo lubrificante usado: mercado para o rerrefino. Ficha técnica. São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/fichas_tecnicas_oleo.php>. Acesso em: 10 jan. 2005.

CENTRO DE PESQUISAS E PLANEJAMENTO AMBIENTAL. *Projeto de licença ambiental*. Maringá, 2003.

_____. *Relatório de passivo ambiental*. Maringá, 2004.

CHORLEY, R. J.; SCHUMM, S. A.; SUGDEN, D. E. *Geomorphology*. New York: Methuen & Co., 1985.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blucher, 1974.

_____. *Geomorfologia Fluvial*. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.

CONTAMINAÇÃO de águas subterrâneas, 2002. Disponível em: <http://www.be310aguasubterranea.hpg.ig.com.br/ciencia_e_educacao/8/index_int_3.html>. Acesso em: 13 abr. 2002.

COSTA, F. P. da; GRINFELD, M.; WATTIS, J. A. D. A hierarchical cluster system based on Horton-Strahler rules for river networks. *Studies in Applied Mathematics*, Cambridge, v. 109, no. 3, p. 163-204, out. 2002.

COSTA-CABRAL, M. C.; BURGESS, S. J. Sensitivity of channel network planform laws and the question of topologic randomness. *Water Resources Research*, Washington, DC, v. 33, no. 9, p. 2179-2197, set. 1997.

CUNHA, S. B. da. Geomorfologia fluvial. In: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. (Org.). *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. Cap. 5. p. 157-189.

CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Org.). *Geomorfologia e meio ambiente*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. Cap. 7. p. 337-379.

CURTY, M. G.; CRUZ, A. da C.; MENDES, M. T. R. *Apresentações de trabalhos acadêmicos, dissertações e teses*: NBR 14724/2002. Maringá: Dental Press, 2002.

DODDS, P. S.; ROTHMAN, D. H. Unified view of scaling laws for river networks. *Physical Review E*, New York, v. 59, no. 5, p. 4865-4877, maio 1999.

ECOTIAGEM. *Equipamento separa água de óleos e graxas*, 2002. Disponível em: <http://www.ecotiagem.com.br/fiquepordentro/def_fiquepordentro.asp?codigo=1538>. Acesso em: 13 abr. 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília, DF: Serviço de Produção, 1999.

ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA PRINCIPAL DE MARINGÁ. Série de dados de temperatura média e precipitação. Período de Jan/1980 a Dez/1999.

FERREIRA, E. F. T. et al. I-056 - Ampliação da estação de tratamento de despejos industriais (Etdi) da refinaria Alberto Pasqualini (Refap) da Petrobrás. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27. , 2000, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000.

FONSECA, F. O. et al. *Licenciamento, recursos naturais e atividade poluidoras*. Brasília, DF, [200-]. Disponível em: <<http://www.semarh.df.gov.br/site/cap10/05.htm>>. Acesso em: 18 de set. 2004.

FUNDAÇÃO IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia. *Carta do Brasil*: Mandaguacu - PR, 1972. Escala 1:50.000.

_____. *Carta do Brasil*: Maringá-PR, 1972. Escala 1:50.000.

GARCEZ, L. N. *Hidrologia*. São Paulo: Edgard Blucher, 1974.

GOMIDE, R. *Operações unitárias*. São Paulo: Edição do autor, 1980. v.3. Separações mecânicas.

GREGORY, K. J.; WALLING, D. E. *Drainage basin form and process: a geomorphological approach*. London: Edward Arnold, 1985.

HACK, J. T. Studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland, U.S. *Geological Survey Professional Paper*, Washington, DC, no. 294-B, 1957.

HOLMES, G.; THEODORE, L.; SINGH, B. *HandBook of environmental management and technology*. New York: John Wiley, 1993.

HORTON, R. E. Drainage basin characteristics. *Transactions of the American Geophysical Union*, Washington, DC, v. 13, p. 350-361, 1932.

_____. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, New York, v. 56, no. 3, p. 275-370, 1945.

_____. Sheet erosion: present and past. *Transactions of the American Geophysical Union*, Washington, DC, v. 22, p. 299-305, 1941.

IJJASZ-VASQUEZ, E.; BRAS, R. L.; RODRIGUEZ-ITURBE, I. Hack's relation and optimal channel networks: The elongation of river basins as a consequence of energy minimization, *Geophysical Research Letters*, Washington, DC, v. 20, no. 15, p. 1583-1586, 1993.

IMAGEO ENGENHARIA AMBIENTAL. Informações e projetos referentes à regularização ambiental de comércio varejista de combustíveis. *Licença de operação*. Maringá, set. 2004.

IVDIALOGO: IV Diálogo Interamericano de Gerenciamento de Águas. 2002a. *Poluição de águas subterrâneas: uma preocupação atual*. Disponível em: <<http://www.ivdialogo.com/.%5Ctrabalhos%5Cdial049.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2002.

_____. 2002b. *Poluição por águas pluviais*. Disponível em: <<http://www.ivdialogo.com/.%5Ctrabalhos%5Cdial233.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2002.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. *Tratamento de esgotos domésticos*. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

KIRCHENER, J.W. Statistical inevitability of Horton's laws and the apparent randomness of stream channel networks. *Geology*, v. 21, p. 591-594, 1993.

LANGBEIN, W.B. Topographic characteristics of drainage basins. *Geological Survey Water Supply Paper*, Washington, DC. no. 986C, p. 125-157, 1947.

LEGISLAÇÃO severa é mais um desafio para o revendedor. *Revista Combustíveis*. [S.l.], 2002. Disponível em: <http://www.revistacombustiveis.com.br/meioambiente_edicao02.htm>. Acesso em: 18 set. 2004.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G.; MILLER, J. P. *Fluvial processes in geomorphology*. San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1964.

LINSLEY, R. K. Jr.; FRANZINI, S. B. *Engenharia de recursos hídricos*. Tradução e adaptação de Luiz Américo Pastorino. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978.

LINSLEY, R. K. Jr.; KOHLER, M.A.; PAULHUS, J.L.H. *Applied hydrology*. New York: McGraw-Hill, 1949. (McGraw-Hill Civil Engineering Series).

_____. *Hydrology for engineers*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1975. (McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering).

LOPES, M. Cerca de três milhões de habitantes têm sede. *Folha do Meio Ambiente*. Brasília, DF, abr. 2002a. Disponível em: <<http://www.folhadomeioambiente.com.br/fma-94/agua.htm>>. Acesso em: 13 abr. 2002.

_____. Posto de gasolina: instalação só com a autorização da ANP. *Folha do Meio Ambiente*. Brasília, DF, abr. 2002b. Disponível em: <<http://www.folhadomeioambiente.com.br/fma-105/combustiveis105.htm>>. Acesso em: 13 abr. 2002.

LUND, H. F. *Industrial pollution control handbook*. New York: Factory Magazine. McGraw-Hill, 1971.

McNAMARA, J. P.; KANE, D. L.; HINZMAN, L. D. An analysis of an arctic channel network using a digital elevation model. *Geomorphology*, Amsterdam, v. 29, p. 339-353, 1999.

MELTON, M.A. An analysis of the relations among elements of climate, surface properties, and geomorphology. New York, *Technical Report*, Project NR 389-042, no. 11, 1957. Columbia University, Department of Geology, ONR, Geography Branch.

_____. Geometric properties of mature drainage systems and their representation in a E4 phase space. *Journal of Geology*, Chicago, v. 66, p. 35-54, 1958.

MINAS GERAIS. Superintendência de Água e Esgotos de Ituiutaba. *A importância das caixas separadoras de água e óleo e retenção de areia dos postos de combustíveis, oficinas e lava-Jatos*. Ituiutaba, 2004. Disponível em:

<<http://www.saeituiutaba.com.br/?contexto=04040302>>. Acesso em: 18 set. 2004.

MUELLER, J. E. Re-evaluation of the relationship of master streams and drainage basins: Reply. *Geological Society of America Bulletin*, New York, v. 84, p. 3127-3130, 1973.

MÜLLER, V.C. A quantitative geomorphology study of drainage basin characteristic in the Clinch Mountain Area, Virginia and Tennessee. *Technical Report*, New York, Project NR 389-042, no. 3, 1953. Columbia University, Department of Geology, ONR, Geography Branch.

NACIONAL EQUIPAMENTOS. *Válvula de retenção de vapores*, Porto Alegre, 2004. Disponível em <<http://www.nacionalequipamentos.com.br/brasil.php>>. Acesso em: 19 set. 2004.

NANNI, M. R. *Caracterização física do município de Maringá*. Maringá: Edição do autor, 1998. Mapas.

OLIVEIRA, J. B. de. O novo sistema brasileiro de classificação de solos. *O agrônomo*, Campinas, v. 53, n. 1, p. 8-10, 2001.

PANIZZI, A. E. A.; PIRES, P. de T. de L. *Licenciamento de postos e/ou sistemas retalhistas de combustíveis*. Curitiba: Mainardes Comunicação, 2004.

PARANÁ. Instituto Ambiental do Paraná. *Licenciamento Ambiental*. Curitiba, 2004. Disponível em: <http://www.pr.gov.br/meioambiente/iap/ctr_lic_requer.shtml>. Acesso em: 19 set. 2004.

PERNAMBUCO. Companhia Pernambucana do Meio Ambiente. *CPRH fará monitoramento ecotoxicológico dos recursos hídricos*. Recife, 2002. Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/sec-imprensa/secund-imprensa-arquivo-abri00.html>>. Acesso em: 13 abr. 2002.

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 28, n. 2, p.297-305, mar./abr. 2004.

PORTO, R. L. Escoamento superficial direto. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L.; BARROS, M. T. de. (Org.). *Drenagem urbana*. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995. Cap. 4, p. 107-165. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.5).

PORTO, R. L. et al. Drenagem urbana. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2.ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 1997. Cap. 21, p. 805-847. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4).

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARINGÁ. Lei complementar n. 331/99 e anexos. *Uso e ocupação do solo do município de Maringá*. Dez. 1999.

_____. *Mapa urbano do município de Maringá*. Maringá, 1996. Mapa no Spring.

RAMALHO, J. B. V. da S. Ensaio para avaliação dos principais parâmetros necessários ao dimensionamento de separadores gravitacionais trifásicos. *Boletim técnico da Petrobrás*, Rio de Janeiro, v. 43, n. 1, p. 28-33, jan./mar. 2000.

RIGON, R. et al. On Hack's law. *Water Resources Research*, Washington, DC, v. 32, no. 11, p. 3367-3374, nov. 1996.

RIO DE JANEIRO. Departamento de Recursos Minerais. *Estudos para gerenciamento e proteção dos recursos hídricos subterrâneos da região oceânica de Niterói*. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <<http://www.drm.rj.gov.br/agua/ger-prot.htm>>. Acesso em: 13 abr. 2002.

RIO GRANDE DO SUL. Fepam: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler. *Critérios gerais que estão sendo adotados para a regularização do licenciamento do comércio varejista de combustível e serviços (postos existentes)*. Porto Alegre, 2002. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/cvc/regulari.htm>>. Acesso em: 13 abr. 2002.

ROCHE, R. Sistema de Gestão Ambiental. *Revista Sindiposto*. Goiânia, jul./ago. 2003. Apresenta a legislação aplicável aos postos revendedores e equipamentos exigidos pela legislação em vigor. Disponível em: <http://www.sindiposto-go.com.br/revista_sindiposto.htm#revista29007>. Acesso em: 18 set. 2004.

ROE, G. H.; MONTGOMERY, D. R.; HALLET, B. Effects of orographic precipitation variations on the concavity of steady-state river profiles. *Geology*, v. 30, n. 2, p. 143-146, fev. 2002.

SÃO PAULO (Estado). Fapesp: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. *Inovação Tecnológica de Reciclagem de Frascos Plásticos de Postos de Gasolina*. São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://watson.fapesp.br/PIPEM/Pipe3/engsan1.htm>>. Acesso em: 07 set. 2004.

_____. Secretaria do Meio Ambiente. *Cadastro de Postos de Combustíveis*. São Paulo, 2001. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Informes/postos_apresentacao_novo.htm>. Acesso em: 13 abr. 2002.

SCHEIDEGGER, A.E. *Systematic Geomorphology*. Vienna: Springer-Verlag, 1987.

SCHORGHOFER, N.; ROTHMAN, D. H. Acausal relations between topographic slope and drainage area. *Geophysical Research Letters*, Washington, DC v. 29, no. 13, p. 1-5, jul. 2002.

SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of America Bulletin*, New York, v. 67, p. 597-646, 1956.

_____. The relation of drainage basin relief to sediment loss. *International Association of Hydrological Sciences Publications*, v.1, no. 36, p. 216-219, 1954.

SHREVE, R.L. Statistical law of stream numbers. *Journal of Geology*, Chicago, v. 74, n. 1, p. 17-37, 1966.

SILVEIRA, A. L. L. da. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2.ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 1997. Cap.2, p.35-51. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4).

SILVEIRA, L. M. *Análise rítmica dos tipos de tempo no Norte do Paraná, aplicada ao clima local de Maringá – PR*. 2003. 2v., 505 f. Tese (Doutorado Em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SMITH, K.G. Erosional processes and landforms in Badlands National Monument, South Dakota, *Geological Society of America Bulletin*, New York, v. 69, p. 975-1008, 1958.

SOUZA PINTO, N. L. et al. *Hidrologia básica*. São Paulo: Edgard Blucher, 1976.

STRAHLER, A. N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: CHOW, V. T (Ed.). *Handbook of Applied Hidrology*. New York: McGraw-Hill, 1964. p. 4.39-4.76.

TARBOTON, D. G. Fractal river networks, Horton's laws and Tokunaga cyclicity. *Journal of Hydrology*, Amsterdam, v. 187, p. 105-117, 1996.

TAYLOR, A.B.; SCHWARTZ, H.E. Unit-hydrograph lag and peak flow related to basin characteristics. *Transactions of the American Geophysical Union*, Washington, DC, v. 33, p. 235-246, 1952.

TOKUNAGA, E. Consideration on the composition of drainage networks and their evolution. *Geographical Report*, Tokyo, no. 13, 1978. Tokyo Metropolitan University.

TUCCI, C. E. M. Escoamento superficial. In: ____ (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2.ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 1997. Cap.11, p.391-441. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4).

UNILIVRE: Universidade Livre do Meio Ambiente. *Como os usuários de óleos e graxas poluem as águas*, 2002. Disponível em: <<http://www.unilivre.org.br/centro/experiencias/experiencias/330.html>>. Acesso em: 13 abr. 2002.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. *Normalização Documentária: citações em documentos*. Rio Claro, [2003?]. Apresentações em PowerPoint.

_____. *Normalização Documentária: referências*. Rio Claro, [2003?]. Apresentações em PowerPoint.

_____. *Normalização Documentária: trabalhos acadêmicos*. Rio Claro, [2003?]. Apresentações em PowerPoint.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.

WISLER, C. O.; BRATER, E. F. *Hidrologia*. Tradução e publicação de Missão Norte-Americana pela Cooperação Econômica e Técnica no Brasil. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A., 1964.

WOODCOCK, R. G. *Weather and climate*. Estover: MacDonald & Evans, 1976.

ZAMUNER, L.D. *Erosão urbana em Maringá-Pr: o caso do Parque Florestal dos Pioneiros – Bosque II*. 2001. 212 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação – Mestrado em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2001.

