



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
Campus de Presidente Prudente

# **O RELEVO E O SISTEMA DE AFASTAMENTO E TRATAMENTO DE ESGOTO DA CIDADE DE MARÍLIA-SP**

**Caio Augusto Marques dos Santos**

**Presidente Prudente  
2009**

# **Livros Grátis**

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

Milhares de livros grátis para download.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de Presidente Prudente

# O RELEVO E O SISTEMA DE AFASTAMENTO E TRATAMENTO DE ESGOTO DA CIDADE DE MARÍLIA-SP

**Caio Augusto Marques dos Santos**

*Orientador:* Prof. Dr. João Osvaldo Rodrigues Nunes

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – Linha de Pesquisa: Dinâmica e Gestão Ambiental, para obtenção do Título de Mestre em Geografia.

**Presidente Prudente  
2009**

S234r Santos, Caio Augusto Marques dos.  
O relevo e o sistema de afastamento e tratamento de esgoto da cidade de Marília-SP / Caio Augusto Marques dos Santos. - Presidente Prudente : [s.n] 2009  
192 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Orientador: João Osvaldo Rodrigues Nunes  
Banca: José Tadeu Garcia Tommaselli , Roberto Verdum  
Inclui bibliografia

1. Marília (SP). 2. Relevo. 3. Esgoto. I. Autor. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.

CDD(18. ed.)910

**Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Presidente Prudente.**

## *Dedicatória*

*Dedico esse trabalho à minha família...*

*Meu Pai Valdemir,*

*Minha mãe Regina e*

*Meu irmão Vinícius*

*Dedico também a meu orientador e amigo...*

*João Osvaldo.*

## AGRADECIMENTOS

---

Acredito ser o resultado desse trabalho uma combinação de esforços, nem sempre intelectuais e diretamente debruçado sobre ele, não por isso menos importante. Foi a conjunção de pessoas ao meu redor, ora me ajudando a pensar, ora conversando sobre assuntos diversos, ora dando suporte emocional, que possibilitaram a realização dessa pequena contribuição a Ciência Geográfica. Portanto, agradeço...

Minha Família: meu Pai Valdemir, minha mãe Regina e meu irmão Vinícius.

Meu orientador Prof. Dr. João Osvaldo Rodrigues Nunes.

Meu amigo João Osvaldo.

República Balão Mágico: Julião (Júlio), Diogão (Diogo), Paulinho (Paulo), Duber (Deuber), Da Pontinha (Rafael Da Ponta), Pedrones (Pedro).

Ao pessoal do Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos da FCT/UNESP, que por lá passaram durante o período de realização do trabalho.

TCRE Engenharia Ltda.

Leandro "Astorga".

Tiago Samizava.

DAEM (Departamento de Água e Esgoto de Marília-SP).

CETESB (Companhia Ambiental de São Paulo).

Colegas do Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Prof. Dr. José Tadeu Garcia Tommaselli.

Prof. Dra. e amiga Maria Cristina Perusi.

Minha namorada Érika.

Meu amigo-irmão Nelsinho.

Meus amigos-irmãos de Marília: Tilico, Benette, Willião, Fernando e Tio Armando.

Pessoal da Secretaria de Pós-Graduação.

FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo).

## Epígrafe

*“Ser amigo certo e fiel é demonstrar uma verdadeira virtude, glória de nossa natureza humana. Nenhum homem, jovem ou velho, pode ter mais honra do que se considerar realmente um amigo de alguém e ser digno da confiança total dessa pessoa”.*

**SUMÁRIO**

---

Índice	2
I- Lista de figuras	5
II- Lista de quadros	11
Resumo	12
Abstract	13
Introdução e Justificativa	14
Objetivos	18
Procedimentos Metodológicos	19
Capítulo 1- REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO	22
Capítulo 2 - GÊNESE E FORMAÇÃO DO RELEVO DA CIDADE DE MARÍLIA-SP	42
Capítulo 3 - SISTEMA DE ESGOTOS SANITÁRIOS	79
Capítulo 4 - O RELEVO E O SISTEMA DE AFASTAMENTO DE ESGOTOS	96
Capítulo 5 - O RELEVO E O SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS	150
Considerações Finais	179
Referências Bibliográficas	186
Anexos	192

## ÍNDICE

---

<b>I- Lista de figuras</b>	5
<b>II- Lista de quadros</b>	11
<b>Resumo</b>	12
<b>Abstract</b>	13
<b>Introdução e Justificativa</b>	14
<b>Objetivos</b>	18
<b>Procedimentos Metodológicos</b>	19
<b>CAPÍTULO 1. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO</b>	22
1. Tempo e Espaço em Geomorfologia: morfogênese e morfodinâmica	22
2. Paisagem e Geomorfologia: um olhar materialista histórico e dialético	28
3. Técnica e Desafio Ambiental	35
<b>CAPÍTULO 2. GÊNESE E FORMAÇÃO DO RELEVO DA CIDADE DE MARÍLIA-SP</b>	42
1. Bacia Sedimentar do Paraná	44
2. Planalto Ocidental Paulista	49
3. Planalto Residual de Marília	52
4. O Relevo de Marília-SP	61
4.1. Rampas Colúvio-Aluvionares	71
4.2. Perfis Topográficos	73
4.3. Caracterização Pedológica	73
4.3.1. Os Argissolos	75
4.3.2. Os Latossolos	76
4.3.3. Os Planossolos	77
4.3.4. Os Neossolos	78
<b>CAPÍTULO 3. SISTEMA DE ESGOTOS SANITÁRIOS</b>	79
1. Breve História do Tratamento de Esgoto	79
2. Legislação	81
3. Caracterização Geral de um Sistema de Esgotos Sanitários	82
4. Fatores Locacionais, Número de Estações e Nível de Tratamento	88

5. O Sistema de Afastamento e Tratamento de Esgoto da Cidade de Marília-SP	90
<b>CAPÍTULO 4. O RELEVO E O SISTEMA DE AFASTAMENTO DE ESGOTOS</b>	96
1. Subsistema Barbosa	99
1.1. Estações Elevatórias	104
1.1.1. Estação Elevatória 1.1	104
1.1.2. Estação Elevatória 1.2	105
1.1.3. Estação Elevatória 2.1	106
1.2. Emissários por Gravidade Forçada	108
1.2.1. Emissário 2.1	109
1.2.2. Emissário 2.15	111
1.2.3. Emissário 2.4	112
1.2.4. Emissário 2.5	113
2. Subsistema Pombo	115
2.1. Emissários por Gravidade Livre e Forçada	119
2.1.1. Emissário 3.1	119
2.1.2. Emissário 3.4	121
2.1.3. Emissário 3.5	123
2.1.4. Emissário 3.7	125
2.1.5. Emissário 3.10	126
2.1.6. Emissário 3.12	128
3. Subsistema Palmital	130
3.1. Estações Elevatórias	134
3.1.1. Estação Elevatória 4.1	134
3.1.2. Estação Elevatória 4.2	136
3.1.3. Estação Elevatória 4.3	137
3.1.4. Estação Elevatória 5.1	138
3.1.5. Estação Elevatória 6.1	138
3.1.6. Estação Elevatória 6.2	139
3.2. Emissários por Gravidade Livre e Forçada	142
3.2.1. Emissário 5.1	142
3.2.2. Emissário 5.3	144

3.2.3. Emissário 5.4	145
3.2.4. Emissário 5.5	147
<b>CAPÍTULO 5. O RELEVO E O SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS</b>	150
1. Morfodinâmica das Paisagens: Condicionantes Geomorfológicos, Geológicos/Hidrogeológicos e Pedológicos para Seleção de Áreas	150
2. Estação de Tratamento de Esgotos Barbosa	157
2.1. Dimensão das Unidades do Sistema	160
2.2. O Local de Instalação e Arredores	162
2.3. O Projeto de Geotecnia	163
2.3.1. O Parecer Geotécnico	164
3. Estação de Tratamento Pombo	165
3.1. Dimensão das Unidades do Sistema	169
3.2. O Local de Instalação e Arredores	171
3.3. O Projeto de Geotecnia	172
3.3.1. O Parecer Geotécnico	173
4. Estação de Tratamento Palmital	174
4.1. Dimensão das Unidades do Sistema	177
4.2. O Local de Instalação e Arredores	178
<b>Considerações Finais</b>	180
<b>Referências Bibliográficas</b>	187
<b>Anexos</b>	193

## I- LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Mapa de localização da cidade de Marília no Estado de São Paulo.	4
<b>Figura 2:</b> Representações lineares do tempo.	23
<b>Figura 3:</b> Ciclo evolutivo de avanços sobre a natureza.	39
<b>Figura 4:</b> Interação entre as dinâmicas da natureza e da sociedade.	41
<b>Figura 5:</b> Representação Esquemática das Unidades Taxonômicas.	43
<b>Figura 6:</b> Disposição das camadas nas seqüências sedimentares.	45
<b>Figura 7:</b> Seção Geológica Esquemática do Estado de São Paulo.	46
<b>Figura 8:</b> Mapa geológico de Marília e região.	47
<b>Figura 9:</b> Afloramento da Formação Marília. Corte na rodovia SP-333.	48
<b>Figura 10:</b> Perfuração sobre a Formação Marília para passagem de tubulação do Sistema de Afastamento de Esgoto. Nota-se o afloramento do aquífero freático.	48
<b>Figura 11:</b> Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo.	50
<b>Figura 12:</b> Mapa hipsométrico de parte do Planalto Ocidental Paulista. O retângulo indica a localização do Planalto de Marília.	53
<b>Figura 13:</b> Organização da drenagem em estrutura concordante horizontal, com início da incisão do talvegue.	55
<b>Figura 14:</b> Fundo de vale em berço resultado do entalhamento linear em uma das bordas do Planalto de Marília. Ao longo das vertentes é possível identificar os patamares estruturais associados aos terraços fluviais. As letras correspondem aos antigos níveis do curso d'água.	56
<b>Figura 15:</b> Evolução do entalhamento dos talvegues por imposição tectônica (efeitos epirogenéticos).	56
<b>Figura 16:</b> Recuo da camada resistente por solapamento basal da camada friável, subjacente.	57
<b>Figura 17:</b> Recuo Paralelo das vertentes por desagregação mecânica (clima seco), com conseqüente soerguimento de nível de base.	58
<b>Figura 18:</b> Fundo de vale em "V". A tendência de evolução do relevo seria a abertura do vale (nível de base) e a incisão do talvegue seria remontante, ou seja, em direção a malha urbana circundante.	58
<b>Figura 19:</b> Fundo de vale de fundo chato. Evolução do relevo se verifica pelo distanciamento das bordas e a camada resistente se suavizando.	59

- Figura 20:** Morfologia tabuliforme atual, evidenciando os principais elementos resultantes da evolução das estruturas concordantes horizontais. 60
- Figura 21:** Mapa Geomorfológico do perímetro urbano do município de Marília-SP. 62
- Figura 22:** Mapa Hipsométrico do município de Marília-SP. 63
- Figura 23:** Mapa clinográfico do município de Marília-SP. 64
- Figura 24:** Vista aérea da expansão urbana sobre o topo do Planalto de Marília. Percebe-se o limite que a escarpa oferece ao perímetro urbano da cidade. 65
- Figura 25:** Casa de condomínio fechado próximo a escarpa. 66
- Figura 26:** Favelas em áreas próximas a escarpa. 66
- Figura 27:** Fundo de vale em “V” em área em que a distância entre as escarpas é curta. 67
- Figura 28:** Vale de fundo chato dando origem a uma planície aluvial em área em que a distância entre as escarpas é grande. 68
- Figura 29:** Planície aluvial localizada em um vale de fundo chato originado por entalhamento linear entre as bordas de duas escarpas. 69
- Figura 30:** Escarpas abruptas características do Planalto de Marília. Observa-se o avanço da urbanização até seus limites. 69
- Figura 31:** Cabeceira de drenagem em anfiteatro formada pelas rampas de colúvio. 70
- Figura 32:** Rampas colúvio-aluvionares. A com círculo amarelo indica uma rampa mais recente no ciclo coluvial, e a com o círculo vermelho indica uma rampa mais antiga. 73
- Figura 33:** Análise dos perfis topográficos 1 (ETE Barbosa - ETE Palmital), 2 (ETE Barbosa - ETE Pombo) e 3 (ETE Pombo - ETE Palmital), ilustrados nos mapas geomorfológico, hipsométrico e clinográfico. 73
- Figura 34:** Componente paralelo à esquerda e componente perpendicular à direita. 74
- Figura 35:** O relevo condicionando níveis de infiltração e de escoamento. 75
- Figura 36:** Perfil topográfico com tendência de localização dos tipos de solos conforme o relevo da cidade de Marília-SP. 78