ZEPPINI: Caixa separadora de água e óleo ZP-2000. São Bernardo do Campo, 2004. Disponível em: <<http://www.zeppini.com.br>>. Acesso em: 19 set. 2004.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Declividade das bacias hidrográficas

APÊNDICE B - Declividade média das vertentes

APÊNDICE C - Curva hipsométrica

APÊNDICE D - Perfis longitudinais

APÊNDICE E - Retângulos equivalentes

APÊNDICE A

Tabela 52. Distribuição de declividade da bacia do ribeirão Maringá

Declividade (%)		Número de ocorrências	% do total	% acumulada	Decl. média interv. (%)
0,00	2,83	1463	16,18	100	1,01
2,83	5,66	3197	35,36	83,82	4,19
5,66	8,48	2289	25,32	48,46	7,01
8,48	11,31	1305	14,43	23,14	9,70
11,31	14,14	492	5,44	8,70	12,48
14,14	16,97	169	1,87	3,26	15,38
16,97	19,79	68	0,75	1,39	18,04
19,79	22,62	30	0,33	0,64	21,11
22,62	25,45	13	0,14	0,31	23,66
25,45	28,28	8	0,09	0,17	26,63
28,28	31,10	5	0,06	0,08	30,16
31,10	33,93	1	0,01	0,02	31,88
33,93	36,76	0	0,00	0,01	35,35
36,76	39,59	1	0,01	0,01	39,59
Total		9041	100,00		
Declividade Média					6,07

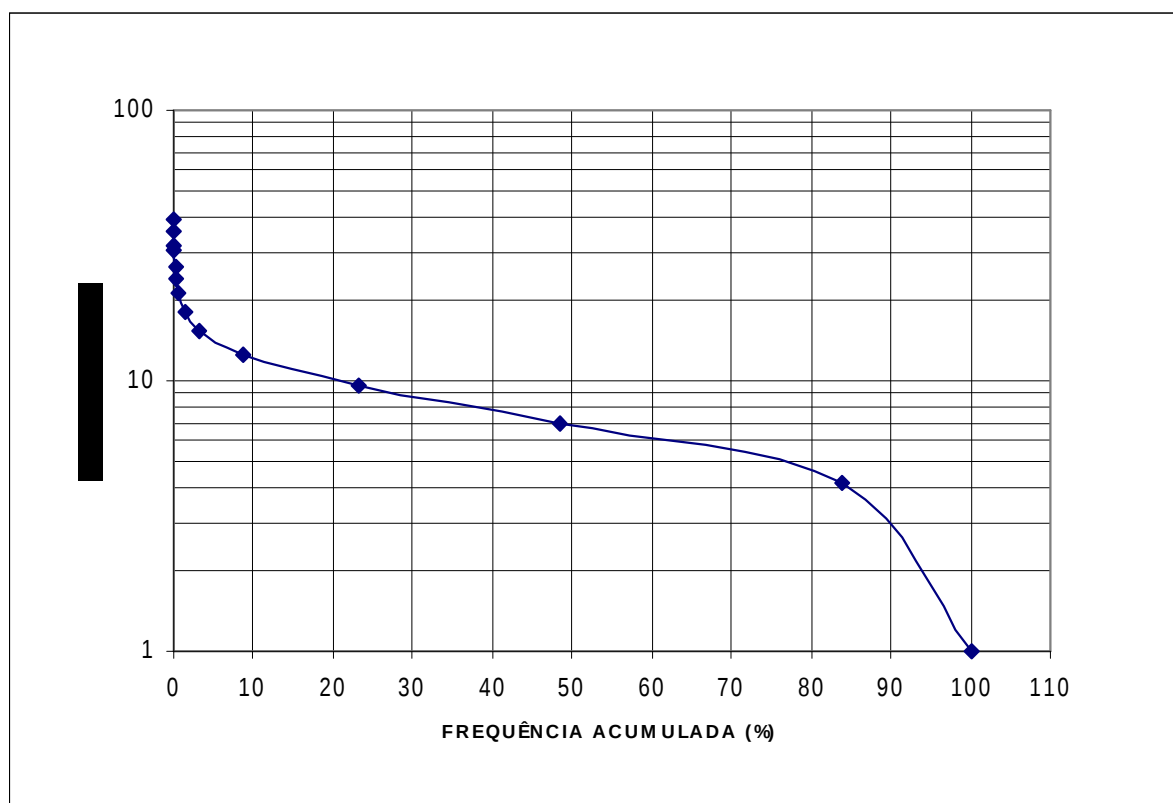


Figura 76. Curva de distribuição de declividade da bacia do ribeirão Maringá

Tabela 53. Distribuição de declividade da bacia do ribeirão Morangueira

Declividade (%)		Número de ocorrências	% do total	% acumulada	Decl. média interv. (%)
0,00	4,03	1005	24,25	100	1,79
4,03	8,06	1577	38,06	75,75	6,03
8,06	12,09	961	23,19	37,69	9,73
12,09	16,12	375	9,05	14,50	13,73
16,12	20,15	103	2,49	5,45	17,77
20,15	24,18	56	1,35	2,97	21,80
24,18	28,21	28	0,68	1,62	26,57
28,21	32,24	18	0,43	0,94	30,50
32,24	36,27	7	0,17	0,51	34,70
36,27	40,30	10	0,24	0,34	38,32
40,30	44,33	2	0,05	0,10	42,30
44,33	48,36	0	0,00	0,05	46,34
48,36	52,39	2	0,05	0,05	52,28
Total		4144	100,00		
Declividade Média					7,47

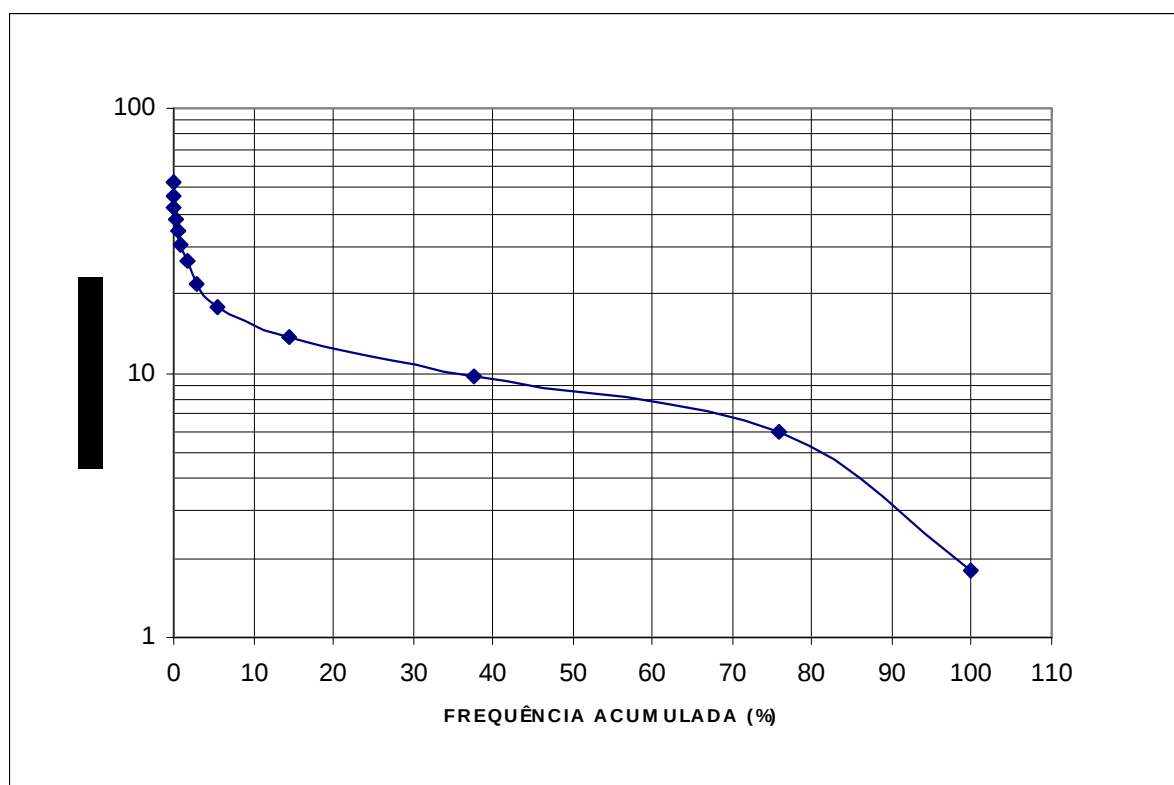


Figura 77. Curva de distribuição de declividade da bacia do ribeirão Morangueira

Tabela 54. Distribuição de declividade da bacia do córrego Moscado

Declividade (%)		Número de ocorrências	% do total	% acumulada	Decl. média interv. (%)
0,00	2,77	617	22,69	100	1,15
2,77	5,53	861	31,67	77,31	4,12
5,53	8,30	576	21,18	45,64	6,80
8,30	11,06	373	13,72	24,46	9,50
11,06	13,83	158	5,81	10,74	12,22
13,83	16,59	84	3,09	4,93	15,01
16,59	19,36	32	1,18	1,84	17,85
19,36	22,12	8	0,29	0,66	20,73
22,12	24,89	3	0,11	0,37	23,93
24,89	27,66	2	0,07	0,26	25,88
27,66	30,42	3	0,11	0,18	29,23
30,42	33,19	2	0,07	0,07	31,82
Total		2719	100,00		
Declividade Média					5,86

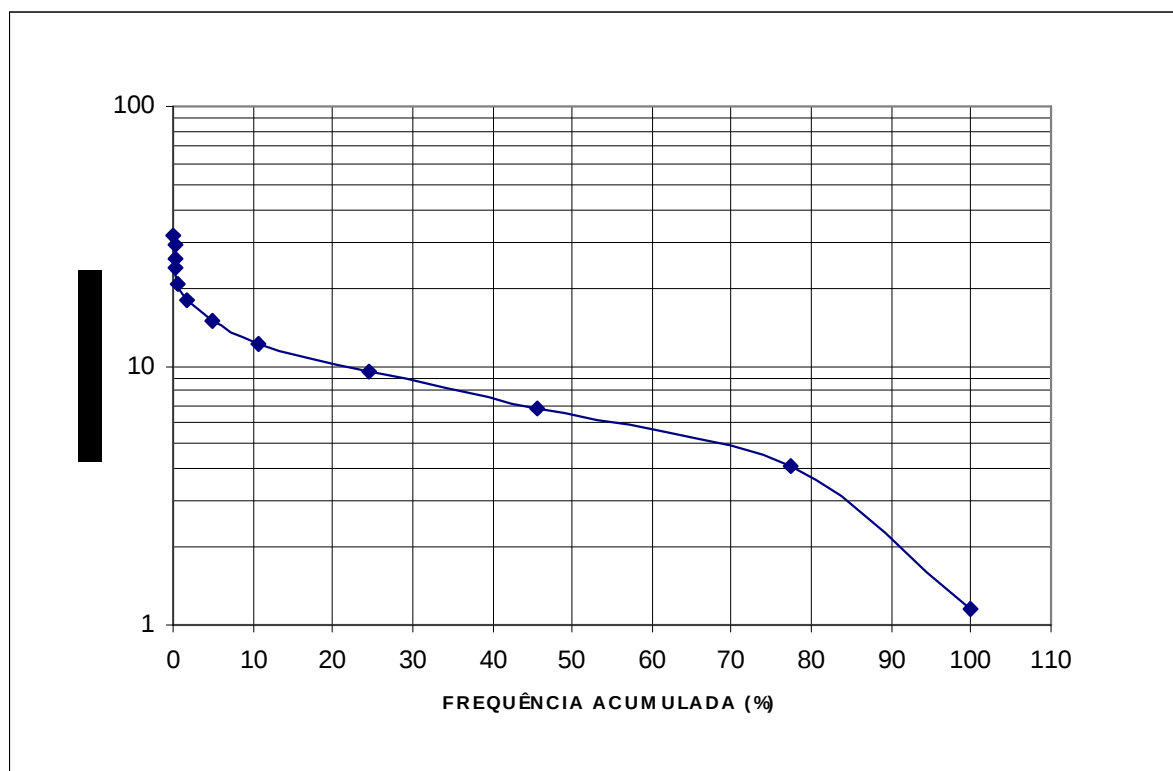


Figura 78. Curva de distribuição de declividade da bacia do córrego Moscado

Tabela 55. Distribuição de declividade da bacia do ribeirão Borba Gato

Declividade (%)		Número de ocorrências	% do total	% acumulada	Decl. média interv. (%)
0,00	3,03	295	13,01	100,00	0,96
3,03	6,06	595	26,23	86,99	4,66
6,06	9,09	608	26,81	60,76	7,59
9,09	12,11	427	18,83	33,95	10,47
12,11	15,14	198	8,73	15,12	13,39
15,14	18,17	91	4,01	6,39	16,40
18,17	21,20	32	1,41	2,38	19,53
21,20	24,23	11	0,49	0,97	22,13
24,23	27,26	6	0,26	0,49	25,62
27,26	30,29	1	0,04	0,22	28,85
30,29	33,32	2	0,09	0,18	32,11
33,32	36,34	2	0,09	0,09	35,03
Total		2268	100,00		
Declividade Média					7,70

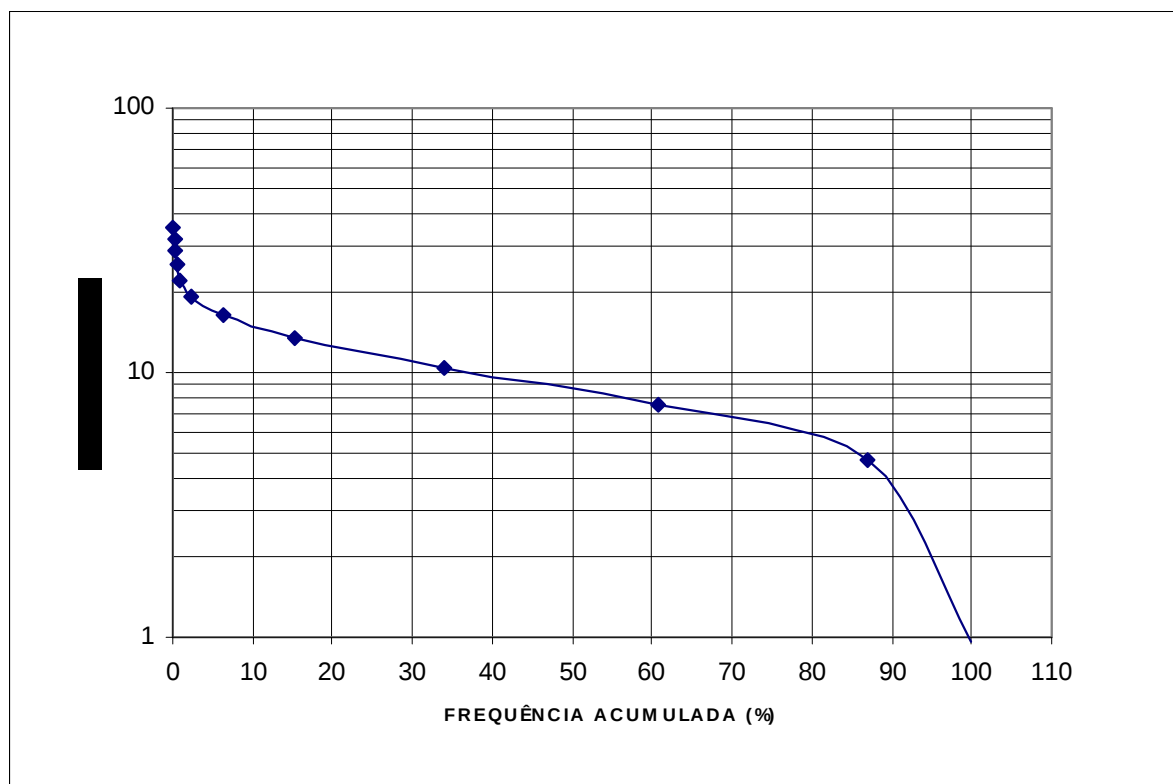


Figura 79. Curva de distribuição de declividade da bacia do córrego Borba Gato

Tabela 56. Distribuição de declividade da bacia do ribeirão Água Suja

Declividade (%)		Número de ocorrências	% do total	% acumulada	Decl. média interv. (%)
0,00	3,11	595	16,71	100	1,40
3,11	6,23	1360	38,19	83,29	4,76
6,23	9,34	930	26,12	45,10	7,63
9,34	12,45	416	11,68	18,98	10,65
12,45	15,57	149	4,18	7,30	13,75
15,57	18,68	54	1,52	3,12	16,68
18,68	21,79	31	0,87	1,60	19,91
21,79	24,90	14	0,39	0,73	22,87
24,90	28,02	6	0,17	0,34	26,50
28,02	31,13	3	0,08	0,17	30,09
31,13	34,24	1	0,03	0,08	32,21
34,24	37,36	1	0,03	0,06	34,44
37,36	40,47	1	0,03	0,03	40,47
Total		3561	100,00		
Declividade Média					6,48