<b>Figura 37:</b> Eixos de expansão urbana sobre o relevo.	91
<b>Figura 38:</b> Estação elevatória do Subsistema Barbosa (bacia do Cascatinha) sendo construída.	92
<b>Figura 39:</b> Sistema de Afastamento e Tratamento de Esgoto de Marília-SP.	93
<b>Figura 40:</b> Ilustração esquemática de uma estação elevatória.	98
<b>Figura 41:</b> Subsistema Barbosa e principais emissários.	99
<b>Figura 42:</b> Localização do subsistema Barbosa no mapa hipsométrico do município.	101
<b>Figura 43:</b> Localização do subsistema Barbosa no mapa clinográfico do município.	102
<b>Figura 44:</b> Ponto de lançamento de esgoto bruto na bacia do Córrego Barbosa.	103
<b>Figura 45:</b> Localização da estação elevatória (EE) 1.1 e respectivo emissário por recalque (ER).	105
<b>Figura 46:</b> Perfil topográfico do emissário por recalque 1.1.	105
<b>Figura 47:</b> Localização da estação elevatória 1.2 e respectivo emissário por recalque.	106
<b>Figura 48:</b> Perfil topográfico do emissário por recalque 1.2.	106
<b>Figura 49:</b> Localização da estação elevatória 2.1 e respectivo emissário por recalque.	107
<b>Figura 50:</b> Perfil topográfico do emissário por recalque 2.1.	107
<b>Figura 51:</b> Na foto da esquerda pode-se ver uma rampa de colúvio, por onde alguns emissários descerão, visto na foto da direita.	109
<b>Figura 52:</b> Localização do conduto forçado por gravidade 2.1.	110
<b>Figura 53:</b> Perfil topográfico do emissário 2.1.	110
<b>Figura 54:</b> Localização do conduto forçado por gravidade 2.15.	111
<b>Figura 55:</b> Perfil topográfico do emissário 2.15.	111
<b>Figura 56:</b> Localização do conduto forçado por gravidade 2.4..	112
<b>Figura 57:</b> Perfil topográfico do emissário 2.4.	112
<b>Figura 58:</b> Localização do conduto forçado por gravidade 2.5.	113
<b>Figura 59:</b> Perfil topográfico do emissário 2.5.	114
<b>Figura 60:</b> Travessia aérea do curso d'água com uso de conduto feito de ferro dúctil.	114

<b>Figura 61:</b> Subsistema Pombo e principais emissários.	116
<b>Figura 62:</b> Localização do Subsistema Pombo no mapa hipsométrico do município.	117
<b>Figura 63:</b> Localização do Subsistema Pombo no mapa clinográfico do município.	118
<b>Figura 64:</b> Localização do emissário 3.1.	120
<b>Figura 65:</b> Perfil topográfico do emissário 3.1.	120
<b>Figura 66:</b> Perfil topográfico do primeiro trecho forçado por gravidade do emissário 3.1.	121
<b>Figura 67:</b> Perfil topográfico do segundo trecho forçado por gravidade do conduto 3.1.	121
<b>Figura 68:</b> Localização do emissário 3.4.	122
<b>Figura 69:</b> Perfil topográfico do emissário 3.4.	122
<b>Figura 70:</b> Perfil topográfico do trecho forçado por gravidade do emissário 3.4.	123
<b>Figura 71:</b> Localização do emissário 3.5.	124
<b>Figura 72:</b> Perfil topográfico do emissário 3.5.	124
<b>Figura 73:</b> Perfil topográfico do trecho forçado por gravidade do emissário 3.5.	125
<b>Figura 74:</b> Localização do emissário 3.7.	126
<b>Figura 75:</b> Perfil topográfico do emissário 3.7.	126
<b>Figura 76:</b> Perfil topográfico do trecho forçado por gravidade do emissário 3.7.	126
<b>Figura 77:</b> Localização do emissário 3.10.	127
<b>Figura 78:</b> Perfil topográfico do emissário 3.10.	127
<b>Figura 79:</b> Perfil topográfico do trecho forçado por gravidade do emissário 3.10.	128
<b>Figura 80:</b> Localização do emissário 3.12.	129
<b>Figura 81:</b> Perfil topográfico do emissário 3.12.	129
<b>Figura 82:</b> Perfil topográfico do trecho forçado por gravidade do emissário 3.12.	130
<b>Figura 83:</b> Subsistema Palmital e principais emissários.	130
<b>Figura 84:</b> Localização do subsistema Palmital no mapa hipsométrico do município.	132
<b>Figura 85:</b> Localização do subsistema Palmital no mapa clinográfico do município.	133

<b>Figura 86:</b> Localização da estação elevatória 4.1 e do seu respectivo emissário por recalque.	135
<b>Figura 87:</b> Perfil topográfico do emissário por recalque 4.1.	135
<b>Figura 88:</b> Localização da estação elevatória 4.2 e seu respectivo emissário por recalque.	136
<b>Figura 89:</b> Perfil topográfico do emissário por recalque 4.2.	136
<b>Figura 90:</b> Localização da estação elevatória 4.3 e seu respectivo emissário por recalque.	137
<b>Figura 91:</b> Perfil topográfico do emissário por recalque 4.3.	138
<b>Figura 92:</b> Localização da estação elevatória 6.1 e seu respectivo emissário por recalque.	139
<b>Figura 93:</b> Perfil topográfico do emissário por recalque 6.1.	139
<b>Figura 94:</b> Localização da estação elevatória 6.2 e respectivo emissário por recalque.	140
<b>Figura 95:</b> Perfil topográfico do emissário por recalque 6.2.	140
<b>Figura 96:</b> Localização do emissário 5.1.	143
<b>Figura 97:</b> Perfil topográfico do emissário 5.1.	143
<b>Figura 98:</b> Perfil topográfico do trecho forçado por gravidade do emissário 5.1.	144
<b>Figura 99:</b> Localização do emissário 5.3.	145
<b>Figura 100:</b> Perfil topográfico do emissário 5.3.	145
<b>Figura 101:</b> Perfil topográfico do trecho por gravidade forçada do emissário 5.3.	145
<b>Figura 102:</b> Localização do emissário 5.4.	146
<b>Figura 103:</b> Perfil topográfico do emissário 5.4.	146
<b>Figura 104:</b> Perfil topográfico do trecho por gravidade forçada do emissário 5.4.	147
<b>Figura 105:</b> localização do emissário 5.5.	147
<b>Figura 106:</b> Perfil topográfico do emissário 5.5.	148
<b>Figura 107:</b> Perfil topográfico do trecho por gravidade forçada do emissário 5.5.	148
<b>Figura 108:</b> Principais unidades aquíferas do Estado de São Paulo.	153
<b>Figura 109:</b> Modelo hidrogeológico conceitual do Aquífero Bauru.	154

<b>Figura 110:</b> Localização da estação de tratamento Barbosa.	157
<b>Figura 111:</b> Perfil esquemático, sem escala, da estação de tratamento Barbosa.	160
<b>Figura 112:</b> Imagem de localização da área e arredores da estação de tratamento Barbosa.	162
<b>Figura 113:</b> Fotos da área escolhida para instalação da estação de tratamento Barbosa.	163
<b>Figura 114:</b> Localização da estação de tratamento Pombo.	166
<b>Figura 115:</b> Perfil esquemático, sem escala, da estação de tratamento Pombo.	168
<b>Figura 116:</b> Imagem de localização da área e arredores da estação de tratamento Pombo.	171
<b>Figura 117:</b> Fotos da área escolhida para instalação da estação de tratamento Pombo.	171
<b>Figura 118:</b> Localização da estação e tratamento Palmital.	173
<b>Figura 119:</b> Perfil esquemático, sem escala, da estação de tratamento Palmital.	176
<b>Figura 120:</b> Imagem de localização da área e arredores da estação de tratamento Palmital.	177
<b>Figura 121:</b> Fotos da área escolhida para instalação da estação de tratamento Palmital.	179
<b>Figura 122:</b> Porcentagem de emissários por gravidade e recalque dentro do Sistema de Afastamento de Esgoto.	182
<b>Figura 123:</b> Porcentagem de emissários por subsistema.	182
<b>Figuras 124, 125 e 126:</b> Porcentagem de emissários por gravidade (livre ou forçada) e recalque em cada subsistema.	183
<b>Figura 127:</b> Porcentagem dos emissários analisados do subsistema Pombo e Palmital por gravidade livre ou forçada.	183
<b>Figuras 128 e 129:</b> Porcentagem de emissários por gravidade livre ou forçada individualizados para o subsistema Pombo e Palmital.	184
<b>Figuras 130 e 131:</b> Materiais dos emissários por gravidade forçada analisados individualizados para o subsistema Pombo e Palmital.	185
<b>Figuras 132 e 133:</b> Materiais dos emissários por gravidade livre analisados individualizados para o subsistema Pombo e Palmital.	185

**II- LISTA DE QUADROS**

<b>Quadro 1:</b> Enquadramento dos corpos d'água.	94
<b>Quadro 2:</b> Comprimento dos emissários por recalque e gravidade.	97
<b>Quadro 3:</b> Extensão dos condutos no Subsistema Barbosa.	103
<b>Quadro 4:</b> Extensão dos condutos por bacias.	104
<b>Quadro 5:</b> Características dos conjuntos elevatórios do Subsistema Barbosa.	108
<b>Quadro 6:</b> Comprimento dos emissários no Subsistema Palmital.	134
<b>Quadro 7:</b> Comprimento dos emissários por bacias.	134
<b>Quadro 8:</b> Características dos conjuntos elevatórios do Subsistema Palmital.	142

## RESUMO

---

Para a concepção, projeção e construção de grandes obras de engenharia, a análise geomorfológica torna-se fundamental. A cidade de Marília-SP, por apresentar peculiaridades na morfologia do relevo que a sustenta, tem seu sistema de afastamento e tratamento de esgotos fortemente influenciado pelas suas características. Localizada na morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná e na morfoescultura do Planalto Ocidental Paulista, mais precisamente no Planalto Residual de Marília, representa um típico relevo Tabuliforme de centro de bacia. Dessa forma, em combinação com os outros elementos técnicos, econômicos e ambientais, chegou-se ao projeto de três subsistemas de afastamento e tratamento, Barbosa, Pombo e Palmital, a partir das seis bacias de esgotamento em que a cidade é dividida. Assim, tendo como objetivo principal verificar a adequabilidade ambiental das áreas escolhidas para a construção das estações de tratamento do ponto de vista geomorfológico, analisou-se, ainda, a influência que o relevo teve no dimensionamento hidráulico dos emissários (diâmetros e extensões), no tipo de escoamento (livres ou forçados por gravidade), nos materiais de que são feitos (PVC, ferro dúctil ou ferro fundido), nas estações elevatórias (potência de bombas, alturas manométricas, linhas de recalque, material dos condutos e diferenças altimétricas), além da morfodinâmica das áreas das estações de tratamento. Para tanto, juntamente com trabalhos de campo, utilizou-se os mapas geomorfológico, hipsométrico e clinográfico da cidade, além de perfis topográficos, como ferramentas de auxílio para a pesquisa.