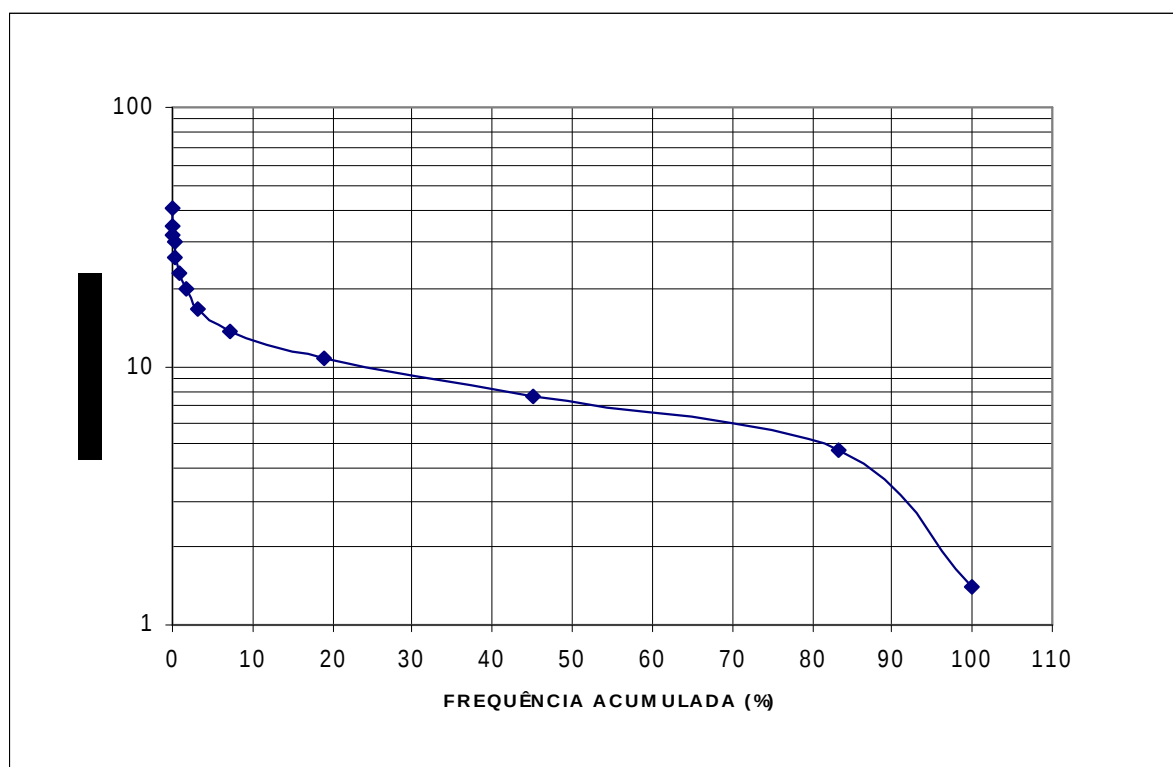


Figura 80. Curva de distribuição de declividade da bacia do ribeirão da Água Suja

APÊNDICE B

Tabela 57. Declividade média das vertentes para a bacia do ribeirão Maringá

Cotas (m)	A (Km²)	w_i (Km)	ΔI (Km)	(ΔI_i/w_i) x a_i
599-580	0,214	0,459	0,019	0,00884
580-560	1,635	0,388	0,020	0,08429
560-540	4,793	0,624	0,020	0,15363
540-520	5,007	0,332	0,020	0,30162
520-500	7,944	0,495	0,020	0,32098
500-480	12,664	0,427	0,020	0,59317
480-460	14,936	0,382	0,020	0,78199
460-440	14,664	0,356	0,020	0,82382
440-420	11,648	0,390	0,020	0,59732
420-400	8,033	0,425	0,020	0,37801
400-380	4,471	0,516	0,020	0,17327
380-362	2,724	1,927	0,006	0,00848
Total	88,732			4,22541
			S =	0,00397

Tabela 58. Declividade média das vertentes para a bacia do ribeirão Morangueira

Cotas (m)	A (Km²)	w_i (Km)	ΔI (Km)	(ΔI_i/w_i) x a_i
592-580	0,181	0,463	0,012	0,00469
580-560	2,567	0,525	0,020	0,09778
560-540	5,846	0,596	0,020	0,19617
540-520	5,895	0,367	0,020	0,32127
520-500	6,749	0,358	0,020	0,37703
500-480	6,499	0,248	0,020	0,52412
480-460	5,095	0,268	0,020	0,38024
460-440	3,732	0,271	0,020	0,27542
440-420	2,540	0,327	0,020	0,15537
420-400	1,290	0,389	0,020	0,06630
400-381	0,296	0,495	0,014	0,00838
Total	40,690			2,40676
			S =	0,00538

Tabela 59. Declividade média das vertentes para a bacia do córrego Moscado

Cotas (m)	A (Km²)	w_i (Km)	ΔI (Km)	(ΔI_i/w_i) x a_i
599-580	0,339	0,529	0,019	0,01219
580-560	1,744	0,687	0,020	0,05077
560-540	8,250	0,951	0,020	0,17350
540-520	6,489	0,394	0,020	0,32937
520-500	4,444	0,323	0,020	0,27517
500-480	2,830	0,264	0,020	0,21443
480-460	1,738	0,380	0,020	0,09150
460-440	0,882	0,536	0,020	0,03291
440-424	0,146	0,349	0,016	0,00671
Total	26,863			1,18656
			S =	0,00491

Tabela 60. Declividade média das vertentes para a bacia do ribeirão Borba Gato

Cotas (m)	A (Km²)	w_i (Km)	ΔI (Km)	(ΔI_i/w_i) x a_i
599-580	0,330	0,626	0,019	0,01001
580-560	1,906	0,621	0,020	0,06138
560-540	2,897	0,418	0,020	0,13860
540-520	4,543	0,453	0,020	0,20058
520-500	3,347	0,298	0,020	0,22463
500-480	2,932	0,286	0,020	0,20505
480-460	2,593	0,263	0,020	0,19717
460-440	1,684	0,250	0,020	0,13469
440-420	0,977	0,198	0,020	0,09865
420-400	0,578	0,356	0,020	0,03248
400-398	0,094	0,244	0,002	0,00077
	21,880			1,30401
			S =	0,00542

Tabela 61. Declividade média das vertentes para a bacia do ribeirão Água Suja

Cotas (m)	A (Km²)	w_i (Km)	ΔI (Km)	(ΔI_i/w_i) x a_i
594-580	0,129	0,591	0,014	0,00305
580-560	3,921	0,616	0,020	0,12730
560-540	6,001	0,376	0,020	0,31923
540-520	6,616	0,426	0,020	0,31061
520-500	7,250	0,385	0,020	0,37662
500-480	5,037	0,300	0,020	0,33579
480-460	3,312	0,355	0,020	0,18662
460-440	1,712	0,482	0,020	0,07105
440-420	0,738	1,054	0,016	0,01120
	34,717			1,74147
			S =	0,00557

APÊNDICE C

Tabela 62. Elementos para obtenção da curva hipsométrica da bacia do ribeirão Maringá

1	2	3	4	5	6	7	8
Cotas (m)	P. Médio (m)	Cotas (%)	Área (Km ²)	Área Ac. (km ²)	%	% Ac.	C.2 x C.4
599-580	589,5	100,0-92,0	0,214	0,214	0,24	0,24	125,8
580-560	570	92,0-83,5	1,635	1,849	1,84	2,08	932,1
560-540	550	83,5-75,1	4,793	6,642	5,40	7,49	2636,2
540-520	530	75,1-66,7	5,007	11,649	5,64	13,13	2653,7
520-500	510	66,7-58,2	7,944	19,593	8,95	22,08	4051,5
500-480	490	58,2-49,8	12,664	32,257	14,27	36,35	6205,5
480-460	470	49,8-41,4	14,936	47,193	16,83	53,19	7019,9
460-440	450	41,4-32,9	14,664	61,857	16,53	69,71	6598,8
440-420	430	32,9-24,5	11,648	73,505	13,13	82,84	5008,5
420-400	410	24,5-16,0	8,033	81,538	9,05	91,89	3293,4
400-380	390	16,0-7,6	4,471	86,008	5,04	96,93	1743,5
380-362	371	7,6-0,0	2,724	88,732	3,07	100,00	1010,5
Total			88,732		100,00		41279,4

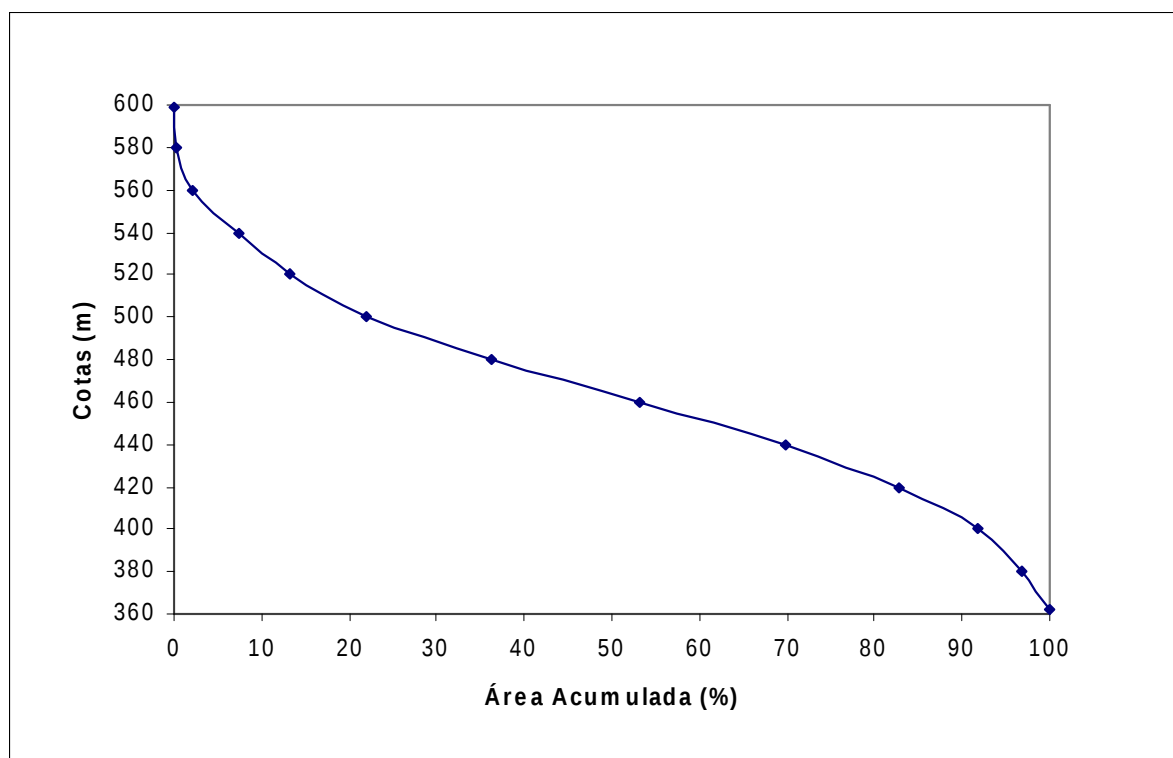


Figura 81. Curva hipsométrica para a bacia do ribeirão Maringá

Tabela 63. Elementos para obtenção da curva hipsométrica da bacia do ribeirão Morangueira

1	2	3	4	5	6	7	8
Cotas (m)	P. Médio (m)	Cotas (%)	Área (Km ²)	Área Ac. (km ²)	%	% Ac.	C.2 x C.4
592-580	586	100,0 -94,3	0,181	0,181	0,45	0,45	106,1
580-560	570	94,3-84,8	2,567	2,748	6,31	6,75	1463,0
560-540	550	84,8-75,4	5,846	8,594	14,37	21,12	3215,3
540-520	530	75,4-65,9	5,895	14,489	14,49	35,61	3124,5
520-500	510	65,9-56,4	6,749	21,238	16,59	52,19	3441,9
500-480	490	56,4-46,9	6,499	27,737	15,97	68,17	3184,5
480-460	470	46,9-37,4	5,095	32,832	12,52	80,69	2394,7
460-440	450	37,4-28,0	3,732	36,564	9,17	89,86	1679,4
440-420	430	28,0-18,5	2,540	39,104	6,24	96,10	1092,4
420-400	410	18,5-9,0	1,290	40,394	3,17	99,27	528,7
400-381	390,5	9,0-0,0	0,296	40,690	0,73	100,00	115,7
			40,690		100,00		20346,1

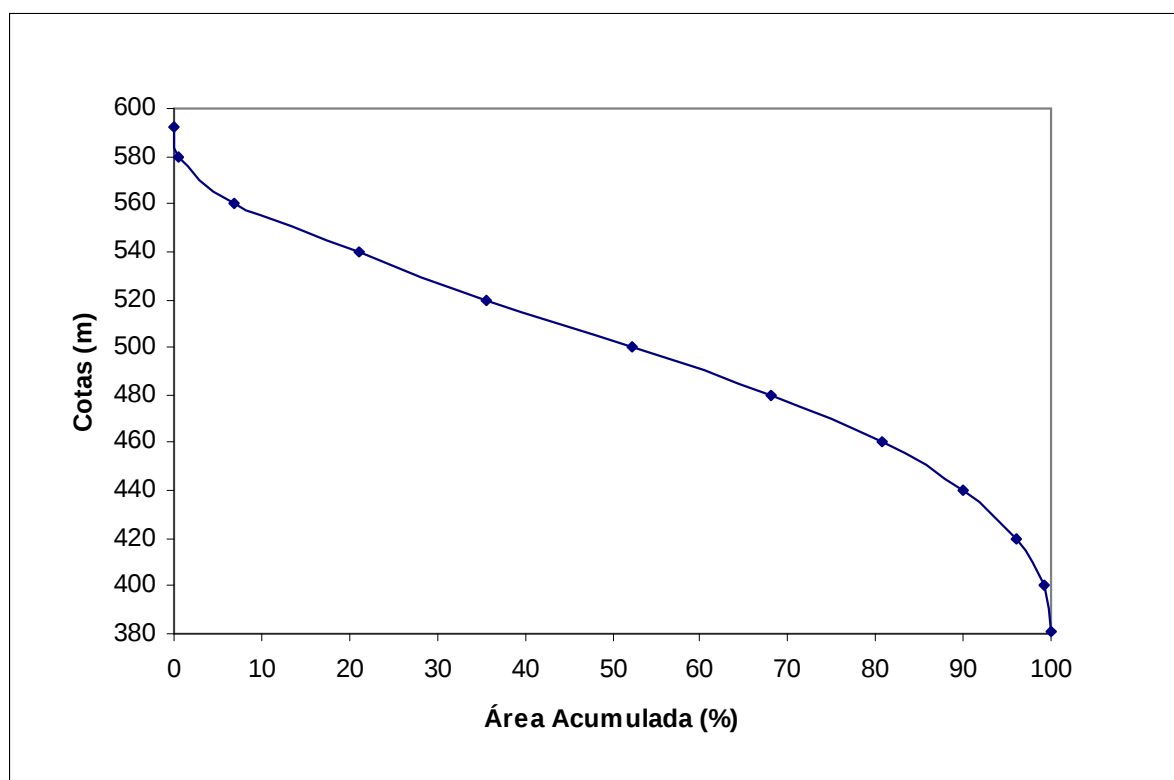
**Figura 82. Curva hipsométrica para a bacia do ribeirão Morangueira**

Tabela 64. Elementos para obtenção da curva hipsométrica da bacia do córrego Moscado

1	2	3	4	5	6	7	8
Cotas (m)	P. Médio (m)	Cotas (%)	Área (Km ²)	Área Ac. (km ²)	%	% Ac.	C.2 x C.4
599-580	589,5	100,0-89,1	0,339	0,339	1,26	1,26	200,1
580-560	570	89,1-77,7	1,744	2,083	6,49	7,76	994,1
560-540	550	77,7-66,3	8,250	10,333	30,71	38,47	4537,4
540-520	530	66,3-54,9	6,489	16,822	24,15	62,62	3439,0
520-500	510	54,9-43,4	4,444	21,266	16,54	79,16	2266,4
500-480	490	43,4-32,0	2,830	24,096	10,54	89,70	1386,9
480-460	470	32,0-20,6	1,738	25,835	6,47	96,17	817,1
460-440	450	20,6-9,1	0,882	26,717	3,28	99,45	396,9
440-424	432	9,1-0,0	0,146	26,863	0,55	100,00	63,3
Total			26,863		100,00		14101,2

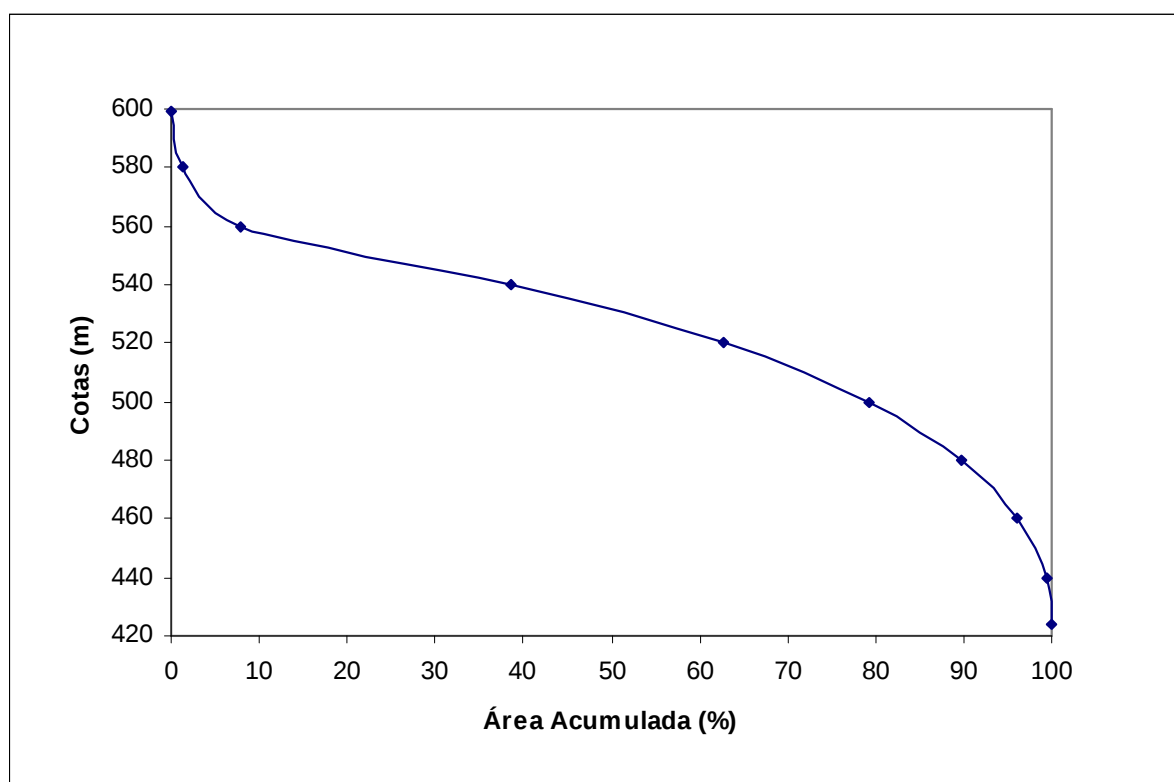
**Figura 83. Curva hipsométrica para a bacia do córrego Moscado**

Tabela 65. Elementos para obtenção da curva hipsométrica da bacia do ribeirão Borba Gato

1	2	3	4	5	6	7	8
Cotas (m)	P. Médio (m)	Cotas (%)	Área (Km ²)	Área Ac. (km ²)	%	% Ac.	C.2 x C.4
599-580	589,5	100,0-90,5	0,330	0,330	1,51	1,51	194,4
580-560	570	90,5-80,6	1,906	2,235	8,71	10,22	1086,3
560-540	550	80,6-70,6	2,897	5,132	13,24	23,46	1593,2
540-520	530	70,6-60,7	4,543	9,675	20,76	44,22	2407,9
520-500	510	60,7-50,7	3,347	13,022	15,30	59,52	1707,0
500-480	490	50,7-40,8	2,932	15,955	13,40	72,92	1436,8
480-460	470	40,8-30,8	2,593	18,547	11,85	84,77	1218,6
460-440	450	30,8-20,9	1,684	20,231	7,69	92,46	757,6
440-420	430	20,9-10,9	0,977	21,208	4,46	96,93	420,0
420-400	410	10,9-1,0	0,578	21,786	2,64	99,57	237,0
400-398	399	1,0-0,0	0,094	21,880	0,43	100,00	37,7
Total			21,880		100,00		11096,4

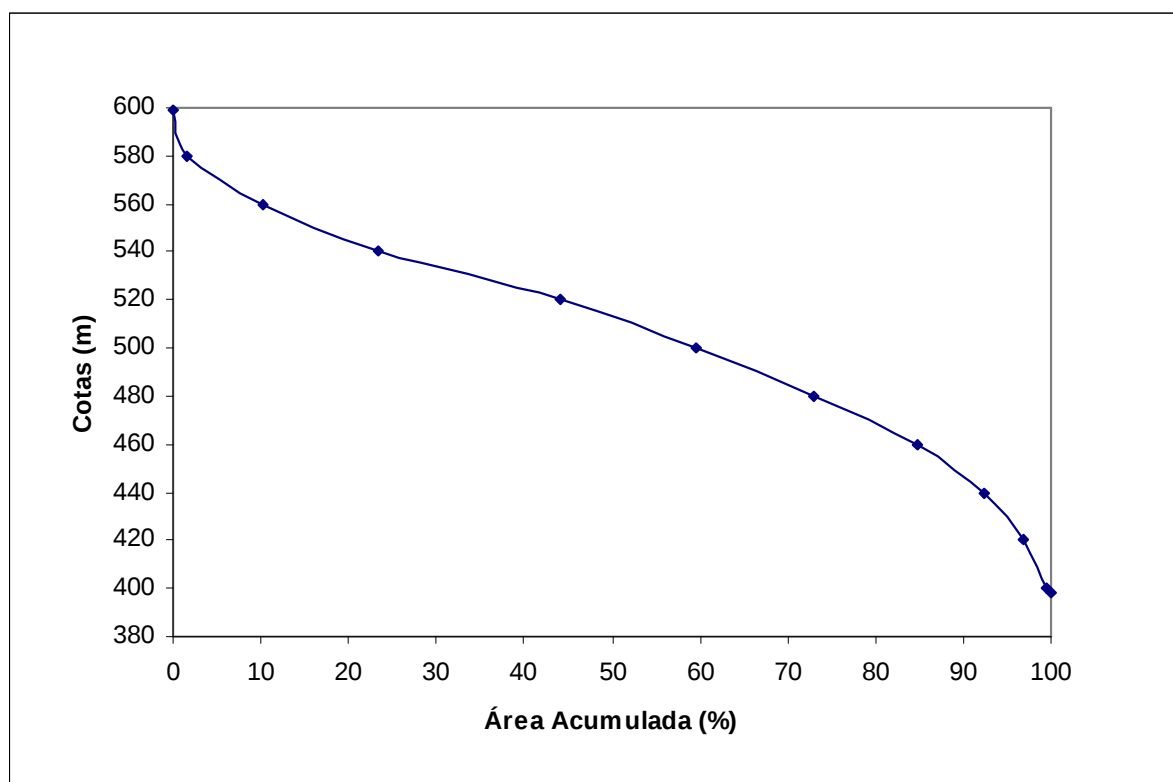
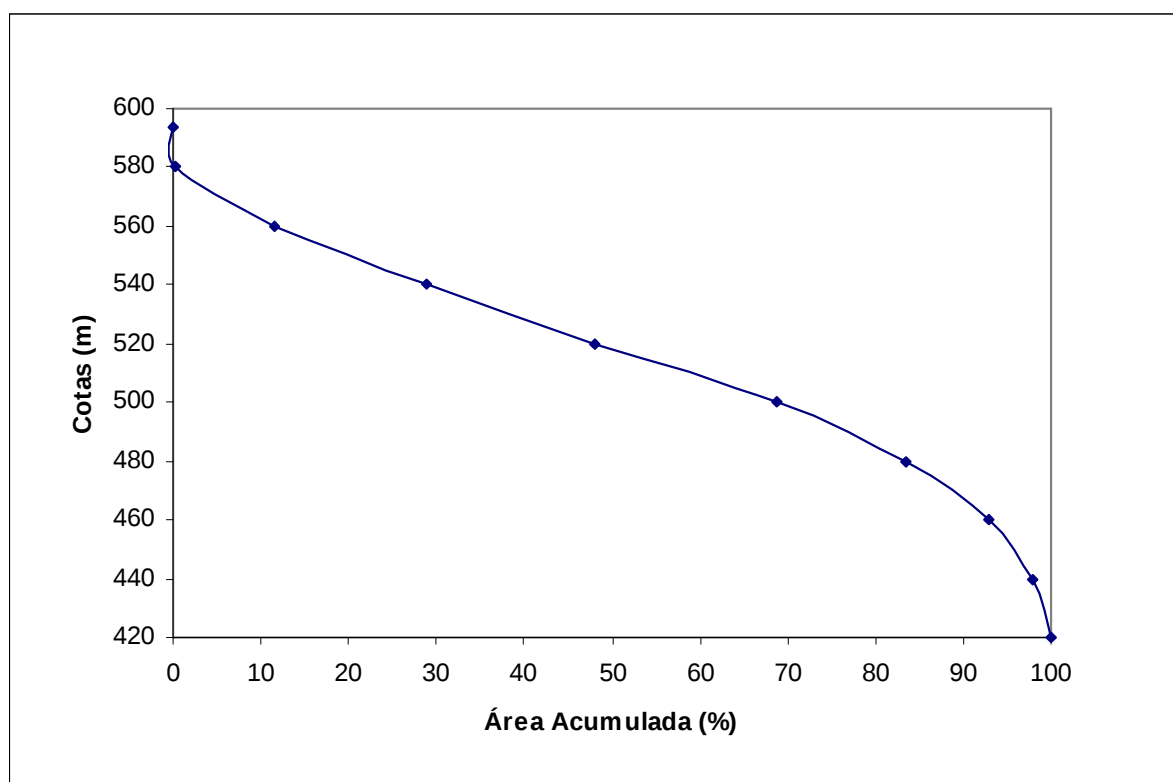
**Figura 84. Curva hipsométrica para a bacia do ribeirão Borba Gato**

Tabela 66. Elementos para obtenção da curva hipsométrica da bacia do ribeirão Água Suja

1	2	3	4	5	6	7	8
Cotas (m)	P. Médio (m)	Cotas (%)	Área (Km ²)	Área Ac. (km ²)	%	% Ac.	C.2 x C.4
594-580	587	100,0-92,0	0,129	0,129	0,37	0,37	75,6
580-560	570	92,0-80,5	3,921	4,050	11,29	11,67	2234,9
560-540	550	80,5-69,0	6,001	10,051	17,29	28,95	3300,8
540-520	530	69,0-57,5	6,616	16,667	19,06	48,01	3506,4
520-500	510	57,5-46,0	7,250	23,917	20,88	68,89	3697,4
500-480	490	46,0-34,5	5,037	28,954	14,51	83,40	2468,0
480-460	470	34,5-23,0	3,312	32,266	9,54	92,94	1556,9
460-440	450	23,0-11,5	1,712	33,979	4,93	97,87	770,5
440-420	430	11,5-0,0	0,738	34,717	2,13	100,00	317,4
Total			34,717		100,00		17928,1

**Figura 85. Curva hipsométrica para a bacia do ribeirão Água Suja**

APÊNDICE D

Tabela 67. Perfil longitudinal e declividade S_3 do ribeirão Maringá

Cota (m)	Distância (Km)	Dist. Ac. (Km)	Decl./segme nto	$S_i (\sqrt{D_i})$	$L_{real} (L_i)$ (km)	L_i/S_i
362	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,000	0,000
380	8,210	8,210	0,0022	0,0468	8,210	175,339
400	3,100	11,310	0,0065	0,0803	3,100	38,595
420	4,250	15,560	0,0047	0,0686	4,250	61,954
440	2,150	17,710	0,0093	0,0964	2,150	22,292
460	2,000	19,710	0,0100	0,1000	2,000	20,000
480	0,800	20,510	0,0250	0,1581	0,800	5,060
500	0,400	20,910	0,0500	0,2236	0,400	1,789
520	0,500	21,410	0,0400	0,2000	0,500	2,500
540	0,230	21,640	0,0870	0,2949	0,230	0,780
558	0,250	21,890	0,0720	0,2683	0,250	0,932
Total	21,890				21,890	329,239