**Palavras-chave:** Marília-SP, Geomorfologia, Relevo, Esgoto, Estações de Tratamento e Emissários.

## ABSTRACT

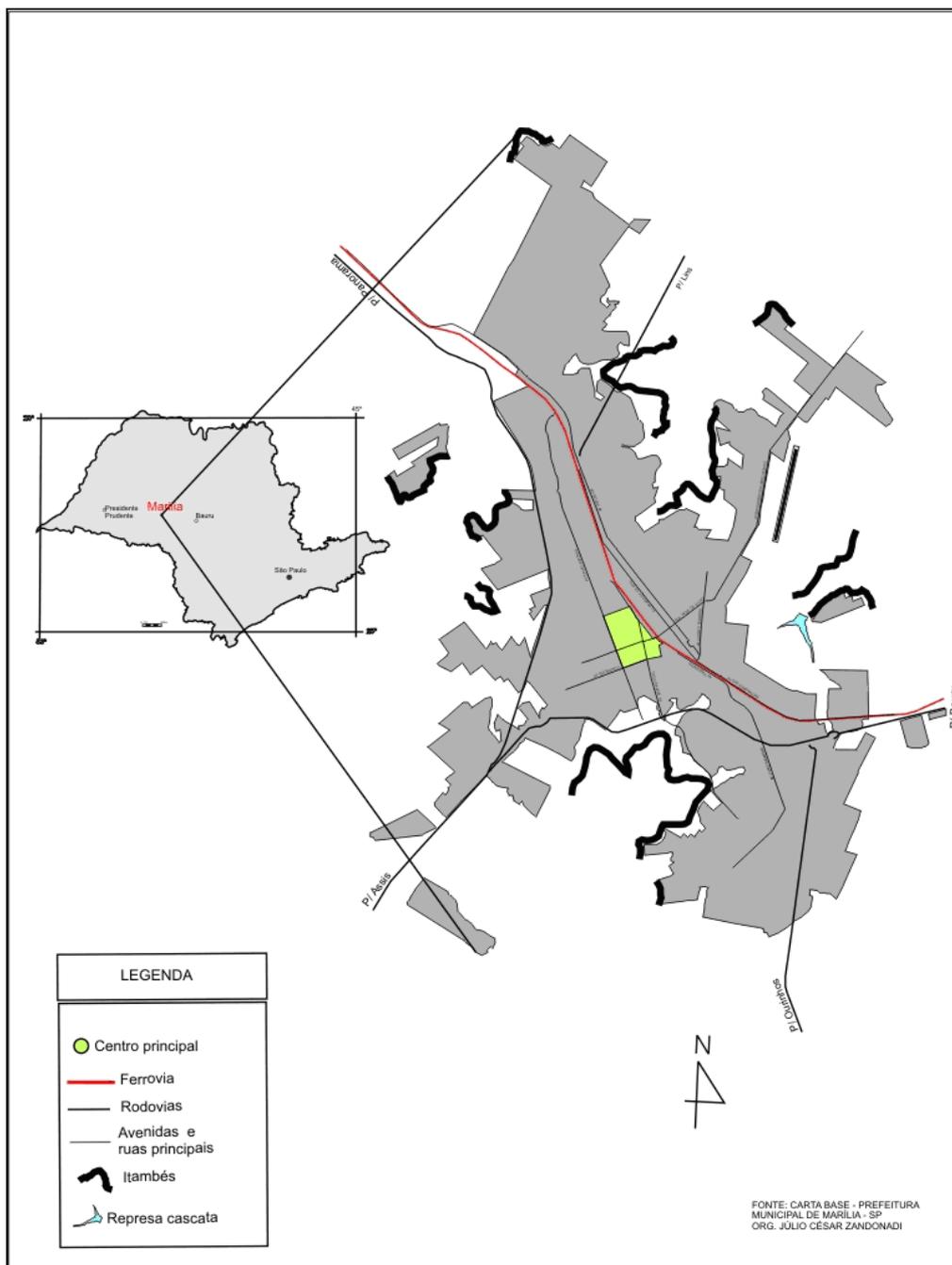
---

To major engineering works design, projection and building, geomorphological analysis became fundamental. Marília city, São Paulo, featuring peculiarities in its relief morphology that sustains it, has its sewage removal and treatment system strongly influenced by their characteristics. Located at Paraná Sedimentary Basin morphostructure and at Paulista Occidental Plain morphosculpture, precisely on the Marília Residual Plateau, the city represents a typical middle-basin Mesa relief. Thus, in combination with others technical, economic and environmental elements, three treatment and withdraw systems have been projected – Barbosa, Palmital and Pombo – from six sewer basin the city is divided. Thus, aiming to verify the environmental suitability of the selected areas for the construction of sewage treatment by the geomorphological point of view, we analyzed also the influence that the field had the hydraulic design of the emissaries (diameters and lengths), in type of flow (free or forced by gravity), for the materials they are made (PVC, ductile iron or cast iron), the pumping stations (power pump, manometer elevation lines, repression, and material of the grafts varied altitude) in addition of the morphodynamics of treatment plants areas. Therefore, along with field work, we used geomorphological, hipsometric and clinographic maps, in addition to topographic profiles, as tools to aid the research.

**Keywords:** Marília-SP, Geomorphology, Relief, Sewage, Treatment Stations and Emissaries.

## INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A cidade de Marília-SP localiza-se no Centro-Oeste Paulista (Figura 1). Geomorfologicamente situa-se na morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná e na morfoescultura do Planalto Ocidental Paulista, mais precisamente no Planalto Residual de Marília.



**Figura 1:** Localização da cidade de Marília-SP.

O tipo de relevo que o caracteriza é o Tabuliforme. Típico em centro de bacias sedimentares, seu processo de evolução está relacionado com as alternâncias climáticas ocorridas durante o período geológico do Quaternário. Ele é caracterizado por camadas sedimentares horizontais ou sub-horizontais que correspondem a chapadas, chapadões e tabuleiros que lembram a presença de mesa, uma extensão de mesa ou tabuleiros mantidos por camadas basálticas ou sedimentos mais resistentes, além de concreções ferralítico (CASSETI, 2001).

Especificamente na cidade, o relevo é composto por um grande compartimento de topo (espigão divisor de águas da bacia hidrográfica do Rio do Peixe e da bacia hidrográfica do Rio Aguapeí) interligado a topos secundários, cujo domínio das vertentes tem por característica interligar os topos às escarpas (delimitadoras do Planalto de Marília) e tende a ficar mais acidentado, quanto mais se aproximam delas. Por possuir essa morfologia, torna-se zona dispersora de drenagem. Os córregos que nascem nas cabeceiras dos espigões fluem nas mais diversas direções, muitas vezes recortando a malha urbana e desaguando nas escarpas até alcançarem os rios principais que drenam a região ao entorno do município.

Foi esta peculiar morfologia do relevo que influenciou a concepção do Sistema de Afastamento e Tratamento de Esgoto, desde sua configuração mais geral, composta por três subsistemas (Barbosa, Pombo e Palmital), até a locação e características hidráulicas de cada emissário e escolha das áreas para construção das estações de tratamento.

Desse modo, a Geomorfologia ganha relevância para estudos com fins de instalação de grandes empreendimentos, por estudar as formas de relevo, suas características morfológicas, materiais que o compõem, processos atuantes, fatores controlantes e dinâmica evolutiva.

Aplicar os conhecimentos da Geomorfologia na análise do Sistema de Afastamento e Tratamento de Esgoto de Marília respalda-se não só na necessidade de conhecer as características do relevo da cidade, mas também pela a importância do tratamento do esgoto produzido para melhoria da condição de vida da população e não poluição de solos e águas.

Sabe-se que toda e qualquer atividade econômica sempre se inicia com uma apropriação de algum bem ambiental: a terra, os minérios, a

vegetação, o ar, as águas, os animais. Ao longo do processo produtivo, parte do que foi apropriado é devolvido ao mesmo ambiente, agora sob a forma de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, que são despejados nas águas, na atmosfera ou no solo. Uma vez completado o ciclo produção-consumo, o bem já utilizado, quando não compensador seu reaproveitamento, é abandonado no ambiente.

O desenvolvimento econômico intensifica as intervenções sobre a natureza e a devolução ao ambiente dos resíduos. Há, conseqüentemente, uma interação entre esses dois sistemas, o econômico e o natural. Aquilo que se retira e volta ao ambiente, por obra das atividades econômicas, passa a ganhar relevância para ambos, não podendo mais ser ignorado. Conforme a lei da conservação da massa, matéria e energia nunca são criadas nem eliminadas, o que acontece é sua transformação de uma forma para outra. Conclui-se, portanto, que não se pode criar algo do nada nem transformar algo em nada, ou seja, tudo que existe provém de matéria e energia preexistentes, só que em outra forma. Todas as atividades, sejam elas oriundas das dinâmicas da natureza ou da sociedade são realizadas a partir de matéria e energia proveniente do próprio planeta, isto é, de elementos naturais que, sob aproveitamento humano, tornam-se recursos.

A intensificação da exploração desses recursos naturais pelas sociedades ao longo do tempo deu-se pela sua capacidade de acumular riquezas simultaneamente ao seu desenvolvimento tecnológico. Assim, avanço das técnicas tem como conseqüência crescente busca por recursos naturais.

Sabendo da não aniquilação total das matérias e energias em todas as atividades dos seres vivos, elevação no consumo de recursos naturais significa aumento da produção de resíduos e rejeitos, muitas vezes indesejáveis a quem os eliminou. Esses, quando não reutilizados para outros fins, seja pela própria sociedade, ou pelas dinâmicas naturais, através, principalmente, dos ciclos biogeoquímicos, devem ser dispostos de maneira adequada, sob o risco, em caso contrário, de provocar poluição ambiental.

Um dos desafios atualmente é a busca do equilíbrio entre as ações da sociedade com a conservação dos recursos naturais. Nas cidades esse desafio torna-se especialmente mais acentuado na medida em que elas representam os níveis mais elevados de intervenção antrópica na natureza.

Exemplo de problema enfrentado pelas administrações públicas são a correta coleta, tratamento e destinação dos esgotos sanitários. Eles são comumente lançados *in natura* nos corpos d'água sem prévio tratamento para que sejam eliminadas substâncias potencialmente poluidoras.

O elemento natural relevo surge como ponto central no problema do tratamento de esgoto, no momento em que passa a ser visto com recurso para suporte de tubulações e estações de tratamento, principalmente no que se refere à disponibilidade e avaliação de áreas. E como será visto no decorrer do trabalho, essa relação de influência é determinante.

## OBJETIVOS

---

Perante o exposto, estabeleceu-se como objetivo geral do trabalho, verificar a adequabilidade ambiental, do ponto de vista geográfico/geomorfológico, das áreas escolhidas para receber as estações de tratamento de esgoto.

Para alcançá-lo, traçaram-se os seguintes objetivos específicos:

- Contextualização do relevo da cidade na geomorfologia regional;
- Caracterização da gênese de formação e constante evolução dos relevos tabuliformes;
- Caracterização do sistema de afastamento de esgoto da cidade de Marília-SP e sua relação com o relevo;
- Caracterização do sistema de tratamento de esgoto da cidade de Marília-SP e sua relação com o relevo;
- Caracterização das morfodinâmicas das paisagens dos locais escolhidos para instalação das estações de tratamento de esgoto da cidade;
- Elaboração de documentos cartográficos, quais sejam: mapa hipsométrico e mapa clinográfico do município e perfis topográficos.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

---

Para melhor compreensão dos procedimentos utilizados nesse trabalho, resolveu-se dividi-lo em duas partes: organização, estruturação e elaboração dos capítulos e documentos cartográficos.

O capítulo 1 diz respeito ao referencial teórico-metodológico do trabalho. Nele estão contidas as bases e referências utilizadas para o desenvolvimento do restante dos capítulos. Discutem-se as diferentes temporalidades e espacialidades envolvidas na pesquisa. O tempo é discutido através dos conceitos de morfogênese e morfodinâmica, onde estão inseridos os tempos geológico, geomorfológico e histórico, e o espaço a partir dos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura. Há ainda a discussão acerca das paisagens e suas relações com a geomorfologia. Por meio do método de pensamento materialista histórico e dialético analisam-se suas formas de apropriação e modificações em suas dinâmicas, tendo como ponto balizador o relevo. Encerra-se o capítulo com o tema técnica e seu vínculo com o debate ambiental, onde se analisam seus usos e aplicações e conseqüências nas mudanças o ambiente e dinâmica das paisagens.

O capítulo 2 trata da gênese de formação do relevo da cidade de Marília-SP. Busca-se nele, por meio das relações morfogenética, morfoclimática, tectodinâmica e litoestratigráfica que o relevo da cidade mantém com as unidades geomorfológicas de maior extensão espacial, as raízes de sua gênese, para melhor compreender sua formação e processo evolutivo.

No terceiro capítulo se apresentam-se questões relativas a sistemas de esgotos sanitários. Faz-se uma breve história do tratamento de esgoto, suas origens, evolução e atual situação. A seguir listam-se algumas leis que respaldam, garantem e normatizam o direito dos cidadãos a um ambiente saudável por meio, dentre outras coisas, da coleta e tratamento de esgotos. Demonstram-se, ainda, as características e elementos que compõem um sistema de esgotos sanitários. Há também a discussão sobre os fatores que condicionam a escolha de áreas para estações de tratamento, que quantificam sua quantidade e o nível de tratamento que deverá atingir. Tendo esses elementos em mãos, o capítulo é encerrado com a apresentação do projeto

adotado para o sistema de afastamento e tratamento de esgoto da cidade, sempre procurando manter suas relações com o relevo.

O capítulo 4 aborda a relação do relevo da cidade especificamente com o sistema de afastamento de esgoto. Analisam-se as relações existentes entre as locações dos emissários, os materiais de que são feitos e seus diâmetros com o relevo em cada subsistema. Os meios utilizados para demonstrá-las foram mapas hipsométricos, clinográficos e perfis topográficos dos condutos.

No quinto e último capítulo aborda-se a relação do relevo da cidade especificamente com o sistema de tratamento de esgoto. Analise-se a morfodinâmica das paisagens dos locais escolhidos para a instalação das estações de tratamento por meio de condicionantes geomorfológicos, geológicos/hidrogeológicos e pedológicos para avaliação das áreas. Posteriormente, em cada estação, apresentam-se as características dos sistemas de tratamento, suas dimensões, projetos e pareceres geotécnicos.

Os capítulos foram organizados de forma a apresentar uma linearidade de pensamento. Partiu-se dos referenciais teóricos que, orientariam e balizariam metodologicamente a elaboração dos outros capítulos. Apresentou-se, a seguir, a gênese de formação do relevo da cidade e suas características com o intuito de já inicialmente ter-se claras as influências que dele poderia ter para o sistema de afastamento e tratamento de esgoto. Posteriormente colocam-se as características de um sistema de esgotos sanitários e se apresenta o projeto de Marília. Depois disso, o quarto e quinto capítulos discutem, separadamente, as relações do relevo com o afastamento e com o tratamento. As discussões acerca da adequabilidade ambiental das áreas das três estações sob o ponto de vista geomorfológico ficaram reservadas para as considerações finais.

Após apresentar os procedimentos utilizados para a organização, estruturação e elaboração dos capítulos, passa-se agora aos procedimentos utilizados para a elaboração dos documentos cartográficos.

Os mapas hipsométricos foram elaborados a partir de imagens SRTM (shuttle radar topography mission) do banco de dados "Brasil em Relevo" da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/index.htm>). As folhas utilizadas

foram: sf-22-x-c, sf-22-z-a, sf-22-z-b. Com o uso do software Global Mapper 8<sup>1</sup>, fez-se o recorte do território municipal e, utilizando o software Corel Draw 13<sup>2</sup>, arte final onde foram colocadas as coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator), a orientação do norte, a parte textual e de digitalização dos subsistemas.

Os clinográficos foram elaborados a partir da extração das curvas de nível com eqüidistância de 20 metros do mapa hipsométrico do município no Global Mapper 8. Posteriormente, com a utilização do software Idrisi 3.2, por meio do estabelecimento da rede triangular entre as curvas de nível, obteve-se o mapa de declividades com cinco classes: 0-5%, 6-10%, 11-15%, 16-20% e acima de 20%. Com o software Corel Draw 13 fez-se arte final: colocou-se as coordenadas UTM, a orientação do norte, a parte textual e de digitalização dos subsistemas.

Os mapas de localização de cada subsistema e dos emissários analisados foram elaborados no software Corel Draw 13 a partir da base digital cedida pela TCRE Engenharia Ltda., empresa que gerencia as obras.

Os perfis topográficos foram elaborados no software Global Mapper 8, tendo como base o mapa hipsométrico do município. Com o uso de uma ferramenta específica, digitaliza-se sobre o mapa hipsométrico o perfil desejado a ser gerado. Quanto aos perfis dos emissários, esses foram sobrepostos ao mapa hipsométrico a partir da base digital e, com a mesma ferramenta, digitalizou-se os condutos, gerando assim, seus perfis. A arte final foi feita no software Corel Draw 13.

---

<sup>1</sup> Global Mapper é marca registrada Global Mapper Software LLC.

<sup>2</sup> Corel Draw é marca registrada da Corel Corporation.



## CAPÍTULO 1

### REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

---

#### 1. Tempo e Espaço em Geomorfologia: morfogênese e morfodinâmica

A discussão acerca de tempo e espaço em Geomorfologia faz-se remontar às origens dessa disciplina como campo de conhecimento específico, tanto por seu objeto quanto por sua construção teórico-metodológica, que mantém relações com a Geologia e com a Geografia. Em razão disso, há uma Geomorfologia construída por geógrafos, que possui referências teóricas distintas da Geomorfologia construída por geólogos (SUERTEGARAY, 2002).

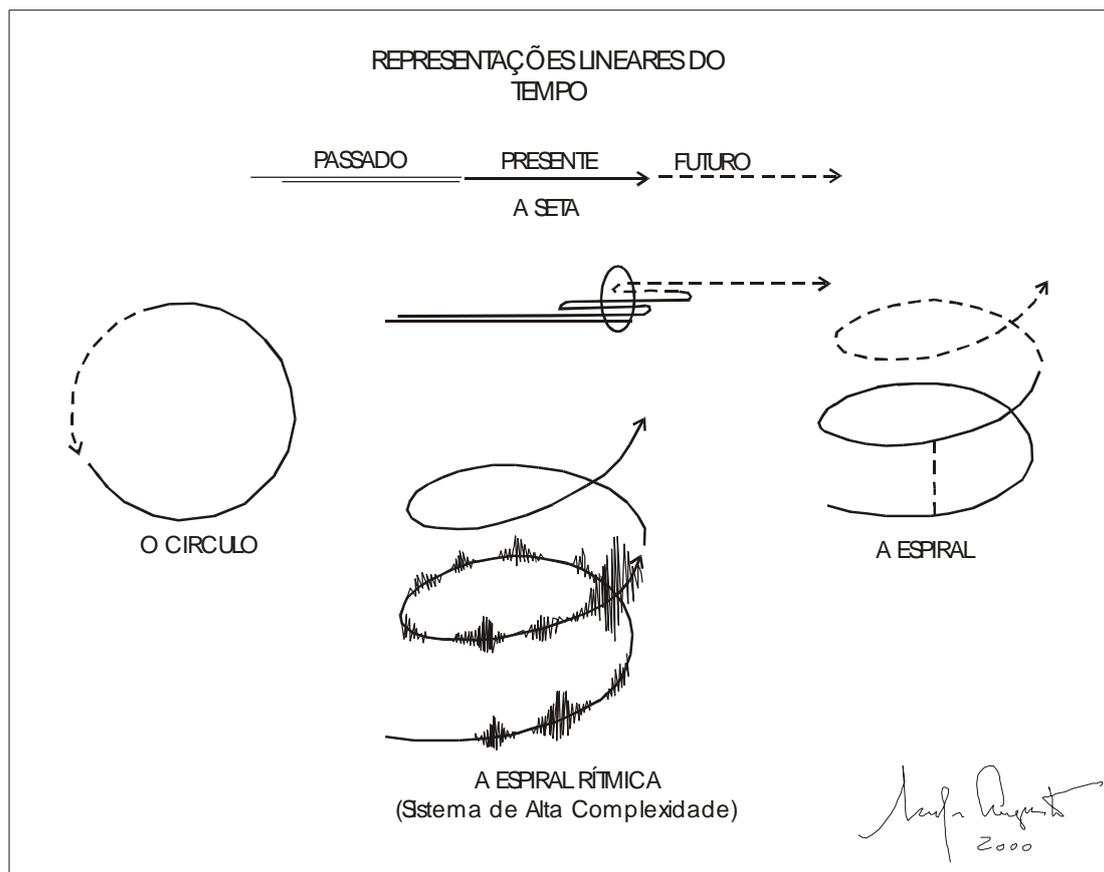
Baseado nessas duas interfaces da ciência geomorfológica há noções de tempo também distintas. Para o geógrafo, a Geomorfologia constituiu uma área de investigação que exige a compreensão do relevo em termos de processos e formas, ou seja, a explicação da gênese numa perspectiva histórico-evolutiva (SUERTEGARAY, 2002).

Para os geólogos, a Geomorfologia é entendida como instrumento de análise geológica. Compartimenta-se o relevo no intuito de delimitar a espacialidade das rochas, bem como diferenciar estruturas geológicas.

Assim, Suertegaray (2002) conclui genericamente que, a Geomorfologia de cunho geográfico privilegiou estudos morfogenéticos, enquanto a de cunho geológico privilegiou a configuração espacial na sua relação com a disposição interna das rochas.

A concepção de tempo em geologia foi discutida por Gould (1991) *apud* Suertegaray (2002) onde afirma que os geólogos conceberam o tempo através das metáforas da seta e do ciclo. O tempo concebido como **seta** representa a evolução, isto é, a seqüência irreversível de eventos que não se repetem. Já o concebido como **ciclo**, representa a ciclicidade de eventos em temporalidade estável, ou seja, são sempre imanentes e jamais modificados.

E os tempos de **espiral e espiral rítmica**, representam “um meio tempo entre o fluxo linear que, embora não se fechando em círculos, admite a possibilidade de um fluir curvo onde ocorrem aparentes retornos, assemelhados às condições pretéritas, mas aliados a um nível superior” (MONTEIRO, 2000). Estas perspectivas são bem ilustradas na Figura 2.



**Figura 2:** Representações lineares do tempo (MONTEIRO, 2000).

Das três concepções, duas são bem expressas na Geomorfologia.

O tempo enquanto cíclico-evolutivo, conforme explica Suertegaray (2002), é referência tanto para a Geologia como para a Geografia/Geomorfologia, porém com uma distinção: enquanto na primeira o princípio do atualismo tem sido a regra, isto é, o presente explica o passado, na segunda o tempo é valorizado para a compreensão do presente.

A mesma autora citando Rodhe (1996, p.131), afirma que “o atualismo não pode ser contemporaneamente mantido devido às evidências empíricas da existência, importância e contingência das catástrofes, à existência da mudança global e de origem antropogênica”.

Tanto a Geologia como a Geomorfologia para dimensionar o tempo utilizam a escala geológica, contudo as periodizações se diferem. A temporalidade utilizada nas análises dos geólogos busca a compreensão da origem da Terra. Nas análises dos geomorfólogos, a temporalidade se

restringe, segundo Suertegaray (2002), em decorrência do seu objeto (relevo), à era cenozóica, privilegiando o período quaternário e seus eventos característicos, particularmente as glaciações, como fundamentais na explicação genética do relevo.

Todavia, atualmente, com advento da discussão ambiental e dos questionamentos que ela traz consigo principalmente a da relação sociedade-natureza, em que o “progresso” econômico-social ao longo da história humana se deu baseado na degradação ambiental, faz repensar, de acordo com a mesma autora, a concepção de tempo nas análises geológicas e geomorfológicas.

Entretanto, ao inserir as dinâmicas da sociedade às dinâmicas naturais, não só a concepção de tempo foi repensada, mas também o arcabouço teórico-metodológico, ora compartimentado e dicotômico entre métodos de pensamento para o natural e o social. Essa discussão teórica, fortemente presente na ciência geográfica, se refletiu para a Geomorfologia.

Nunes *et al.* (2006) ao citar Casseti (1991) aponta algumas concepções deterministas e aspectos dicotômicos que ainda estão presentes na Geografia atual e principalmente na Geografia Física: as ciências naturais estudam a dinâmica da natureza e as ciências sociais estudam a dinâmica da sociedade; as ciências naturais estudam a natureza independente das atividades humanas e as ciências sociais analisam a natureza como uma criação social.

O atual debate teórico-epistemológico propõe a conjunção e integração dos elementos físicos, biológicos e antrópicos para compreensão do meio ambiente como sugere Bertrand através do conceito de paisagem em sua obra “Paisagem e Geografia Física Global” de 1968. Nesse sentido, ao considerar dimensão antropogênica nas análises geográfico/geomorfológicas e geológicas muda-se a concepção de tempo.

Portanto, baseado nos trabalhos de Suertegaray (1988) e Suertegaray e Nunes (2001), ao dimensionar a atuação da sociedade sobre o relevo e, conseqüentemente, sobre a paisagem, falam sobre uma periodização se referindo a uma temporalidade natural, que se acenta na escala geológica, e a uma temporalidade humana, acentada na escala histórica.