Tabela 68. Perfil longitudinal e declividade S_3 do ribeirão Morangueira

Cota (m)	Distância (Km)	Dist. Ac. (Km)	Decl./segme nto	$S_i (\sqrt{D_i})$	$L_{real} (L_i)$ (km)	L_i/S_i
381	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,000	0,000
400	1,420	1,420	0,0134	0,1157	1,420	12,276
420	2,220	3,640	0,0090	0,0949	2,220	23,389
440	3,020	6,660	0,0066	0,0814	3,020	37,110
460	1,770	8,430	0,0113	0,1063	1,770	16,651
480	1,820	10,250	0,0110	0,1048	1,820	17,362
500	0,760	11,010	0,0263	0,1622	0,760	4,685
517	0,810	11,820	0,0210	0,1449	0,810	5,591
Total	11,82				11,82	117,064

Tabela 69. Perfil longitudinal e declividade S_3 do córrego Moscado

Cota (m)	Distância (Km)	Dist. Ac. (Km)	Decl./segme nto	$S_i (\sqrt{D_i})$	$L_{real} (L_i)$ (km)	L_i/S_i
424	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,000	0,000
440	0,900	0,900	0,0178	0,1333	0,900	6,750
460	2,152	3,052	0,0093	0,0964	2,152	22,323
480	1,400	4,452	0,0143	0,1195	1,400	11,713
500	1,250	5,702	0,0160	0,1265	1,250	9,882
518	1,100	6,802	0,0164	0,1279	1,100	8,599
Total	6,802				6,802	59,267

Tabela 70. Perfil longitudinal e declividade S_3 do ribeirão Borba Gato

Cota (m)	Distância (Km)	Dist. Ac. (Km)	Decl./segme nto	$S_i (\sqrt{D_i})$	$L_{real} (L_i)$ (km)	L_i/S_i
398	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,000	0,000
400	0,750	0,750	0,0027	0,0516	0,750	14,524
420	1,229	1,979	0,0163	0,1276	1,229	9,634
440	1,050	3,029	0,0190	0,1380	1,050	7,608
460	1,263	4,292	0,0158	0,1258	1,263	10,037
480	1,105	5,397	0,0181	0,1345	1,105	8,214
500	0,800	6,197	0,0250	0,1581	0,800	5,060
520	0,600	6,797	0,0333	0,1826	0,600	3,286
540	0,200	6,997	0,1000	0,3162	0,200	0,632
556	0,300	7,297	0,0533	0,2309	0,300	1,299
	7,297				7,297	60,293

Tabela 71. Perfil longitudinal e declividade S_3 do ribeirão Água Suja

Cota (m)	Distância (Km)	Dist. Ac. (Km)	Decl./segme nto	$S_i (\sqrt{D_i})$	$L_{real} (L_i)$ (km)	L_i/S_i
420	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,000	0,000
440	2,777	2,777	0,0072	0,0849	3,452	40,677
460	2,102	4,879	0,0095	0,0975	2,773	28,428
480	1,665	6,544	0,0120	0,1096	0,670	6,113
500	0,797	7,341	0,0251	0,1584	0,850	5,366
520	0,654	7,995	0,0214	0,1463	0,250	1,709
	7,995				7,995	82,292

APÊNDICE E

Tabela 72. Elementos para obtenção do retângulo equivalente da bacia do ribeirão Maringá

Cotas (m)	% Área Acum.	Área Acum. (km²)	Comp. Acum. (km)
599-580	0,24	0,214	0,041
580-560	2,08	1,849	0,352
560-540	7,49	6,642	1,265
540-520	13,13	11,649	2,218
520-500	22,08	19,593	3,731
500-480	36,35	32,257	6,142
480-460	53,19	47,193	8,986
460-440	69,71	61,857	11,779
440-420	82,84	73,505	13,996
420-400	91,89	81,538	15,526
400-380	96,93	86,008	16,377
380-362	100,00	88,732	16,896

Tabela 73. Elementos para obtenção do retângulo equivalente da bacia do ribeirão Morangueira

Cotas (m)	% Área Acum.	Área Acum. (km²)	Comp. Acum. (km)
592-580	0,45	0,181	0,053
580-560	6,75	2,748	0,801
560-540	21,12	8,594	2,506
540-520	35,61	14,489	4,224
520-500	52,19	21,238	6,192
500-480	68,17	27,737	8,087
480-460	80,69	32,832	9,572
460-440	89,86	36,564	10,660
440-420	96,10	39,104	11,401
420-400	99,27	40,394	11,777
400-381	100,00	40,690	11,863

Tabela 74. Elementos para obtenção do retângulo equivalente da bacia do córrego Moscado

Cotas (m)	% Área Acum.	Área Acum. (km²)	Comp. Acum. (km)
599-580	1,26	0,339	0,104
580-560	7,76	2,084	0,636
560-540	38,47	10,333	3,156
540-520	62,62	16,822	5,138
520-500	79,16	21,266	6,495
500-480	89,70	24,096	7,359
480-460	96,17	25,835	7,890
460-440	99,45	26,717	8,159
440-424	100,00	26,863	8,204

Tabela 75. Elementos para obtenção do retângulo equivalente da bacia do ribeirão Borba Gato

Cotas (m)	% Área Acum.	Área Acum. (km²)	Comp. Acum. (km)
599-580	1,51	0,330	0,084
580-560	10,22	2,236	0,567
560-540	23,46	5,132	1,302
540-520	44,22	9,675	2,454
520-500	59,52	13,022	3,302
500-480	72,92	15,955	4,046
480-460	84,77	18,547	4,704
460-440	92,46	20,231	5,131
440-420	96,93	21,208	5,378
420-400	99,57	21,786	5,525
400-398	100,00	21,880	5,549

Tabela 76. Elementos para obtenção do retângulo equivalente da bacia do ribeirão Água Suja

Cotas (m)	% Área Acum.	Área Acum. (km²)	Comp. Acum. (km)
594-580	0,37	0,129	0,033
580-560	11,67	4,050	1,043
560-540	28,95	10,051	2,589
540-520	48,01	16,667	4,293
520-500	68,89	23,917	6,160
500-480	83,40	28,954	7,458
480-460	92,94	32,266	8,311
460-440	97,87	33,979	8,752
440-420	100,00	34,717	8,942

ANEXOS

ANEXO A - Resolução CONAMA Nº 9, de 31 de agosto de 1993

ANEXO B - Resolução CONAMA nº 273, de 29 de novembro de 2000

ANEXO C - Portaria ANP Nº 116, de 5 de julho de 2000

ANEXO D - Lei Complementar N. 331/99 do Município de Maringá-PR

ANEXO E - Laudos de análise físico-químico da UEM

ANEXO A

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 9, de 31 de agosto de 1993

"Estabelece definições e torna obrigatório o recolhimento e destinação adequada de todo o óleo lubrificante usado ou contaminado"

Publicação DOU: 01/10/1993

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições previstas na Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, alterada pelas Leis nº 7.804, de 18 de julho de 1989, e nº 8.028, de 12 de abril de 1990, e regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990, e no Regimento Interno aprovado pela Resolução/conama/nº 025, de 03 de dezembro de 1986,

Considerando que o uso prolongado de um óleo lubrificante resulta na sua deterioração parcial, que se reflete na formação de compostos tais como ácidos orgânicos, compostos aromáticos polinucleares, "potencialmente carcinogênicos", resinas e lacas, ocorrendo também contaminações acidentais ou propositais;

Considerando que a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, em sua NBR-10004, "Resíduos Sólidos - classificação", classifica o óleo lubrificante usado como perigoso por apresentar toxicidade;

Considerando que o descarte de óleos lubrificantes usados ou emulsões oleosas para o solo ou cursos d'água gera graves danos ambientais;

Considerando que a combustão dos óleos lubrificantes usados pode gerar gases residuais nocivos ao meio ambiente;

Considerando a gravidade do ato de se contaminar o óleo lubrificante usado com policlorados (PCB's), de caráter particularmente perigoso;

Considerando que as atividades de gerenciamento de óleos lubrificantes usados devem estar organizadas e controladas de modo a evitar danos à saúde, ao meio ambiente;

Considerando ainda que a reciclagem é instrumento prioritário para a gestão ambiental, resolve:

Art. 1º Para efeito desta Resolução, entende-se por:

I - Óleo lubrificante básico: principal constituinte do óleo lubrificante. De acordo com sua origem, pode ser mineral (derivado de petróleo), ou sintético (derivado de vegetal ou de síntese química);

II - Óleo lubrificante: produto formulado a partir de óleos lubrificantes básicos e aditivos;

III - Óleo lubrificante usado ou contaminado regenerável: óleo lubrificante que, em decorrência do seu uso normal ou por motivo de contaminação, tenha se tornado inadequado à sua finalidade original, podendo, no entanto, ser regenerado através de processos disponíveis no mercado;

IV - Óleo lubrificante usado ou contaminado não regenerável: óleo lubrificante usado ou contaminado, conforme definição do item anterior, não podendo, por motivos técnicos, ser regenerado, através de processos disponíveis no mercado;

V - Reciclagem de óleo lubrificante usado ou contaminado: consiste no seu uso ou regeneração. A reciclagem via uso envolve a utilização do mesmo como substituto de um produto comercial ou utilização como matéria-prima em outro processo industrial. A reciclagem via regeneração envolve o processamento de frações utilizáveis e valiosas contidas no óleo lubrificante usado e a remoção dos contaminantes presentes, de forma a permitir que seja reutilizado como matéria-prima. Para fins desta Resolução, não se entende a combustão ou incineração como reciclagem;

VI - Óleo lubrificante reciclável: material passível de uso, ou regeneração;

VII - Rerrefino: processo industrial de remoção de contaminantes, produtos de degradação e aditivos dos óleos lubrificantes usados ou contaminados, conferindo aos mesmos características de óleos básicos, conforme especificação do DNC;

VIII - Combustão: queima com recuperação do calor produzido;

IX - Incineração: queima sob condições controladas, que visa primariamente destruir um produto tóxico ou indesejável, de forma a não causar danos ao meio ambiente;

X - Produtor de óleo lubrificante: formulador, ou envaziliador, ou importador de óleo lubrificante;

XI - Gerador de óleo lubrificante usado ou contaminado: pessoa física ou jurídica que, em decorrência de sua atividade, ou face ao uso de óleos lubrificantes gere qualquer quantidade de óleo lubrificante usado ou contaminado;

XII - Receptor de óleo lubrificante usado ou contaminado: pessoa jurídica que comercialize óleo lubrificante no varejo;

XIII - Coletor de óleo usado ou contaminado: pessoa jurídica, devidamente credenciada pelo Departamento Nacional de Combustíveis, que se dedica à coleta de óleos lubrificantes usados ou contaminados nos geradores ou receptores;

XIV - Rerrefinador de óleo lubrificante usado ou contaminado: pessoa jurídica, devidamente credenciada para a atividade de rerrefino pelo Departamento Nacional de Combustíveis (DNC) e licenciamento pelo órgão estadual de meio ambiente;

Art. 2º Todo o óleo lubrificante usado ou contaminado será, obrigatoriamente, recolhido e terá uma destinação adequada, de forma a não afetar negativamente o meio ambiente.

Art. 3º Ficam proibidos:

I - quaisquer descartes de óleo usados em solos, águas superficiais, subterrâneas, no mar territorial e em sistemas de esgoto ou evacuação de águas residuais;

II - qualquer forma de eliminação de óleos usados que provoque contaminação atmosférica superior ao nível estabelecido na legislação sobre proteção do ar atmosférico (PRONAR);

Art. 4º Ficam proibidos a industrialização e comercialização de novos óleos lubrificantes não recicláveis, nacionais ou importados.

§ 1º Casos excepcionais serão submetidos à aprovação do IBAMA, com base em laudos de laboratórios devidamente credenciados.

§ 2º No caso dos óleos não recicláveis, atualmente comercializados no mercado nacional, o IBAMA, no prazo de 90 (noventa) dias a contar da publicação desta Resolução, efetuará estudos e proposição para a sua substituição.

Art. 5º Fica proibida a disposição dos resíduos derivados no tratamento do óleo lubrificante usado ou contaminado no meio ambiente sem tratamento prévio, que assegure:

I - a eliminação das características tóxicas e poluentes do resíduo;

II - a preservação dos recursos naturais; e

III - o atendimento aos padrões de qualidade ambiental.

Art. 6º A implantação de novas indústrias destinadas à regeneração de óleos lubrificantes usados, assim como a ampliação das existentes, deverá ser baseada em tecnologias que minimizem a geração de resíduos a serem descartados no ar, água, solo ou sistemas de esgotos. Parágrafo único. As indústrias existentes terão o prazo de 120 (cento e vinte) dias para apresentar ao Órgão Estadual de Meio Ambiente um plano de adaptação de seu processo industrial, que assegure a redução e tratamento dos resíduos gerados.

Art. 7º Todo o óleo lubrificante usado deverá ser destinado à reciclagem.

§ 1º A reciclagem do óleo lubrificante usado ou contaminado regenerável deverá ser efetuada através do rerrefino.

§ 2º Qualquer outra utilização do óleo regenerável dependerá de aprovação do órgão ambiental competente.

§ 3º Nos casos onde não seja possível a reciclagem, o órgão ambiental competente poderá autorizar a sua combustão, para aproveitamento energético ou incineração, desde que observadas as seguintes condições:

I - o sistema de combustão/incineração esteja devidamente licenciado ou autorizado pelo órgão ambiental;

II - sejam atendidos os padrões de emissões estabelecidas na legislação ambiental vigente. Na falta de algum padrão, deverá ser adotada a NB 1266, "Incineração de resíduos sólidos perigosos - Padrões de desempenho";

III - a concentração de PCB's no óleo deverá atender aos limites estabelecidos na NBR 8371 - "Ascaréis para transformador e capacitores - Procedimento".

Art. 8º Das obrigações dos produtores:

I - divulgar, no prazo máximo de 12 meses, a partir da data de publicação desta Resolução, em todas as embalagens de óleos lubrificantes produzidos ou importados, bem como em informes técnicos a destinação imposta pela lei e a forma de retorno dos óleos lubrificantes usados contaminados, recicláveis ou não;

II - ser responsável pela destinação final dos óleos usados não regeneráveis, originárias de pessoas físicas, através de sistemas de tratamento aprovados pelo órgão ambiental competente;

III - submeter ao IBAMA para prévia aprovação, o sistema de tratamento e destinação final dos óleos lubrificantes usados, após o uso recomendado, quando da introdução no mercado de novos produtos, nacionais ou importados.

Art. 9º Obrigações dos geradores de óleos usados:

I - armazenar os óleos usados de forma segura, em lugar acessível à coleta, em recipientes adequados e resistentes a vazamentos;

II - adotar as medidas necessárias para evitar que o óleo lubrificante usado venha a ser contaminado por produtos químicos, combustíveis, solventes e outras substâncias, salvo as decorrentes da sua normal utilização;

III - destinar o óleo usado ou contaminado regenerável para a recepção, coleta, rerrefino ou a outro meio de reciclagem, devidamente autorizado pelo órgão ambiental competente;

IV - fornecer informações aos coletores autorizados sobre os possíveis contaminantes adquiridos pelo óleo usado industrial, durante o seu uso normal;

V - alienar os óleos lubrificantes usados ou contaminados provenientes de atividades industriais exclusivamente aos coletores autorizados;

VI - manter os registros de compra de óleo lubrificante e alienação de óleo lubrificante usado ou contaminado disponíveis para fins fiscalizatórios, por dois anos, quando se tratar de pessoa jurídica com consumo de óleo for igual ou superior a 700 litros por ano;

VII - responsabilizar-se pela destinação final de óleos lubrificantes usados contaminados não regeneráveis, através de sistemas aprovados pelo órgão ambiental competente;

VIII - destinar o óleo usado não regenerável de acordo com a orientação do produtor, no caso de pessoa física.