O chamado tempo da natureza está relacionado com dinâmicas estritamente naturais, enquanto o tempo do Homem está relacionado com dinâmicas combinadas da sociedade e da natureza. Percebe-se que, embora haja duas periodizações nas análises do tempo, na realidade elas ocorrem simultaneamente. Os eventos naturais não cessam enquanto os processos sociais de ocupação/apropriação do relevo e sua conseqüente transformação ocorrem.

A análise da formação e estruturação das diversas formas e tipos de relevo por processos unicamente da natureza ocorre por meio do tempo geológico, o tempo da morfogênese. Por outro lado, quando as análises estão voltadas aos usos e ocupações do relevo pela sociedade e seus respectivos impactos, o recorte de tempo é o histórico, o tempo da morfodinâmica.

Na morfogênese o tempo é geológico, o tempo que escoia. É o tempo das eras e períodos geológicos. Relaciona-se com as estruturas e modelados de relevo que foram e continuam sendo formados por processos geológicos e geomorfológicos. Assim, o tempo da morfogênese destaca-se quando o enfoque principal da análise geomorfológica recai sobre os processos morfogenéticos do relevo. O tempo aqui tende a ser linear, sem ritmos e oscilações decorrentes da ação humana. Os ritmos são resultados da própria ação da dinâmica da natureza.

No tempo histórico ou o tempo que faz, as morfologias da paisagem são transformadas e esculpidas, seja por processos naturais ou por processos humanos. É o tempo em que as ações antrópicas manifestam-se consideravelmente no ambiente<sup>3</sup>, sendo facilmente percebido e sentido por estar em constante mudança. Difunde-se a compreensão do homem como agente geológico-geomorfológico, ou como produtor/intensificador de processos geológico-geomorfológicos. O tempo aqui é cheio de ritmos e oscilações, decorrentes tanto de dinâmicas da sociedade quanto da natureza.

Reconhece-se, tanto na Geomorfologia quanto na Geografia, a escala como instrumento básico de análise dos fenômenos. Ela corresponde, no espaço, ao tamanho da área, e no tempo, a duração do evento (SUERTAGARAY, 2002). Essa afirmação é ratificada por Cruz (1974) e Nunes

---

<sup>3</sup> Ambiente e Paisagem são categorias de análise distintas, no entanto podem ser complementares por se combinarem dialeticamente.

*et al.* (2006) ao afirmar que a unificação das ciências ocorre a partir da articulação dos conceitos fundamentais, no caso da Geografia, de tempo e espaço.

Dessa forma, tem-se como tendência a utilização da escala geológica de tempo para escalas menores, isto é, que abrangem extensões de áreas muito grandes, em que se privilegiam estudos morfogenéticos. As alterações e modificações possuem dinâmicas lentas. Por outro lado, utiliza-se a escala histórica de tempo para escalas maiores, ou seja, áreas pontuais. Os estudos nessa perspectiva preocupam-se com as morfodinâmicas das paisagens. As transformações nelas ocorridas processam-se rapidamente (SUERTEGARAY, 2000).

O estudo do relevo e o sistema de afastamento e tratamento de esgoto da cidade de Marília acenta suas análises temporo-espacialmente nos conceitos de morfogênese e morfodinâmica.

Num primeiro momento, toda a análise da gênese evolutiva do relevo sobre o qual está situada a cidade é baseada no tempo geológico, em que se observam as influências que unidades geomorfológicas (Bacia Sedimentar do Paraná, Planalto Ocidental Paulista e Planalto de Marília) tiveram para a formação do relevo local.

Esse estudo possui como fundamentação teórica os conceitos de morfoestrutura e morfoescultura, os quais, conforme Ross (2000) passam pelas concepções de Walter Penck (1953), que explicam a complexidade das dinâmicas geradoras das diferentes formas de relevo espalhadas pelo globo.

Penck (1953) *apud* Ross (2000) definiu claramente que há duas forças geradoras das formas do relevo terrestre: uma endógena e uma exógena. O entendimento das atuais formas de relevo da superfície terrestre é produto do antagonismo de ação dessas duas forças. A endógena responde pelas forças provenientes do interior da crosta terrestre e a exógena, pelas impulsionadas através da atmosfera pela ação climática atual e do passado. As forças endógenas manifestam-se de duas maneiras distintas através das estruturas da crosta terrestre. Uma é por processo ativo, ou seja, comandado pela dinâmica da crosta: abalos sísmicos, vulcanismo, falhamentos, dobramentos, afundamentos e soerguimentos das plataformas e fraturamentos – com explicação atual pela teoria da tectônica de placas. A segunda se

processa imperceptivelmente através da resistência que a litologia e seus arranjos estruturais oferecem ao desgaste pelos processos exógenos ou de erosão. É uma ação passiva, porém desigual, tendo em vista o maior ou menor grau de resistência litológica.

A ação exógena é ativa. Atua constantemente e diferencialmente tanto no tempo como no espaço, isto por causa das diferenças climáticas locais, regionais e zonais e às mudanças climáticas de longa duração.

Tendo Penck (1953) como princípio teórico, Mescerjakov e Gerasimov (1980) *apud* Ross (2000) desenvolveram os conceitos de morfoestrutura e morfoescultura. São conceitos advindos da escola soviética de Geomorfologia (ABREU, 1983).

Com eles resolveu-se um problema de cartografia geomorfológica para médias e pequenas escalas. Havia dificuldades ao representar as unidades geomorfológicas (bacias sedimentares, cinturões orogênicos, escudos, depressões tectônicas), pois quando se valorizava o escultural, perdiam-se informações estruturais e vice-versa.

Com o estabelecimento dos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura, definiu-se com clareza a representação cartográfica que valoriza o escultural (morfoescultura) sem desprezar o estrutural, ou valorizar o estrutural (morfoestrutura) sem desmerecer a escultura.

São enquadrados como morfoestruturas os cinturões orogênicos, os escudos cristalinos, as bacias sedimentares e depressões tectônicas (grabens). Representam-se por determinadas características estruturais, litológicas e geotectônicas que estão associadas às suas gêneses. Essas grandes unidades estruturais, face às suas características macro-morfológicas que estão relacionadas com suas gêneses e com suas idades, definem na superfície terrestre padrões de relevo que lhes são inerentes.

Dentro de morfoescultura estão as grandes morfologias: depressões periféricas, planaltos e planícies. Estão associados à influência climática atual e pretérita. São representadas pelo modelado ou tipologias de formas geradas sobre diferentes morfoestruturas através do desgaste erosivo promovido por ambientes climáticos diferenciados tanto no tempo quanto no espaço, que imprimiram e continuam a imprimir suas marcas no relevo.

É, portanto, a morfoescultura decorrente de um contínuo processo natural de esculturação por climas quentes e úmidos, secos e quentes, frios, temperados entre outros e por sucessões alternadas destes, dependendo de cada região do globo terrestre.

[...] Assim, todo o relevo terrestre pertence a uma determinada estrutura que o sustenta e mostra um aspecto escultural que é decorrente da ação do tipo climático atual e pretérito que atuou e atua nessa estrutura. Deste modo, a morfoestrutura e a morfoescultura definem situações estáticas, produtos da ação dinâmica do endógeno e do exógeno (ROSS, 2000, 308-309).

Num segundo momento, as análises recaem sobre o tempo histórico, o tempo da morfodinâmica, em que se observam as influências recíprocas entre o relevo, para a constituição do sistema de afastamento e tratamento de esgoto e, desse, por meio das modificações e alterações da paisagem.

O próximo tópico analisa a relação da paisagem com a geomorfologia a partir do método materialista histórico e dialético, através do qual é possível observar como, historicamente, determinada sociedade se relaciona com a natureza, seja ocupando-a, apropriando-se dela, ou transformando-a.

## **2. Paisagem e Geomorfologia: um olhar materialista histórico e dialético**

A Geografia desde sua institucionalização como ciência autônoma em meados do século XIX sempre se preocupou com a busca de como o homem se relaciona com seu meio (entende-se entorno natural).

Ela se diferenciou das demais ciências por possuir essa perspectiva de conjunção (Humboldt, 1982). Todavia, na modernidade, em razão do avanço da racionalidade e dos métodos de análise da realidade, o caminho foi a separação entre Ciências Naturais e Ciências Sociais. Essa disjunção, compartimentação do conhecimento, provocou o uso de métodos específicos, e a Geografia acompanhou essa tendência: a externalização do homem da natureza. Dessa forma, a proposição de unidade entre homem e

natureza da Geografia foi impossibilitada devido o contexto científico apontar para a separação e, conseqüentemente, para a utilização de métodos diferentes (SUERTEGARAY, 2000).

Atualmente se observa um debate teórico-epistemológico em busca da conjunção sociedade/natureza. Entretanto, essa busca não se restringe a ciência geográfica, mas se estende às demais ciências. E o que se compreende como razão dessa tendência totalizante é a questão ambiental. Ela se torna o princípio norteador da união, uma vez que põe em xeque os postulados e métodos que entendem o homem como sujeito dominador da natureza e não como integrante de sua dinâmica.

Assim, categorias tradicionais da Geografia, como por exemplo, espaço, tempo, paisagem, território, ambiente, tem tido seus conceitos revistos e reformulados na tentativa da conjuntividade baseados em métodos científicos de compreensão da realidade, cada um a sua maneira de percebê-la e analisá-la (SUERTEGARAY, 2000).

Tradicionalmente, de acordo com Suertegaray (2000), o conceito de espaço geográfico tem sido o balizador do campo de conhecimento da geografia e, por conseqüência, o mais abstrato. Ao longo da história, inúmeras foram as maneiras de concebê-lo, portanto, possibilidades operacionais diferenciadas dentro da Geografia. Conforme a referida autora, devido a essas possibilidades operacionais, que se expressam por meio de alguns conceitos, tais como os de paisagem, território, ambiente e lugar, o espaço geográfico torna-se uno e múltiplo.

Toma-se inicialmente como referência o conceito de espaço geográfico expresso por Santos (1996) em que, para o autor, constitui-se “um sistema de objetos e um sistema de ações...”

[...] formado por um conjunto **indissociável**, solidário e também contraditório, de sistemas de objetos e sistemas de ações, **não considerados isoladamente**, mas como um quadro único no qual a história se dá. No começo era a natureza selvagem, formada por objetos naturais, que ao longo da história vão sendo substituídos por objetos fabricados, objetos técnicos, mecanizados e, depois cibernéticos, fazendo com que a natureza artificial tenda a funcionar como uma máquina. (SANTOS, 1996, p. 63). Grifos nossos.

Nunes *et al.* (2006) ao analisarem Santos (1996), afirmam que ao longo da história da humanidade as sociedades estruturadas pelos agentes sociais que lhe dão dinamicidade edificam suas realizações materiais e simbólicas, ou seja, produzem espaço geográfico. A materialidade desse espaço se constitui nas formas herdadas do passado, associadas e adaptadas ao presente, através das modificações realizadas pela dinâmica da sociedade.

Segundo os referidos autores (*op cit*), as realizações simbólicas processam-se por meio das relações sociais: formas políticas, econômicas, culturais e ambientais, permeadas e possibilitadas pelos elementos da natureza: relevo, vegetação, clima, solo, etc. que, através das técnicas criadas pela dinâmica da sociedade, manifestam-se concretamente na realidade, construindo, destruindo e reconstruindo novos espaços geográficos.

Para a finalidade a qual se propõe, busca-se operacionalizar o conceito de espaço geográfico pelo de paisagem. No entanto, verificam-se variações em sua conceituação conforme as referências teóricas que podem embasá-la. A abordagem realizada pelos geógrafos que trabalham com a Teoria dos Sistemas analisa essa categoria a partir de entradas e saídas de matéria e energia. Outra maneira é por meio da perspectiva fenomenológico-hermenêutica. Nela há a sobreposição do sujeito ao objeto, gerando descrições do objeto a partir do ponto de vista do sujeito, ou seja, através de suas identidades e experiências vividas.