Art. 10. Obrigações dos receptores de óleos usados:

I - alienar o óleo lubrificante contaminado ou regenerável exclusivamente para o coletor ou rerrefinador autorizado;

II - divulgar, em local visível ao consumidor a destinação disciplinada nesta Resolução, indicando a obrigatoriedade do retorno dos óleos lubrificantes usados e locais de recebimentos;

III - colocar, no prazo de 60 (sessenta) dias, a partir da publicação desta Resolução, à disposição de sua própria clientela, instalações ou sistemas, próprios ou de terceiros, para troca de óleos lubrificantes e armazenagem de óleos lubrificantes usados;

IV - reter e armazenar os óleos usados de forma segura, em lugar acessível à coleta, em recipientes adequados e resistentes a vazamentos, no caso de instalações próprias.

Art. 11. No caso dos postos de abastecimento de embarcações não se aplica a exigência de instalações de troca de óleo lubrificante, devendo o gerenciamento do óleo lubrificante usado atender a legislação específica.

Art. 12. Obrigações dos coletores de óleos usados:

I - recolher todo o óleo lubrificante usado ou contaminado regenerável, emitindo, a cada aquisição, para o gerador ou receptor, a competente Nota Fiscal, extraída nos moldes previstos pela Instrução Normativa nº 109/84 da Secretaria da Receita Federal

II - tomar medidas necessárias para evitar que o óleo lubrificante usado venha a ser contaminado por produtos químicos, combustíveis, solventes e outras substâncias;

III - alienar o óleo lubrificante usado ou contaminado regenerável coletado, exclusivamente ao meio de reciclagem autorizado, através de nota fiscal de sua emissão;

IV - manter atualizados os registros de aquisições e alienações, bem como cópias dos documentos legais a elas relativos, disponíveis para fins fiscalizatórios, por 2 anos;

V - responsabilizar-se pela destinação final de óleos lubrificantes usados ou contaminados não regeneráveis, quando coletados, através de sistemas aprovados pelo órgão ambiental competente;

VI - garantir que as atividades de manuseio, transporte e transbordo do óleo usado coletado sejam efetuadas em condições adequadas de segurança e por pessoal devidamente treinado, atendendo à legislação pertinente.

Art. 13. Obrigações dos rerrefinadores de óleos usados:

I - receber todo o óleo lubrificante usado ou contaminado regenerável, exclusivamente de coletor autorizado;

II - - manter atualizados os registros de aquisições e alienações, bem como cópias dos documentos legais a elas relativos, disponíveis para fins fiscalizatórios, por 2 anos;

III - responsabilizar-se pela destinação final de óleos lubrificantes usados ou contaminados não regeneráveis, através de sistemas aprovados pelo órgão ambiental competente;

VI - os óleos lubrificantes rerrefinados não devem conter compostos policlorados (PCB's) em teores superiores a 50 ppm.

Parágrafo único. Os óleos básicos procedentes do rerrefino não devem conter resíduos tóxicos ou perigosos, de acordo com a CB 155 e não conter policlorados (PCB's/PCB's) em concentração superior a 50 ppm (limite vigente para óleos aprovados pelo órgão ambiental competente).

Art. 14. Armazenagem de óleos lubrificantes usados ou contaminados: as unidades de armazenamento do óleo lubrificante usado devem ser construídas e mantidas de forma a evitar infiltrações, vazamentos e ataque pelo seu conteúdo e riscos associados, e quanto às condições de segurança no seu manuseio, carregamento e descarregamento, de acordo com as normas vigentes.

Art. 15. Embalagens e transporte de óleos lubrificantes usados ou contaminados: as embalagens destinadas ao armazenamento e transporte do óleo lubrificante usado devem ser construídas de forma a atender aos padrões estipulados pelas normas vigentes.

Art. 16. O CONAMA recomendará ao Ministério da Fazenda, à vista dos problemas ambientais descritos nos considerandos desta Resolução, que sejam realizados estudos no sentido de considerar não tributável a receita obtida com a alienação, nos moldes deste instrumento, do óleo lubrificante usado ou contaminado regenerável.

Art. 17. O não cumprimento ao disposto nesta Resolução acarretará aos infratores as sanções previstas na Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, e na sua regulamentação pelo Decreto 99.274, de 06 de junho de 1990.

Art. 18. Os óleos lubrificantes usados ou contaminados, reconhecidos como biodegradáveis, pelos processos convencionais de tratamento biológico, não são abrangidos por esta Resolução, quando não misturados aos óleos lubrificantes usados regeneráveis.

Parágrafo único. Caso o óleo usado biodegradável seja misturado ao óleo usado regenerável, a mistura será considerada como óleo usado não regenerável.

Art. 19. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

ANEXO B

RESOLUÇÃO CONAMA nº 273, de 29 de novembro de 2000

"Dispõe sobre prevenção e controle da poluição em postos de combustíveis e serviços"

Publicação DOU: 08/01/2001

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, no uso das competências que lhe foram conferidas pela Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto no 99.274, de 6 de julho de 1990, e tendo em vista o disposto na Resolução CONAMA no 237, de 19 de dezembro de 1997 e em seu Regimento Interno, e

Considerando que toda instalação e sistemas de armazenamento de derivados de petróleo e outros combustíveis, configuram-se como empreendimentos potencialmente ou parcialmente poluidores e geradores de acidentes ambientais;

Considerando que os vazamentos de derivados de petróleo e outros combustíveis podem causar contaminação de corpos d'água subterrâneos e superficiais, do solo e do ar;

Considerando os riscos de incêndio e explosões, decorrentes desses vazamentos, principalmente, pelo fato de que parte desses estabelecimentos localizam-se em áreas densamente povoadas;

Considerando que a ocorrência de vazamentos vem aumentando significativamente nos últimos anos em função da manutenção inadequada ou insuficiente, da obsolescência do sistema e equipamentos e da falta de treinamento de pessoal;

Considerando a ausência e/ou uso inadequado de sistemas confiáveis para a detecção de vazamento;

Considerando a insuficiência e ineficácia de capacidade de resposta frente a essas ocorrências e, em alguns casos, a dificuldade de implementar as ações necessárias, resolve:

Art. 1º A localização, construção, instalação, modificação, ampliação e operação de postos revendedores, postos de abastecimento, instalações de sistemas retalhistas e postos flutuantes de combustíveis dependerão de prévio licenciamento do órgão ambiental competente, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis.

§ 1º Todos os projetos de construção, modificação e ampliação dos empreendimentos previstos neste artigo deverão, obrigatoriamente, ser realizados, segundo normas técnicas expedidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT e, por diretrizes estabelecidas nesta Resolução ou pelo órgão ambiental competente.

§ 2º No caso de desativação, os estabelecimentos ficam obrigados a apresentar um plano de encerramento de atividades a ser aprovado pelo órgão ambiental competente.

§ 3º Qualquer alteração na titularidade dos empreendimentos citados no caput deste artigo, ou em seus equipamentos e sistemas, deverá ser comunicada ao órgão ambiental competente, com vistas à atualização, dessa informação, na licença ambiental.

§ 4º Para efeito desta Resolução, ficam dispensadas dos licenciamentos as instalações aéreas com capacidade total de armazenagem de até quinze m³, inclusive, destinadas exclusivamente ao abastecimento do detentor das instalações, devendo ser construídas de acordo com as normas técnicas brasileiras em vigor, ou na ausência delas, normas internacionalmente aceitas.

Art. 2º. Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

I - Posto Revendedor-PR: Instalação onde se exerça a atividade de revenda varejista de combustíveis líquidos derivados de petróleo, álcool combustível e outros combustíveis automotivos, dispondo de equipamentos e sistemas para armazenamento de combustíveis automotivos e equipamentos medidores.

II - Posto de Abastecimento-PA: Instalação que possua equipamentos e sistemas para o armazenamento de combustível automotivo, com registrador de volume apropriado para o abastecimento de equipamentos móveis, veículos automotores terrestres, aeronaves, embarcações ou locomotivas; e cujos produtos sejam destinados exclusivamente ao uso do detentor das instalações ou de grupos fechados de pessoas físicas ou jurídicas, previamente identificadas e associadas em forma de empresas, cooperativas, condomínios, clubes ou assemelhados.

III - Instalação de Sistema Retalhista-ISR: Instalação com sistema de tanques para o armazenamento de óleo diesel, e/ou óleo combustível, e/ou querosene iluminante, destinada ao exercício da atividade de Transportador Revendedor Retalhista.

IV - Posto Flutuante-PF: Toda embarcação sem propulsão empregada para o armazenamento, distribuição e comércio de combustíveis que opera em local fixo e determinado.

Art. 3º Os equipamentos e sistemas destinados ao armazenamento e a distribuição de combustíveis automotivos, assim como sua montagem e instalação, deverão ser avaliados quanto à sua conformidade, no âmbito do Sistema Brasileiro de Certificação.

Parágrafo único. Previamente à entrada em operação e com periodicidade não superior a cinco anos, os equipamentos e sistemas, a que se refere o caput deste artigo deverão ser testados e ensaiados para a comprovação da inexistência de falhas ou vazamentos, segundo procedimentos padronizados, de forma a possibilitar a avaliação de sua conformidade, no âmbito do Sistema Brasileiro de Certificação.

Art. 4º O órgão ambiental competente exigirá as seguintes licenças ambientais:

I - Licença Prévia-LP: concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;

II - Licença de Instalação-LI: autoriza a instalação do empreendimento com as especificações

constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo medidas de controle ambiental e demais condicionantes da qual constituem motivo determinante; III - Licença de Operação-LO: autoriza a operação da atividade, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.

§ 1º As licenças Prévia e de Instalação poderão ser expedidas concomitantemente, a critério do órgão ambiental competente.

§ 2º Os estabelecimentos definidos no art. 2º que estiverem em operação na data de publicação desta Resolução, ficam também obrigados à obtenção da licença de operação.

Art. 5º O órgão ambiental competente exigirá para o licenciamento ambiental dos estabelecimentos contemplados nesta Resolução, no mínimo, os seguintes documentos:

I - Para emissão das Licença Prévia e de Instalação:

- a) projeto básico que deverá especificar equipamentos e sistemas de monitoramento, proteção, sistema de detecção de vazamento, sistemas de drenagem, tanques de armazenamento de derivados de petróleo e de outros combustíveis para fins automotivos e sistemas acessórios de acordo com as Normas ABNT e, por diretrizes definidas pelo órgão ambiental competente;
- b) declaração da prefeitura municipal ou do governo do Distrito Federal de que o local e o tipo de empreendimento ou atividade está em conformidade com o Plano Diretor ou similar.
- c) croqui de localização do empreendimento, indicando a situação do terreno em relação ao corpo receptor e cursos d'água e identificando o ponto de lançamento do efluente das águas domésticas e residuárias após tratamento, tipos de vegetação existente no local e seu entorno, bem como contemplando a caracterização das edificações existentes num raio de 100 m com destaque para a existência de clínicas médicas, hospitais, sistema viário, habitações multifamiliares, escolas, indústrias ou estabelecimentos comerciais;
- d) no caso de posto flutuante apresentar cópia autenticada do documento expedido pela Capitania dos Portos, autorizando sua localização e funcionamento e contendo a localização geográfica do posto no respectivo curso d'água;
- e) caracterização hidrogeológica com definição do sentido de fluxo das águas subterrâneas, identificação das áreas de recarga, localização de poços de captação destinados ao abastecimento público ou privado registrados nos órgãos competentes até a data da emissão do documento, no raio de 100 m, considerando as possíveis interferências das atividades com corpos d'água superficiais e subterrâneos;
- f) caracterização geológica do terreno da região onde se insere o empreendimento com análise de solo, contemplando a permeabilidade do solo e o potencial de corrosão;
- g) classificação da área do entorno dos estabelecimentos que utilizam o Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustível-SASC e enquadramento deste sistema, conforme NBR 13.786;
- h) detalhamento do tipo de tratamento e controle de efluentes provenientes dos tanques, áreas de bombas e áreas sujeitas a vazamento de derivados de petróleo ou de resíduos oleosos;
- i) previsão, no projeto, de dispositivos para o atendimento à Resolução CONAMA no 9, de 1993, que regulamenta a obrigatoriedade de recolhimento e disposição adequada de óleo lubrificante usado.

II - Para a emissão de Licença de Operação:

- a) plano de manutenção de equipamentos e sistemas e procedimentos operacionais;
- b) plano de resposta a incidentes contendo:

- 1. comunicado de ocorrência;
- 2. ações imediatas previstas; e
- 3. articulação institucional com os órgãos competentes;

- c) atestado de vistoria do Corpo de Bombeiros;
- d) programa de treinamento de pessoal em:

- 1. operação;
- 2. manutenção;
- 3. e resposta a incidentes;

- e) registro do pedido de autorização para funcionamento na Agência Nacional de Petróleo-ANP;

- f) certificados expedidos pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial-INMETRO, ou entidade por ele credenciada, atestando a conformidade quanto a fabricação, montagem e comissionamento dos equipamentos e sistemas previstos no art. 4o desta Resolução;

- g) para instalações em operação definidas no art. 2o desta Resolução, certificado expedido pelo INMETRO ou entidade por ele credenciada, atestando a inexistência de vazamentos.

§ 1º Os estabelecimentos definidos no art. 2o que estiverem em operação na data de publicação desta Resolução para a obtenção de Licença de Operação deverão apresentar os documentos referidos neste artigo, em seu inciso I, alíneas "a", "b" (que poderá ser substituída por Alvará de Funcionamento), "d", "g", "h", "i" e inciso II, e o resultado da investigação de passivos ambientais, quando solicitado pelo órgão ambiental licenciador.

§ 2º Os estabelecimentos abrangidos por esta Resolução ficam proibidos de utilizarem tanques recuperados em instalações subterrâneas-SASCs

Art. 6º Caberá ao órgão ambiental competente definir a agenda para o licenciamento ambiental dos empreendimentos identificados no art. 1o em operação na data de publicação desta Resolução.

§ 1º Todos os empreendimentos deverão, no prazo de seis meses, a contar da data de publicação desta Resolução, cadastrar-se junto ao órgão ambiental competente. As informações mínimas para o cadastramento são aquelas contidas no Anexo I desta Resolução.

§ 2º Vencido o prazo de cadastramento, os órgãos competentes terão prazo de seis meses para elaborar suas agendas e critérios de licenciamento ambiental, resultante da atribuição de prioridades com base nas informações cadastrais.

Art. 7º Caberá ao órgão ambiental licenciador, exercer as atividades de fiscalização dos empreendimentos de acordo com sua competência estabelecida na legislação em vigor.

Art. 8º Em caso de acidentes ou vazamentos que representem situações de perigo ao meio ambiente ou a pessoas, bem como na ocorrência de passivos ambientais, os proprietários, arrendatários ou responsáveis pelo estabelecimento, pelos equipamentos, pelos sistemas e os

fornecedores de combustível que abastecem ou abasteceram a unidade, responderão solidariamente, pela adoção de medidas para controle da situação emergencial, e para o saneamento das áreas impactadas, de acordo com as exigências formuladas pelo órgão ambiental licenciador.

§ 1º A ocorrência de quaisquer acidentes ou vazamentos deverá ser comunicada imediatamente ao órgão ambiental competente após a constatação e/ou conhecimento, isolada ou solidariamente, pelos responsáveis pelo estabelecimento e pelos equipamentos e sistemas.