Existe ainda a abordagem realizada por autores que seguem a Geoecologia das Paisagens (TROLL, 1982). Eles combinam a visão de entradas e saídas de matéria e energia da Teoria dos Sistemas com o método histórico-dialético diante da relação homem/natureza e das alterações antropogênicas na paisagem. Rodriguez *et al* (2004) confirmam esse posicionamento ao afirmarem que

[...] a modificação e transformação da paisagem pelas atividades humanas subordinam-se, em primeira instância, às normas de interação entre a Natureza e a Sociedade. Estas têm, antes de tudo, um caráter dialético e complexo. [...] a paisagem original (natural), depois de finalizada a ação humana trata de restabelecer o equilíbrio, de tal forma, que qualquer paisagem modificada ou transformada pelo homem, como regra, é menos estável que a paisagem original, pois o

mecanismo natural de auto-regulação é alterado. (RODRIGUEZ *et al.*, 2004, p. 154;156).

Percebe-se na afirmação que são as entradas e saídas de matéria e energia que mantêm a paisagem auto-regulada. Em uma paisagem natural, a auto-regulação é feita por mecanismos advindos unicamente da dinâmica da natureza. Entretanto, sob modificação antrópica, isto é, entradas e saídas de matéria e energia advindas de dinâmicas da sociedade, o mecanismo natural de auto-regulação é alterado, buscando uma maneira de restabelecer o equilíbrio.

Nesse trabalho, adota-se a perspectiva de conjunção e integração dos elementos formadores e constituintes da paisagem de Bertrand (2007, p.7 e 8), onde o autor a conceitua com sendo

[...] determinada porção do espaço, resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, bióticos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da mesma um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

No mesmo sentido de Bertrand, somam-se as idéias de forma e funcionalidade da paisagem presentes na compreensão que Suertegaray (2000) faz desse conceito relacionando-o ao de espaço geográfico.

[...] De nosso ponto de vista, percebemos paisagem como um conceito operacional, ou seja, um conceito que nos permite analisar o espaço geográfico sob uma dimensão, qual seja o da conjunção de elementos naturais/tecnificados, socioeconômicos e culturais. Ao optarmos pela análise geográfica a partir do conceito de paisagem, poderemos concebê-la como forma (formação) e funcionalidade (organização). Não necessariamente entender forma-funcionalidade como uma relação de causa e efeito, mas percebendo-a como um processo de constituição/reconstituição de forma na sua conjunção com a dinâmica social. Neste sentido, a paisagem pode ser analisada como a materialização das condições sociais de existência diacrônica e sincronicamente. Nela poderão persistir elementos naturais, embora já transfigurados (ou natureza artificializada). O conceito de paisagem privilegia a coexistência de objetos e ações sociais na sua face econômica e cultural manifesta. (SUERTEGARAY, 2000, p. 22).

Nota-se que o posicionamento diante do conceito de paisagem que se adota perpassa pela relação homem/natureza a partir da perspectiva do materialismo histórico e dialético. É por meio dele que se compreende a funcionalidade e forma (morfodinâmica) das paisagens analisadas.

Nesse aspecto é importante destacar que a história da filosofia é dividida em duas correntes filosóficas distintas: uma que abrange desde a natureza e a origem da vida e do universo, e a outra que aborda a relação do próprio ser humano com essa realidade, o qual rompe com a visão mística no qual tudo era dominado pelos deuses da natureza (FOSTER, 2005). Essas teorias dividiram-se de modo esquemático em duas grandes tendências: materialismo e idealismo.

Enquanto ao materialismo corresponde toda concepção filosófica que aponta a matéria como substância primeira e última de qualquer ser, coisa ou fenômeno do universo, o idealismo é a concepção filosófica que aponta a idéia, o pensamento ou espírito.

As origens do materialismo remontam a antiguidade. Epicuro, filósofo grego do período helenístico, assume uma postura materialista que, segundo Foster (2005), implica a expulsão do poder divino e todos os princípios teleológicos da natureza. Em proposições iniciais de sua Filosofia Natural, por meio de duas proposições, constituiu o que hoje se conhece como “o princípio de conservação”, quais sejam: “Nada é jamais criado pelo poder divino a partir de nada” e “a natureza... jamais reduz qualquer coisa a nada” (FOSTER, 2005, p. 58).

Em outra citação, Foster (op. cit.) confirma a crença do materialismo ao se contrapor ao idealismo, de que é a matéria o centro de explicações da realidade.

[...] A matéria passou a ser entendida como consistindo em átomo e, portando, seguindo Epicuro, em termos de partículas de matéria que podiam ser explicadas simplesmente em termos de tamanho, formato e movimento. (FOSTER, 2005, p. 65).

É, portanto, baseado nas idéias de Epicuro, conforme Foster (2005), que Marx tem sua concepção materialista de natureza.

Utilizando-se da citação anterior, a explicação dos fenômenos em termos de movimento/evolução suscitou a concepção materialista de história de Marx. Nesse momento, seu pensamento materialista passa da natureza a história, em que o foco de análise e ênfase de crítica social passou da evolução mais ampla da natureza para o desenvolvimento histórico da humanidade.

Embora seja a partir desse posicionamento teórico-filosófico que suas obras ganham reconhecimento e amplitude, Marx não nega a prioridade ontológica da natureza, ou seja, sua concepção materialista de história está enraizada na concepção materialista de natureza, ambas constituindo o domínio da história natural (FOSTER, 2005).

Para melhor ilustrar sua concepção materialista de história, Foster (2005) diz que Marx, juntamente com Engels, partiu de uma ontologia materialista, em que entendiam que a natureza, mundo material (concepção materialista de natureza), era condição da existência humana e a produção dos meios de subsistência uma condição da vida humana em todas as suas múltiplas determinações, portanto, da sociedade humana.

O autor segue dizendo que a análise de Marx e Engels que se segue é construída a partir desse ponto, traçando o desenvolvimento de diferentes modos de produção, associados com diferentes fases de desenvolvimento da divisão do trabalho e das classes ao longo do prolongado curso da história humana, e particularmente, com as grandes eras representadas pela sociedade antiga, feudal e capitalista.

O que se observa ao analisar o pensamento de Marx é que em toda sua crítica da economia política, tendo o materialismo como concepção teórico-filosófica, em que analisa historicamente a maneira pela qual cada sociedade organiza sua produção material a partir dos conceitos centrais de seu pensamento, trabalho, divisão do trabalho, classes sociais e mais-valia, não nega a natureza com condição de existência humana.

Foster (2005) mostra com clareza a extrema relação existente entre a concepção materialista de natureza e de história de Marx e Engels ao afirmar que

[...] O verdadeiro socialista, incapaz de distinguir entre os seres humanos como seres naturais e como seres sociais – e

incapaz de compreender que o trabalho, através do qual a humanidade transforma a natureza e as suas relações sociais, é a essência do processo histórico humano - simplesmente reduz os seres humanos à igualdade de qualquer pulga, qualquer fiapo de palha, qualquer pedra. (FOSTER, 2005, p. 177-178).

Marx utilizou o método dialético (influência da dialética hegeliana) para explicar as mudanças importantes ocorridas na história da humanidade através dos tempos. Ao estudar determinado fato histórico, ele procurava seus elementos contraditórios, buscando encontrar aquele elemento responsável pela sua transformação num novo fato, dando continuidade ao processo histórico.

A dialética hegeliana afirma que cada conceito possui em si o seu contrário, cada afirmação, a sua negação. O mundo não é um conjunto de coisas prontas e acabadas, mas sim o resultado do movimento gerado pelo choque destes antagonismos e destas contradições. A afirmação traz em si o germe de sua própria negação (tese X antítese); depois de se desenvolver, esta negação entra em choque com a afirmação e este choque vai gerar um terceiro elemento mais evoluído, que Hegel chamou de "síntese" ou "negação da negação". (SPINDEL, 1984, p.31).

Dessa forma, Marx além de desenvolver um método de pensamento aplicável a economia, política, história, também o é para a análise ambiental, uma vez que permite pensar a relação sociedade/natureza a partir de como a sociedade está organizada e como se dão as relações de produção.

“Na concepção marxista, a relação do homem com a natureza é sempre dialética: o homem enforma a natureza ao mesmo tempo em que esta o enforma” (BERNARDES; FERREIRA, 2003, p.19). No acontecer dessa dialética, a natureza humaniza-se e o homem naturaliza-se, e a forma como isto ocorre é determinada historicamente de acordo com cada momento.

É através da produção que se altera a forma da natureza: pelo trabalho o Homem modifica as formas das matérias naturais de modo a satisfazer suas necessidades.

A maneira como se dá a relação homem/meio é a própria relação homem/homem, ou seja, se a relação em sociedade é desigual e contraditória, assim se estabelece a relação com a natureza (desigual e contraditoriamente).

Vê-se que a apropriação da natureza pelo indivíduo está sempre inserida numa determinada forma social. Marx *apud* Caseti (1991) afirma que “todas as relações sociais estão mediadas por coisas naturais e vice-versa. São sempre relações dos homens entre si e com a natureza”.

É nos processos de apropriação e intervenção na natureza, através de técnicas utilizadas na construção do sistema de afastamento e tratamento de esgoto da cidade de Marília-SP, que se analisam as morfodinâmicas das paisagens com um olhar materialista histórico e dialético.

Tendo em vista o relevo ser o elemento central da pesquisa e principal fator de análise das morfodinâmicas das paisagens, utiliza-se a afirmação de Caseti (1991) para ressaltar sua importância ao dizer que o relevo

[...] Assume importância fundamental no processo de ocupação do espaço, fator que inclui as propriedades de suporte ou recurso, cujas formas ou modalidades de apropriação respondem pelo comportamento das paisagens e suas conseqüências (CASSETI, 1991, p. 33).

O comportamento das paisagens e suas conseqüências diante de sua apropriação e ocupação estão vinculados à maneira pela qual a sociedade fará uso ao apropriá-la. E essa maneira está intimamente ligada às técnicas a serem utilizadas.

O próximo tópico demonstra como, por meio das técnicas, o homem se relaciona com seu meio, e de que forma elas se tornam o elemento central para se entender a atual problemática ambiental.

### **3. Técnica e Desafio Ambiental**

Incluir o debate teórico sobre técnica envolve questões implícitas relacionadas ao seu uso, tais como tempo e espaço e sociedade e natureza. Seu debate parte de uma discussão teórica acerca do conceito de técnica, perpassa pelas conseqüências ambientais de sua utilização, até alcançar sua aplicação com o caso do sistema de afastamento e tratamento de esgoto da cidade.

Santos (1996), afirma que a principal forma de relação entre o homem e o meio é dada pela técnica. Complementa, afirmando que elas “são um conjunto de meios instrumentais e sociais, com as quais o homem realiza sua vida, produz e, ao mesmo tempo, cria espaço” (SANTOS, 1996, p. 29).

O mesmo autor (*op. cit.*), em um inventário dos estudos sobre técnica, mostra que frequentemente ela é analisada extraindo-se dela o território, como se não fizesse parte ou fosse um elemento de sua constituição. Como um exemplo, cita Adam Schaff (1990, 1992), onde este se refere às conseqüências sociais da revolução técnico-científica, quatro tipos de mudanças: econômicas, políticas, culturais e sociais. Mas não dá lugar específico às mudanças geográficas.

Já Pierre George (1974) *apud* Santos (1996, p.33) demonstra interesse por essa relação entre técnica e espaço ao lembrar que

[...] A influência da técnica sobre o espaço se exerce de duas maneiras e em duas escalas diferentes: a ocupação do solo pelas infra-estruturas das técnicas modernas (**estações de tratamento de esgoto, por exemplo**) e, de outro lado, as transformações generalizadas impostas pelo uso da máquina e pela execução de novos métodos de produção e existência. (palavras nossas).

Outra obra analisada é a de Maximilien Sorre (1948) que, segundo Santos (1996), é o primeiro geógrafo a propor com detalhe a consideração do fenômeno técnico em toda sua amplitude. Conforme o autor analisado, a consideração sobre técnica deve ir além de suas aplicações mecânicas, “estende-se a tudo o que pertence à indústria e à arte, em todos os domínios da atividade humana” (SANTOS, 1996, p.35).

André Fel (1978) *apud* Santos (1996, p.35) em sua obra traça um inventário das múltiplas relações entre a técnica e o fato geográfico, lembrando que “se os objetos técnicos se instalam na superfície da terra, fazem-no para responder a necessidades materiais fundamentais dos homens: alimentar-se, residir, deslocar-se, rodear-se de objetos úteis”.