§ 2º Os responsáveis pelo estabelecimento, e pelos equipamentos e sistemas, independentemente da comunicação da ocorrência de acidentes ou vazamentos, deverão adotar as medidas emergenciais requeridas pelo evento, no sentido de minimizar os riscos e os impactos às pessoas e ao meio ambiente.

§ 3º Os proprietários dos estabelecimentos e dos equipamentos e sistemas deverão promover o treinamento, de seus respectivos funcionários, visando orientar as medidas de prevenção de acidentes e ações cabíveis imediatas para controle de situações de emergência e risco.

§ 4º Os tanques subterrâneos que apresentarem vazamento deverão ser removidos após sua desgaseificação e limpeza e dispostos de acordo com as exigências do órgão ambiental competente. Comprovada a impossibilidade técnica de sua remoção, estes deverão ser desgaseificados, limpos, preenchidos com material inerte e lacrados.

§ 5º Responderão pela reparação dos danos oriundos de acidentes ou vazamentos de combustíveis, os proprietários, arrendatários ou responsáveis pelo estabelecimento e/ou equipamentos e sistemas, desde a época da ocorrência.

Art. 9º Os certificados de conformidade, no âmbito do Sistema Brasileiro de Certificação, referidos no art. 3º desta Resolução, terão sua exigibilidade em vigor a partir de 1º de janeiro de 2003.

Parágrafo único. Até 31 de dezembro de 2002, o órgão ambiental competente, responsável pela emissão das licenças, poderá exigir, em substituição aos certificados mencionados no caput deste artigo, laudos técnicos, atestando que a fabricação, montagem e instalação dos equipamentos e sistemas e testes aludidos nesta Resolução, estão em conformidade com as normas técnicas exigidas pela ABNT e, na ausência destas, por diretrizes definidas pelo órgão ambiental competente.

Art. 10. O Ministério do Meio Ambiente deverá formalizar, em até sessenta dias, contados a partir da publicação desta Resolução, junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial-INMETRO, a lista de equipamentos, sistemas e serviços que deverão ser objeto de certificação, no âmbito do Sistema Brasileiro de Certificação.

Art. 11. A cada ano, no segundo trimestre, a partir de 2003, o Ministério do Meio Ambiente deverá fornecer ao CONAMA informações sobre a evolução de execuções das medidas previstas nesta Resolução, por Estado, acompanhadas das análises pertinentes.

Art. 12. O não cumprimento do disposto nesta Resolução sujeitará os infratores às sanções previstas nas Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981; 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e no Decreto no 3.179, de 21 de setembro de 1999.

Art. 13. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

JOSÉ SARNEY FILHO
Presidente do CONAMA

JOSÉ CARLOS CARVALHO
Secretário-Executivo

ANEXO I

1. IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL PELO EMPREENDIMENTO:

NOME:							
Doc. Identidade:			Órgão Expedidor:			UF:	
End.:			Nº:				
Bairro:		CEP:		Município:			UF:
Telefone p/ Contato:			Fax:			E-mail:	
()		()					

2. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO:

NOME / RAZÃO SOCIAL:				NOME FANTASIA:			
Endereço:							
Bairro:		CEP:		Município:			UF:
CNPJ nº:				Inscrição Estadual:			
				Inscrição Municipal:			
Endereço p/correspondência:						Nº:	
Bairro:		CEP:		Município:			UF:
Contato Nome:						Cargo:	
Telefone p/ Contato:			Fax:			E-mail:	
()		()					
Registro na ANP Nº:				Registro Anterior na ANP:			
Coordenada Geográfica (Lat/Long)							

3. DADOS DA DISTRIBUIDORA(S)/FORNECEDORA(S)

Razão Social:				Nome p/ contato:			
End. p / correspondência:							nº:
Bairro:		Telefone: ()			E-mail:		
CEP:		Município:					UF:

4. PROPRIETÁRIO DOS EQUIPAMENTOS E SISTEMAS:

Razão Social:		Nome p/ contato:		
End. p / correspondência:				nº
Bairro:	Telefone: ()	e-mail:		
CEP:	Município:	UF:		
CNPJ ou CPF:				
Obs. Importante				

Observação: caso haja proprietários diferentes para os equipamentos e sistemas, informar aqui conforme o exemplo: "os tanques no 3 e 4 pertencem à distribuidora XY, os tanques 1,2 e 3 pertencem ao posto".

5. RELAÇÃO/SITUAÇÃO DOS TANQUES

Tanque nº	Combustível (7)	Volume do Tanque (em litros)	Tipo de Tanque (8)	Ano de instalação do tanque	Teste de estanqueidade (9)	Foi verificado vazamento no tanque? (10)	Em operação	
							S	N
01								
02								
03								
04								
05								
06								
07								
08								
09								
10								

(7) Tipo de Combustível: é um código, ver tabela anexa. Caso o tanque tenha três compartimentos, adapte a simbologia, por exemplo: gasolina, álcool e gasolina use o símbolo GAG

(8) Tipo de Tanque: é um código, ver tabela anexa.(página 14.)

(9) e (10) Caso tenha sido realizada teste de estanqueidade ou se houve vazamento informar a época no formato "mês/ano", por exemplo: 08/97.

6. RELAÇÃO/SITUAÇÃO DAS LINHAS/BOMBAS

7. VOLUME DE COMBUSTÍVEL MOVIMENTADO/MÊS: (fazer média dos últimos seis meses)

Tipo de combustível	Volume movimentado/mês (em litros)
Gasolina	

Álcool	
Diesel	
Querosene	

8. QUESTIONAMENTOS:

(Sempre que necessário preencha em folha anexa não esquecendo de assina-la ao final)

- Já foram substituídos tanques? Se a resposta for sim, informar: motivo quantidade e data:
- Existem poços de monitoramento das águas subterrâneas? Se positivo, informar data da última coleta, resultado da análise:
- Existe dispositivo de recuperação dos gases do(s) tanque(s)? Se afirmativo, descrever qual:
- Quais os métodos de detecção de vazamentos em tanques adotados pelo posto?
- Existe proteção catódica para o sistema de armazenamento de combustível?
- Caso exista proteção catódica, qual a frequência e ultima data de manutenção do sistema anti-corrosão?

9. ÁREA DO EMPREENDIMENTO :

Área total do terreno:	m ²	Área construída:	m ²
------------------------	----------------	------------------	----------------

Observação: incluir todas as áreas de administração e serviços vinculados ao proprietário ou locador do empreendimento, comércio varejista de combustíveis

10. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS (assinale todas que forem responsabilidade do proprietário ou locador do comércio varejista de combustíveis):

10.1. LAVAGEM DE VEÍCULOS () SIM () NÃO

Caso Afirmativo informar média de lavagem veículos/dia _____

10.2. TROCA DE ÓLEO () SIM () NÃO

Caso Afirmativo informar:

a) possui caixa separadora água/óleo () SIM () NÃO

b) destino final do óleo coletado _____

10.3. BORRACHARIA () SIM () NÃO

10.4. Existem instalações para o abastecimento de gás natural veicular () SIM () NÃO

*Caso afirmativo descrever os equipamentos/sistemas em folha anexa.

10.5 Há venda ou estoque de botijões de gás liquefeito de petróleo (GLP) () SIM () NÃO

10.6 OUTROS (lanchonete, loja de conveniência, restaurante, bar, etc.) () SIM () NÃO

Especificar _____

11. LOCALIZAÇÃO DA ATIVIDADE CONFORME A LEGISLAÇÃO MUNICIPAL

11.1 ZONA URBANA:

() SIM () NÃO

Caso afirmativo é Residencial () Comercial ()

11.2 ZONA RURAL:

() SIM () NÃO

11.3 ZONA FLUVIAL/LACUSTRE:

() SIM () NÃO

11.4 ZONA MARÍTIMA:

() SIM () NÃO

11.5. OUTRA:

() SIM () NÃO

Caso afirmativo no item 11.5 citar qual.

12. ASSINALE CONFORME O AMBIENTE EM TORNO DO EMPREENDIMENTO NUM RAIOS DE 100m

	S	N
- Rua com galeria de drenagem de águas	()	()
- Rua com galeria de esgotos ou de serviços	()	()
- Esgotamento Sanitário em fossas em áreas urbanas	()	()
- Edifício multifamiliar sem garagem subterrânea até quatro andares	()	()
- Edifício multifamiliar com garagem subterrânea com mais de quatro andares	()	()
- favela em cota igual ou inferior	()	()
- edifícios de escritórios comerciais com mais de quatro andares	()	()
- garagem ou túnel construídos no subsolo	()	()
- poço de água artesiano ou não, para consumo doméstico	()	()
- casa de espetáculos ou templos religiosos	()	()
- hospital	()	()
- metrô	()	()
- transporte ferroviário de superfície	()	()
- atividades industriais de risco conforme NB-16	()	()
- água do subsolo utilizada para consumo público da cidade	()	()
- corpos naturais superficiais de água destinados:		
a) abastecimento doméstico	()	()
b) proteção das comunidades aquáticas	()	()
c) recreação de contato primário	()	()
d) irrigação	()	()
e) criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana	()	()
f) drenagem	()	()

13. FONTES DE ÁGUA UTILIZADAS PARA ABASTECIMENTO

()	Rede pública:	
()	Poço Tubular:	Informar se possível a profundidade
()	Nascente(s):	
()	Lago/lagoa(s):	Nome(s):
()	Arroio(s):	Nome(s):
()	Rio(s):	Nome(s):

14. LANÇAMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS / SANITÁRIOS (assinale)

14.1 - Sistema de Tratamento:	
-------------------------------	--

14.2 - Corpo Receptor (local de lançamento)	
---	--

15. **RESÍDUOS SÓLIDOS**
Indicar o destino dos seguintes resíduos sólidos (não deixe campo em branco, informe "atividade inexistente" quando for o caso)

Tipo de resíduo	Destino Final (agente/local)
Embalagens de óleo lubrificante	
Filtros de óleo	
Outras embalagens (xampu, limpa-vidros, removedores, etc.)	
Resíduos de borracharia	
Areia e lodo do fundo do(s) separador(es), água/óleo e caixas de areia	
Outros resíduos (administração, restaurante, etc.)	

16. EQUIPAMENTOS E SISTEMAS DE CONTROLE:

- Controle de Estoques	() manual Sim	() automático Não
- Monitoramento Intersetorial automático	()	()
- Poços de Monitoramento de águas subterrâneas	()	()
- Poços de Monitoramento de vapor	()	()
- Válvula de retenção junto a Bombas	()	()
- Proteção contra derramamento	()	()
Câmara de acesso a boca de visita do tanque	()	()
Contenção de vazamento sob a unidade abastecedora	()	()
Canaleta de contenção da cobertura	()	()
Caixa separadora de água e óleo	()	()
- Proteção contra transbordamento	()	()
Descarga selada	()	()
Câmara de contenção de descarga	()	()
Válvula de proteção contra transbordamento	()	()
Válvula de retenção de esfera flutuante	()	()
Alarme de transbordamento	()	()
- Outros (descrever)		

17. PISOS

Pisos	Tipos de Piso
Área de abastecimento	
Área de troca de óleo	

Área de descarga	
Área de lavagem	
Outros	

18. LOCAL, DATA, NOME, CARGO E ASSINATURA

Razão Social:			
End. p / correspondência:			nº
Bairro:	Telefone: ()	e-mail:	
CEP:	Município:	UF:	

Assinatura
(Rubricar

cada

folha)

TABELA - TIPO DE TANQUE

COD	TIPO DE TANQUE	VOLUME
1	TANQUE DESCONHECIDO	
2	TANQUE DE AÇO CARBONO – ABNT – NB 190	10.000
3	IDEM	15.000
4	IDEM	20.000
5	TANQUE SUBTERRÂNEO DE RESINA TERMOFIXA REFORÇADA COM FIBRA DE VIDRO – PAREDE SIMPLES – ABNT – NBR 13212	15.000
6	IDEM: TANQUE NÃO COMPARTIMENTADO	30.000
7	IDEM: TANQUE COMPARTIMENTADO (15.000 + 15000 L)	30.000
8	TANQUE SUBTERRÂNEO DE RESINA TERMOFIXA REFORÇADA COM FIBRA DE VIDRO – PAREDE DUPLA – ABNT – NBR 13212	15.000
9	IDEM: TANQUE NÃO COMPARTIMENTADO	30.000
10	IDEM: TANQUE COMPARTIMENTADO (15.000 + 15000 L)	30.000
11	TANQUE ATMOSFÉRICO SUBTERRÂNEO EM AÇO CARBONO - ABNT – NBR 13312 – PAREDE SIMPLES COM REVESTIMENTO	15.000
12	IDEM	30.000
13	IDEM: TANQUE COMPARTIMENTADO (15.000 + 15000 L)	30.000
14	TANQUE ATMOSFÉRICO SUBTERRÂNEO DE AÇO CARBONO DE PAREDE DUPLA METÁLICA – ABNT – NBR 13785	15.000
15	IDEM	30.000
16	IDEM: TANQUE COMPARTIMENTADO (15.000 + 15000 L)	30.000
17	TANQUE ATMOSFÉRICO SUBTERRÂNEO DE AÇO CARBONO DE PAREDE DUPLA NÃO METÁLICA – ABNT –	15.000

ANEXO C

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO

PORTARIA ANP Nº 116, DE 5.7.2000 - DOU 6.7.2000 - RETIFICADA DOU 7.7.2000

Regulamenta o exercício da atividade de revenda varejista de combustível automotivo.

Nota:

A Portaria ANP nº 32, de 6.3.2001 - DOU 7.3.2001 - Efeitos a partir de 7.3.2001, em seu art. 17, regulamenta o exercício da atividade de revenda varejista de Gás Natural Veicular - GNV em posto revendedor que comercialize exclusivamente este combustível.

O DIRETOR-GERAL da AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO - ANP, no uso de suas atribuições, considerando as disposições da Lei nº 9.478, de 06 de agosto de 1997, e da Resolução de Diretoria nº 392, de 5 de julho de 2000, torna público o seguinte ato:

Das Disposições Gerais

Art. 1º. Fica regulamentado, pela presente Portaria, o exercício da atividade de revenda varejista de combustível automotivo.

Art. 2º. A atividade de revenda varejista consiste na comercialização de combustível automotivo em estabelecimento denominado posto revendedor.

Parágrafo único. Fica facultado o desempenho, na área ocupada pelo posto revendedor, de outras atividades comerciais e de prestação de serviços, sem prejuízo da segurança, saúde, meio ambiente e do bom desempenho da atividade de revenda varejista.

Art. 3º. A atividade de revenda varejista de combustível automotivo somente poderá ser exercida por pessoa jurídica constituída sob as leis brasileiras que atender, em caráter permanente, aos seguintes requisitos:

I - possuir registro de revendedor varejista expedido pela ANP; e

II - dispor de posto revendedor com tancagem para armazenamento e equipamento medidor de combustível automotivo.

Do Registro de Revendedor Varejista

Art. 4º. O pedido de registro de revendedor varejista deverá ser instruído com a seguinte documentação:

I - requerimento da interessada conforme modelo estabelecido pela ANP;

II - ficha cadastral preenchida conforme modelo estabelecido pela ANP;

III - cópia autenticada do cartão do Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica - CNPJ;

IV - cópia autenticada do documento de inscrição estadual;

V - cópia autenticada do estatuto ou contrato social registrado na junta comercial; e

VI - cópia autenticada do alvará de funcionamento ou de outro documento mediante o qual se possa comprovar a regularidade do funcionamento do posto revendedor, expedido pela prefeitura municipal.