Embora se perceba a preocupação de alguns autores com as técnicas, seja considerando-as um fato geográfico ou até mesmo mediando as relações sociais, não há um esforço de generalização no sentido de uma teoria

e método geográficos (SANTOS, 1996). Santos (1996) defende uma postura abrangente diante do fenômeno técnico, em que não se considere apenas a técnica específica como meio de se realizar este ou aquele resultado específico, mas também todas as manifestações das técnicas, incluídas as técnicas da própria ação.

Aqui, ao se observar o caso estudado nesse trabalho, verifica-se a presença da técnica na totalidade do sistema de afastamento e tratamento de esgoto. Ela está presente em todo o projeto: desde o processo político/decisório, análises de viabilidade econômica, escolha de áreas, construção e implantação, até o meio físico, antes mesmo de ser alterado pelas estações.

Nesse sentido, os objetos naturais são incluídos entre os objetos técnicos, considerando seu possível uso. Segundo Seris (1994, p.24) *apud* Santos (1996, p.38), “será objeto técnico todo objeto susceptível de funcionar, como meio ou como resultado, entre os requisitos de uma atividade técnica”.

Ocorre, em alguns momentos no uso das técnicas, o que Santos (1996) chamou de especialização máxima e intencionalidade extrema. Ele responsabiliza os progressos da ciência e da técnica, que possuem a possibilidade de construir objetos com funcionalidades sobredeterminadas.

Essas funções específicas podem ser limitadas tanto pela sua finalidade de realização, quanto pelo espaço geográfico ao qual está inserida, onde uma pequena mudança pode interferir nas condições iniciais de utilização.

Retorna-se ao exemplo do sistema de afastamento e tratamento de esgoto para se vislumbrar com maior clareza o anteriormente afirmado.

Todo fenômeno técnico envolvido em todos os processos do projeto (incluí-se as construções) possuem finalidades específicas. Portanto, objetos e decisões técnicas específicas: os maquinários de perfuração, os condutos (diâmetros e materiais de que são feitos dependendo da vazão de transporte e pela forma de relevo por onde vão passar), o funcionamento das estações (dependendo do nível de eficiência no tratamento e do meio físico onde se instalarão), etc.

As técnicas expressam uma relação tempo e espaço através dos objetos. Santos (1996, p.48) descreve que as técnicas são:

[...] história no momento de sua criação e no de sua instalação e revela o encontro, em cada lugar, das condições históricas (econômicas, socioculturais, políticas, geográficas) que permitiram a chegada desses objetos e presidiram à sua operação.

O desenvolvimento tecnológico de um dado lugar é representativo de uma história local, e está inserido dentro de uma lógica de desenvolvimento tecnológico maior, de uma história geral. Em outras palavras, os objetos técnicos e o nível tecnológico de um determinado espaço geográfico refletem um conjunto historicamente determinado de técnicas. Assim, o fenômeno técnico é histórico, por isso passível de datação de sua origem, tanto na escala do lugar quanto do mundo.

As técnicas sempre estiveram presentes na história do homem. Não há sociedade sem técnica. O atual desenvolvimento tecnológico foi e é baseado na ciência e na técnica, e ela, mediando a relação do homem com a natureza, reflete uma regra de proporcionalidade de que quanto maior o desenvolvimento das técnicas, maior é o avanço sobre a natureza. Diante de uma relação do homem externalizado da natureza, essa passa a ser entendida como um meio para se atingir um fim.

Sob o pressuposto de acumulação de riquezas, a atual sociedade capitalista mantém uma relação regida, científica e tecnologicamente, de dominação da natureza.

O aumento da capacidade qualitativa e quantitativa de se explorar recursos naturais se processa num ciclo evolutivo<sup>4</sup> e a um ritmo constante de aceleração apoiado na relação: ciência<sup>5</sup> → desenvolvimento tecnológico → desenvolvimento econômico → ciência.

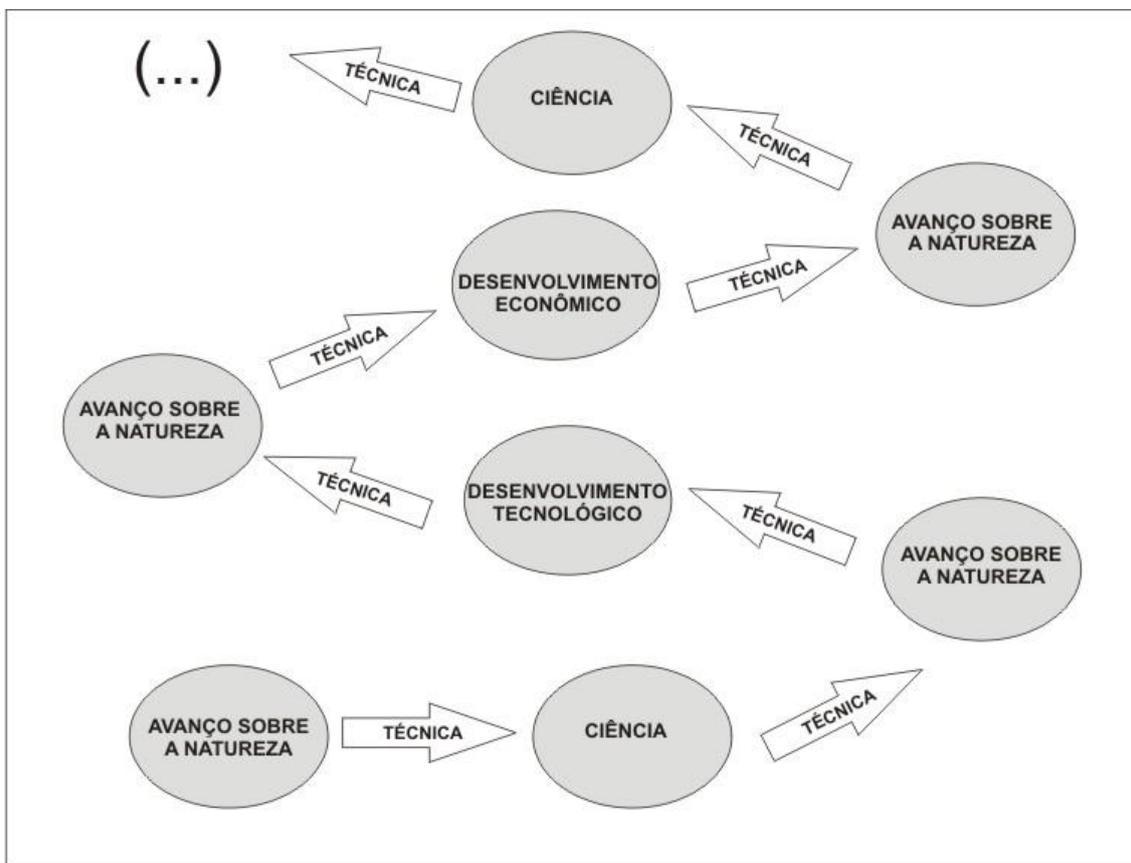
Coloca-se ciência no fim e ao mesmo tempo início do ciclo evolutivo devido ao aumento de riqueza permitir investimentos para avanços científicos. Na seqüência do ciclo, há avanços em tecnologia, e assim por diante. Essa vem sendo a lógica capitalista de produzir e acumular riquezas.

---

<sup>4</sup> A opção de se utilizar ciclo evolutivo não está apoiada na idéia de melhorias, nem de um ciclo evolutivo mecanicista, mas sim à idéia de progressão e crescimento.

<sup>5</sup> Utiliza-se ciência no ciclo evolutivo como sinônimo de conhecimento, já que a origem das ciências não é concomitante a origem dos homens e remontam ao século XVII. As ciências estão fortemente presentes na produção de conhecimento no atual período, que Santos (1996) chamou de Meio Técnico-Científico-Informacional.

Entretanto, na realidade, o ciclo evolutivo se processa de maneira mais complexa e delicada conforme ilustra a Figura 3.



**Figura 3:** Ciclo evolutivo de avanços sobre a natureza.  
Organizado por Santos, 2009.

A idéia de avanço é baseada em dois sentidos. O primeiro, de chegada, de utilização de recursos naturais através de técnicas para um determinado fim. No início do ciclo para produzir ciência, conhecimento. O segundo sentido, de avanço, se amarra à própria idéia de crescimento. Em cada início e fim de ciclo há avanço, e feito com maior força, pois houve desenvolvimento, por essa razão, evolutivo.

Com o aumento gradativo dos avanços sobre a natureza e conseqüente utilização dos recursos naturais por meio de um aumento gradativo no nível tecnológico, tem-se a idéia de dominação da natureza pelo homem.

É somente com a emergência da questão ambiental que se percebe que os avanços sobre a natureza se processa às custas de um avanço

de sua degradação, às custas de um avanço na produção de resíduos, às custas de um avanço na produção de poluição, etc. Percebe-se que os impactos ambientais são escritos no tempo e incidem diferencialmente no espaço, assim como os desenvolvimentos tecnológicos e econômicos.

Implicitamente, baseado no atual pensamento arraigado na idéia de dominação da natureza, explicitamente tem-se a crença absoluta de que a solução para os problemas ambientais é tecnológica.

A solução encontrada por muitas cidades para que não haja poluição por esgotos é técnica: estações de tratamento de esgoto. Elas representam uma relação sociedade/natureza apoiada na idéia de que os elementos naturais servem como recurso e substrato para sua implantação. No caso específico desse trabalho, o relevo e o sistema de afastamento e tratamento de esgoto de Marília-SP.

Além de representarem uma relação sociedade/natureza, representam também relação tempo e espaço em alguns sentidos:

1-) Espaço por ocupar determinada área, território, determinado meio físico que, ao ocupar, modifica e produz novas dinâmicas na paisagem.

2-) Tempo por ser uma técnica de origem humana com o objetivo de acelerar o tempo da natureza. Com elas, o tempo que o curso d'água demandaria para se autodepurar da contaminação por sua própria dinâmica é reduzido. Tempo por ser uma técnica representativa de um momento da história, de certo desenvolvimento tecnológico.

Aqui está arraigada a discussão sobre recursos naturais renováveis ou não-renováveis. Na realidade, todos são renováveis do ponto de vista do tempo geológico. Entretanto, há outros que sua dinâmica e abundância retornam à natureza no tempo histórico. Todavia, diante de tamanho avanço e degradação dos recursos naturais, até mesmo os renováveis têm se tornado escassos.

Essa idéia de não preservação e conservação até pouco tempo muito presente apóia-se na capacidade científica/tecnológica de resolver os problemas ambientais, por isso essa capacidade estar pautada no tempo histórico (RODRIGUEZ *et. al.*, 2004).

Para finalizar, concorda-se que a solução do desafio ambiental que ora se apresenta é técnica, além também de política, econômica e cultural,

na sua relação sociedade/natureza. Que o desenvolvimento não seja apoiado na idéia que Porto-Gonçalves (2006) denomina de *des-envolver* o homem da natureza.

Ao final desse primeiro capítulo, percebe-se que, embora o separe em tópicos específicos, os temas neles tratados estão intimamente ligados, sendo possível, portanto, ilustrar nosso referencial teórico-metodológico através da Figura 4. Nela se observa a operacionalização do espaço geográfico por meio do conceito de paisagem, através do qual se estabelece a conjunção de dinâmicas da natureza e dinâmicas da sociedade com a visão do materialismo histórico e dialético.



**Figura 4:** Interação entre as dinâmicas da natureza e da sociedade. Adaptado de Suertegaray (2002) e Nunes *et al.* (2006).

O próximo capítulo trata da gênese de formação do relevo da cidade de Marília-SP e suas relações com unidades geomorfológicas de maior extensão espacial.