(Nota)

§ 1º. A ANP terá até 30 (trinta) dias para se manifestar sobre o pedido de registro revendedor varejista, contados a partir da data de protocolização da documentação mencionada no caput deste artigo.

§ 2º. A ANP poderá solicitar informações ou documentos adicionais e, nesse caso, o prazo mencionado no parágrafo anterior será contado a partir da data da protocolização dos documentos ou das informações solicitadas.

§ 3º. As alterações dos dados informados deverão ser comunicadas à ANP, mediante protocolização de nova ficha cadastral, no prazo de 30 (trinta) dias a contar da efetivação do ato.

§ 4º. O pedido de registro para o exercício da atividade de revendedor varejista em endereço onde outro posto revendedor já tenha operado deverá ser instruído, adicionalmente, por cópia autenticada do contrato social que comprove o encerramento das atividades da empresa antecessora, no referido endereço, e, quando couber, da quitação de dívida resultante de penalidade aplicada pela ANP.

Art. 5º. O revendedor varejista somente poderá iniciar a atividade de revenda varejista de combustível automotivo após a publicação do registro no Diário Oficial da União - DOU.

Art. 6º. O registro de revendedor varejista não será concedido a requerente de cujo quadro de administradores ou sócios participe pessoa física ou jurídica que, nos 5 (cinco) anos que antecederam à data do pedido de registro, tenha sido administrador de empresa que não tenha liquidado débitos e cumprido obrigações decorrentes do exercício de atividade regulamentada pela ANP.

Das Instalações e Tancagem do Posto Revendedor

Art. 7º. A construção das instalações e a tancagem do posto revendedor deverão observar normas e regulamentos:

I - da ANP;

II - da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT;

III - da Prefeitura Municipal;

IV - do Corpo de Bombeiros;

V - de proteção ao meio ambiente, de acordo com a legislação aplicável; e

VI - de departamento de estradas de rodagem, com circunscrição sobre a área de localização do posto revendedor.

Parágrafo único. A construção a que se refere este artigo prescinde de autorização da ANP.

Da Aquisição de Combustível Automotivo

Art. 8º. O revendedor varejista somente poderá adquirir combustível automotivo de pessoa jurídica que possuir registro de distribuidor e autorização para o exercício da atividade de distribuição de combustíveis líquidos derivados de petróleo, álcool combustível e outros combustíveis automotivos, concedidos pela ANP.

Das Vedações ao Revendedor Varejista

Art. 9º. É vedado ao revendedor varejista:

I - alienar, emprestar ou permutar, sob qualquer pretexto ou justificativa, combustível automotivo com outro revendedor varejista, ainda que o estabelecimento pertença à mesma empresa;

II - condicionar a revenda de combustível automotivo ou a prestação de serviço ao consumidor à revenda de outro combustível automotivo ou à prestação de outro serviço;

III - estabelecer limites quantitativos para revenda de combustível automotivo ao consumidor; e

IV - misturar qualquer produto ao combustível automotivo.

Das Obrigações do Revendedor Varejista

Art.10. O revendedor varejista obriga-se a:

I - adquirir combustível automotivo no atacado e revendê-lo a varejo;

II - garantir a qualidade dos combustíveis automotivos comercializados, na forma da legislação específica;

III - fornecer combustível automotivo somente por intermédio de equipamento medidor, denominado bomba abastecedora, aferida e certificada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO ou por empresa por ele credenciada, sendo vedada a entrega no domicílio do consumidor;

IV - identificar em cada bomba abastecedora de combustível automotivo, de forma destacada, visível e de fácil identificação para o consumidor, o combustível comercializado, informando se o mesmo é comum ou aditivado;

V - informar ao consumidor, de maneira adequada e ostensiva, a respeito da nocividade, periculosidade e uso do combustível automotivo;

VI - prestar informações solicitadas pelos consumidores sobre o combustível automotivo comercializado;

VII - exibir os preços dos combustíveis automotivos comercializados em painel com dimensões adequadas, na entrada do posto revendedor, de modo destacado e de fácil visualização à distância, tanto ao dia quanto à noite;

VIII - exibir em quadro de aviso, em local visível, de modo destacado, com caracteres legíveis e de fácil visualização, as seguintes informações:

a) o nome e a razão social do revendedor varejista;

b) o nome do órgão regulador e fiscalizador das atividades de distribuição e revenda de combustíveis: Agência Nacional do Petróleo - ANP;

c) o telefone 0800 900 267 do Centro de Relações com o Consumidor - CRC da ANP, informando que a ligação é gratuita e indicando que para o CRC deverão ser dirigidas reclamações que não forem atendidas pelo revendedor varejista ou pelo(s) distribuidor(es);

d) o horário de funcionamento do posto revendedor.

IX - funcionar, no mínimo, de segunda-feira a sábado, de 06:00 às 20:00 horas ou em outro horário que vier a ser estabelecido pela ANP;

X - funcionar na localidade em que se realizar eleição municipal, estadual ou federal, independentemente do dia da semana;

XI - armazenar combustível automotivo em tanque subterrâneo, exceto no caso de posto revendedor flutuante;

XII - manter em perfeito estado de funcionamento e conservação os equipamentos medidores e tanques de armazenamento de sua propriedade, bem como os de terceiros cuja manutenção sejam de sua responsabilidade;

XIII - notificar o distribuidor proprietário de equipamentos medidores e tanques de armazenamento quando houver necessidade de manutenção dos mesmos;

XIV - manter, no posto revendedor, o Livro de Movimentação de Combustíveis - LMC, escriturado e atualizado, bem como as notas fiscais de aquisição dos combustíveis automotivos comercializados;

XV - alienar óleo lubrificante usado ou contaminado somente às empresas coletoras cadastradas na ANP;

XVI - permitir o livre acesso ao posto revendedor, bem como disponibilizar amostras dos combustíveis comercializados para monitoramento da qualidade e a documentação relativa à atividade de revenda de combustível para os funcionários da ANP e de instituições por ela credenciadas;

XVII - atender às demandas do consumidor, não retendo estoque de combustível automotivo no posto revendedor;

XVIII - zelar pela segurança das pessoas e das instalações, pela saúde de seus empregados, bem como pela proteção ao meio ambiente, conforme legislação em vigor;

XIX - capacitar e treinar os seus funcionários para a atividade de revenda varejista e para atendimento adequado ao consumidor.

§ 1º. As dimensões e as características do painel de preços e do quadro de aviso de que tratam os incisos VII e VIII deste artigo deverão atender às disposições constantes do Anexo a esta Portaria.

§ 2º. Ficam concedidos ao revendedor varejista, em operação na data de publicação desta Portaria, o prazo de 90 (noventa) dias para atender ao disposto no inciso VII deste artigo e o prazo de 30 (trinta) dias para atender ao disposto no inciso VIII deste artigo.

Da Identificação da Origem do Combustível

Art. 11. O revendedor varejista deverá informar ao consumidor, de forma clara e ostensiva, a origem do combustível automotivo comercializado.

§ 1º. O revendedor varejista poderá optar por exibir ou não a marca comercial do distribuidor de combustíveis líquidos derivados de petróleo, álcool combustível e outros combustíveis automotivos.

§ 2º. Caso o revendedor varejista opte por exibir a marca comercial do distribuidor de combustíveis líquidos derivados de petróleo, álcool combustível e outros combustíveis automotivos, deverá vender somente combustíveis fornecidos pelo distribuidor detentor da marca comercial exibida.

§ 3º. Caso o revendedor varejista opte por não exibir a marca comercial do distribuidor de combustíveis líquidos derivados de petróleo, álcool combustível e outros combustíveis automotivos, deverá identificar, de forma destacada e de fácil visualização, em cada bomba abastecedora, o distribuidor de combustíveis líquidos derivados de petróleo, álcool combustível e outros combustíveis automotivos fornecedor do respectivo combustível.

Do Exercício da Atividade de Revenda Varejista por Distribuidor

Art. 12. É vedado ao distribuidor de combustíveis líquidos derivados de petróleo, álcool combustível e outros combustíveis automotivos o exercício da atividade de revenda varejista.

§ 1º. O caput do artigo não se aplica quando o posto revendedor se destinar ao treinamento de pessoal, com vistas à melhoria da qualidade do atendimento aos consumidores.

§ 2º. O posto revendedor de que trata o parágrafo anterior deverá atender as disposições desta Portaria e ter autorização específica da ANP, como posto revendedor escola.

Do Recadastramento

Art. 13. Fica concedido ao revendedor varejista, em operação na data de publicação desta Portaria, o prazo de 60 (sessenta) dias para proceder ao seu recadastramento perante a ANP, mediante o atendimento ao disposto nos incisos de II a VI do art. 4º desta Portaria.

Parágrafo único. A protocolização dos documentos previstos nos incisos referidos no caput deste artigo somente será efetuada caso a apresentação dos mesmos se faça de forma concomitante.

Das Disposições Finais

Art. 14. O registro de revendedor varejista será cancelado nos seguintes casos:

I - extinção da empresa judicial ou extrajudicialmente;

II - por requerimento do revendedor varejista;

III - não atendimento ao disposto no art. 13 desta Portaria;

IV - a qualquer tempo, quando comprovado, em processo administrativo, com garantia do contraditório e ampla defesa, que a atividade está sendo executada em desacordo com a legislação vigente;

V - a qualquer tempo, de forma temporária ou definitiva, quando o revendedor varejista tiver cancelado, provisória ou definitivamente, o CNPJ, a inscrição estadual ou o alvará de funcionamento, ou

VI - comprovação de infração à ordem econômica, conforme disposições dos artigos 20 e 21 da Lei nº 8.884, de 11 de junho de 1994.

Art. 15. As disposições desta Portaria não se aplicam a posto revendedor que comercialize somente Gás Natural Veicular - GNV.

Art. 16. O não atendimento às disposições desta Portaria sujeita o infrator às penalidades previstas na Lei nº 9.847, de 26 de outubro de 1999, e no Decreto nº 2.953, de 28 de janeiro de 1999.

Art. 17. Ficam revogadas a Portaria MME nº 9, de 16 de janeiro de 1997, a Portaria DNC nº 13, de 04 de abril de 1996, e demais disposições em contrário.

Art. 18. Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

DAVID ZYLBERSZTAJN

ANEXO

As dimensões e características do painel de preços e do quadro de aviso de que tratam os incisos VII e VIII, art. 10 desta Portaria deverão observar as seguintes especificações:

1. Painel de Preços

1.1 O painel de preços deve proporcionar boa visibilidade mediante o emprego de letras e símbolos de forma, tamanho e espaçamento adequados, assegurando a percepção à distância, para leitura e rápida compreensão, pelo consumidor, dos preços dos combustíveis praticados no posto revendedor.

1.2 O painel de preços deverá ter as seguintes características:

I - dimensões mínimas de 95cm de largura por 180cm de altura;

II - placa de polietileno de baixa densidade, chapa metálica pintada ou qualquer outro material a critério do revendedor varejista, desde que seja garantida a qualidade das informações contidas no painel. Para qualquer material utilizado, adotar proteção ultravioleta;

III - cor de fundo a critério do revendedor varejista;

IV - família tipográfica normal ou itálica, em negrito ou não, com altura e espaçamento compatíveis com as dimensões do painel de preços;

V - distância mínima de 15cm entre o texto e a borda do painel de preços.

2. Quadro de Aviso

2.1 O quadro de aviso deve proporcionar boa visibilidade mediante o emprego de letras e símbolos de forma, tamanho e espaçamento adequados, assegurando a percepção à distância, para leitura e rápida compreensão dos seus dizeres, pelo consumidor.

2.2 O quadro de aviso deverá ter as seguintes características:

I - dimensões mínimas de 50cm de largura por 70cm de altura;

II - impressão eletrostática em vinil auto-adesivo, placa de polietileno de baixa densidade, chapa metálicas pintadas ou qualquer outro material a critério do revendedor varejista, desde que seja garantida a qualidade das informações contidas no quadro. Para qualquer material utilizado, adotar proteção ultravioleta;

III - cor de fundo a critério do revendedor varejista;

IV - família tipográfica normal ou itálica, em negrito ou não, com altura e espaçamento compatíveis com as dimensões do quadro de aviso;

V - distância mínima de 5cm entre o texto e a borda do quadro de aviso.

ANEXO D

LEI COMPLEMENTAR N. 331/99 DO MUNICÍPIO DE MARINGÁ-PR

Uso e Ocupação do Solo

...

Art. 29. Os postos de abastecimento de veículos, serviços de lavagem, lubrificação e reparos obedecerão às seguintes exigências:

I - somente poderão ser instalados em terrenos de meio de quadra com área superior a 900,00m² (novecentos metros quadrados), ou em terrenos de esquina com área superior a 1.200,00m² (um mil e duzentos metros quadrados);

II - nos lotes em meio de quadra ou de esquina, o afastamento frontal mínimo da projeção da cobertura será aquele especificado para a zona a que pertence;

III - o afastamento mínimo das divisas laterais será de 2,00m (dois metros);

IV - no caso de edificação de escritório, o recuo da divisa lateral poderá ser dispensado;

V - os boxes de lavagem, pulverização e lubrificação dos postos de combustíveis ou lava-jatos obedecerão aos seguintes requisitos:

a) o recuo frontal mínimo será de 8,00m (oito metros);

b) os recuos mínimos das divisas laterais e de fundo serão de 5,00m (cinco metros);

c) poderão ser dispensados os recuos a que se refere a alínea “b” quando os boxes forem instalados em recintos cobertos e ventilados;

d) as águas servidas deverão passar por caixas munidas de crivos e filtros para retenção de detritos sólidos e graxas e tratamento primário antes de serem lançadas no esgoto;

VI - as borracharias e oficinas de reparos obedecerão aos requisitos estabelecidos nas alíneas “a”, “b” e “d” do inciso anterior;

VII - as bombas de abastecimento guardarão as distâncias mínimas de:

a) 6,00m (seis metros) do logradouro;

b) 4,00m (quatro metros) de qualquer construção, mesmo que interna;

c) 5,00m (cinco metros) entre si;

VIII - nos postos localizados em contornos e acessos rodoviários à cidade, a edificação deverá guardar um recuo mínimo de 15,00m (quinze metros) do alinhamento predial.

IX - os recuos laterais deverão ser arborizados em toda a sua extensão com um maciço vegetal de 3,00m (três metros) de altura média.

§ 1.º Deverá ser observada a distância mínima de 200,00m (duzentos metros) entre os postos de abastecimento de veículos e as seguintes categorias de edificações:

I - hospitais e sanatórios;

II - pré-escolas e creches;

III - estabelecimentos de ensino fundamental, médio e superior;

IV - asilos e casas de repouso para idosos;

V - teatros e cinemas com capacidade de lotação superior a 200 (duzentas)

peessoas. (ALTERADO PELA LC 342/2000)

§ 2.º Quando o serviço prestado for exclusivamente de lava-jato, o mesmo poderá ser instalado em terreno de meio de quadra com área mínima de 400,00m² (quatrocentos metros quadrados), ou em terreno de esquina com área mínima de 600,00m² (seiscentos metros quadrados), obedecidas as demais disposições deste artigo e a Lei de Edificações.

...

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)