## CAPÍTULO 2

### GÊNESE E FORMAÇÃO DO RELEVO DA CIDADE DE MARÍLIA-SP

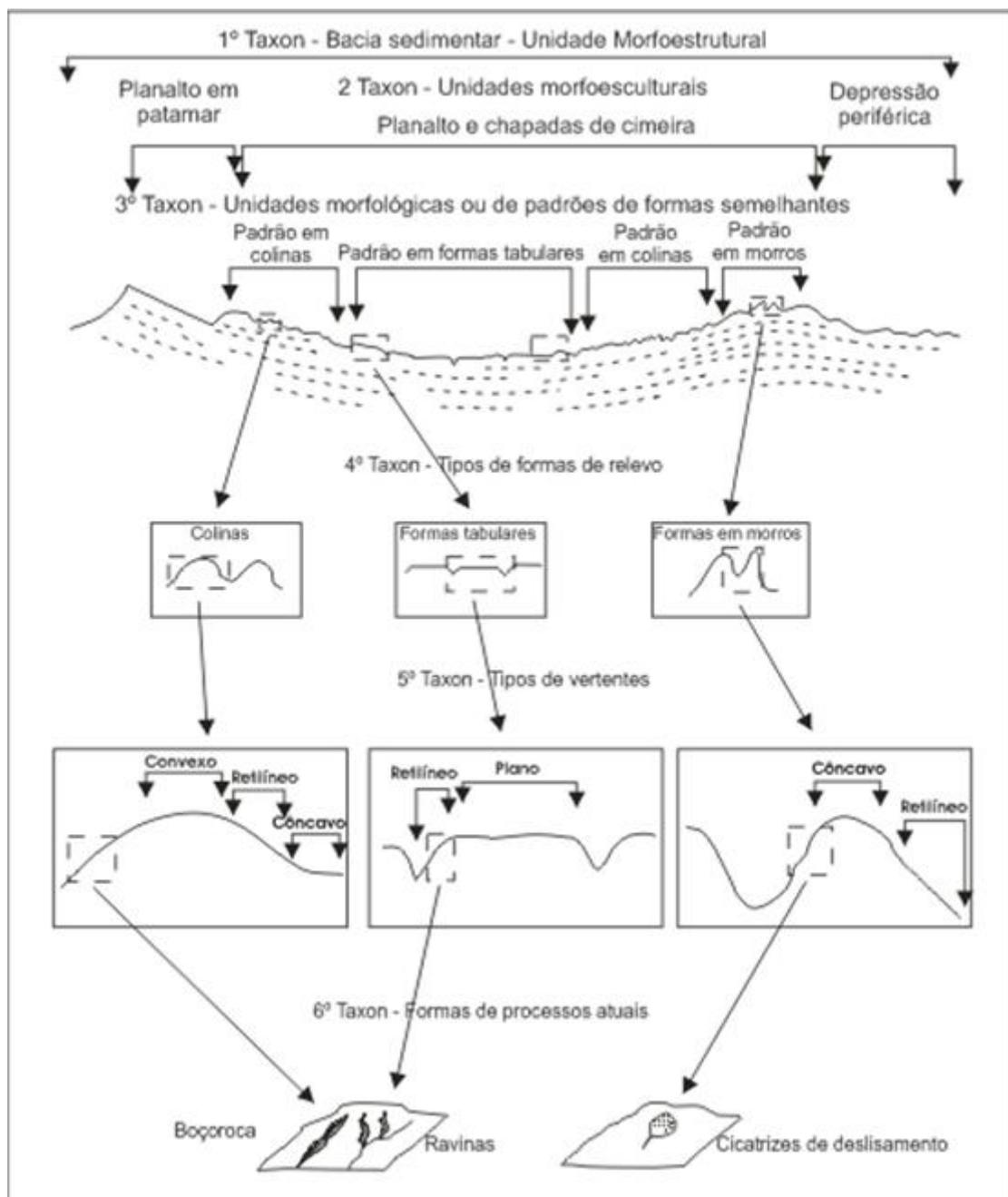
---

Entender a gênese, a formação e a constante evolução do relevo sobre o qual está situada a cidade de Marília requer compreender suas relações, processos e dinâmicas entre unidades geomorfológicas de maior abrangência espacial.

A busca por essas relações dá-se pela identificação da compartimentação geomorfológica. Ela tem por objetivo individualizar um conjunto de formas semelhantes que tenham sido elaboradas em determinadas condições morfogenéticas ou morfoclimáticas, e que apresentem relações litoestratigráficas ou que tenham sido submetidas a eventos tectodinâmicos. Ela evidencia os resultados das relações processuais e respectivas implicações tectônico-estruturais que são registradas ao longo do tempo, considerando as dinâmicas e processos envolvidos na elaboração e constante evolução do modelado, em que as condições climáticas e a litologia tendem a condicionar a origem de formas diferenciadas (CASSETI, 2001).

Um dos referenciais para o estudo de compartimentação geomorfológica são as unidades taxonômicas (ROSS, 1992) (Figura 5).

Na macrocompartimentação das morfoestruturas do Brasil, de acordo com Ross e Moroz (1997), destacam-se as áreas cratônicas ou plataformas, os cinturões orogenéticos, as bacias sedimentares e as depressões tectônicas.



**Figura 5:** Representação Esquemática das Unidades Taxonômicas (ROSS, 1992).

No Estado de São Paulo, de acordo com o mapa geomorfológico elaborado por Ross e Moroz (1997), os autores, através dos conceitos de Morfoestrutura e Morfoescultura do relevo, associados aos aspectos morfoclimáticos atuais, apresentam as unidades morfoestruturais do Cinturão Orogênico do Atlântico, Bacia Sedimentar do Paraná, Bacias Sedimentares Cenozóicas e Depressões Tectônicas. Para cada uma das unidades morfoestruturais aparecem várias unidades morfoesculturais

(planaltos, depressões e planícies litorâneas e fluviais) que, conseqüentemente, estão associadas a diversas formas de relevo (colinas, morros, escarpas, etc.).

A cidade de Marília, assim, enquadra-se, morfoestruturalmente, na Bacia Sedimentar do Paraná e, morfoesculturalmente, no Planalto Ocidental Paulista, mais precisamente no Planalto Residual de Marília.

## **1. Bacia Sedimentar do Paraná**

A Bacia Sedimentar do Paraná apresenta uma superfície que chega aos milhões de quilômetros quadrados. Morfoestruturalmente sustenta a Formação Marília, substrato rochoso do Planalto Residual de Marília e do relevo da cidade de Marília, apresentando mergulho das camadas e estruturas geológicas com inclinação nas bordas e horizontalizadas em direção ao seu centro. Esse fato influencia a gênese dos relevos tabuliformes, tipo de relevo do Planalto de Marília.

São três as grandes bacias sedimentares em território brasileiro: a Amazônica, do Parnaíba ou Maranhão e do Paraná (ZALÁN, 1990). Essas bacias formaram-se ao longo do Fanerozóico, ou seja, nos últimos 600 milhões de anos. Essas bacias, quando se organizaram os terrenos do continente sul-americano encontravam-se em posições altimétricas bem mais baixas. As rochas sedimentares dessas bacias foram formadas por depósitos marinhos e continentais. Nelas são encontrados, sobretudo, arenitos de diferentes idades e granulações, às vezes intercaladas por siltitos, argilitos, conglomerados e calcários.

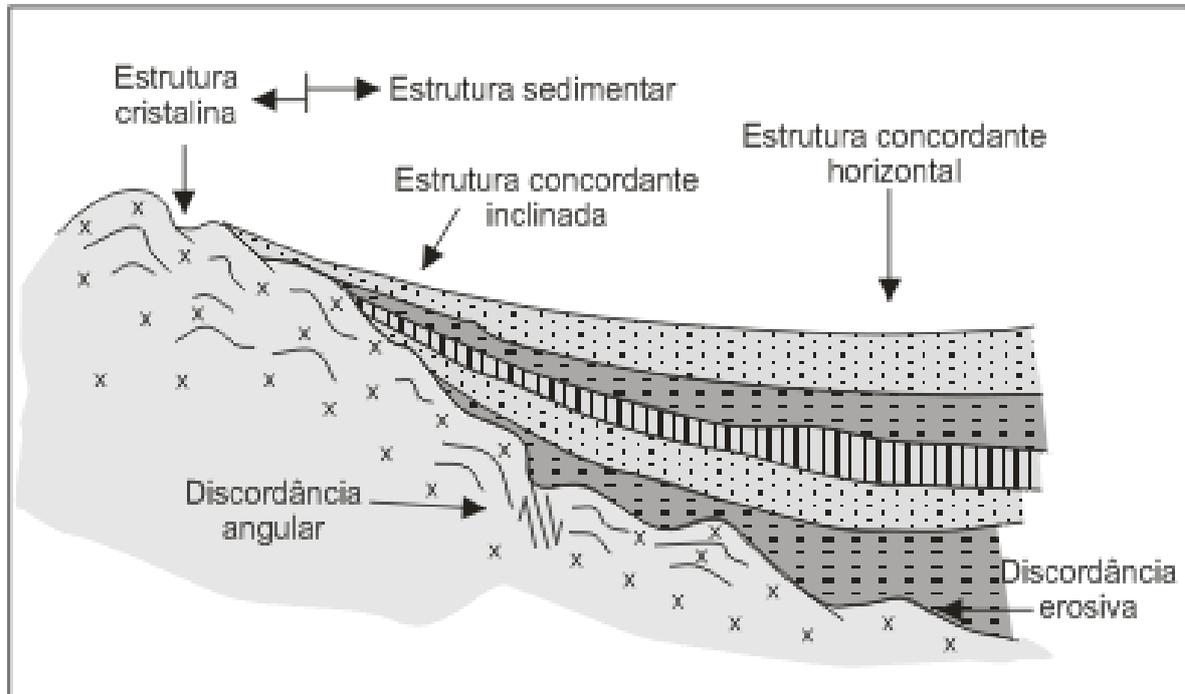
Especificamente na Bacia do Paraná ocorreu um extensivo derrame de lavas vulcânicas que se depositaram sobre camadas sedimentares em planos horizontais e estratificados. Essa atividade vulcânica ocorreu nos períodos Jurássico e Cretáceo na era Mesozóica e deu origem à Formação Serra Geral, pertencente ao Grupo São Bento.

Algumas bacias sedimentares se formam nas faixas intracratônicas e o processo de entulhamento são favorecidos pela subsidência que gera compensação isostática. Diante disso, assumem espessuras pronunciadas responsáveis pela subsidência central, permitindo a continuidade

da sedimentação. As bacias sedimentares brasileiras, por exemplo, apresentam espessuras que chegam a 6.000 metros (PETRI & FULFARO, 1983 *apud* ZALÁN, 1990).

Normalmente, as bacias apresentam características de sinéclises, ou seja, a espessura das camadas cresce da borda para o centro, com mergulhos que acompanham o substrato cristalino, parcialmente atribuído ao próprio processo de subsidência: ligeiramente inclinados na periferia das bacias em direção ao centro e tendência de horizontalização na seção central da mesma.

É evidente que a sedimentação se inicia em discordância angular (contato dos sedimentos iniciais com o fundo da zona intracratônica dobrada, fraturada ou falhada) ou discordância erosiva e continua com tendência de manutenção de concordância (seqüências sedimentares subseqüentes sobre antecedentes), razão pela qual se entende que, enquanto a periferia das bacias possui seqüências concordantes inclinadas, o centro se caracteriza por concordâncias que tendem a horizontais (Figura 6).

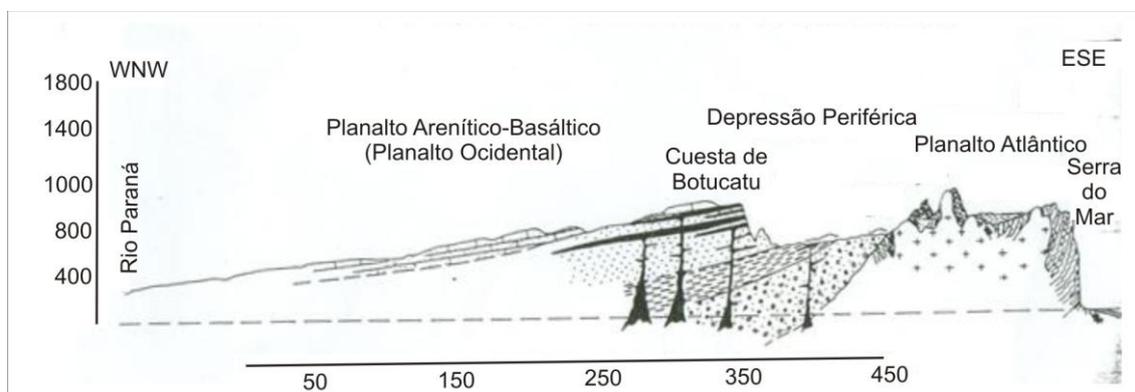


**Figura 6:** Disposição das camadas nas seqüências sedimentares (CASSETI, 2006).

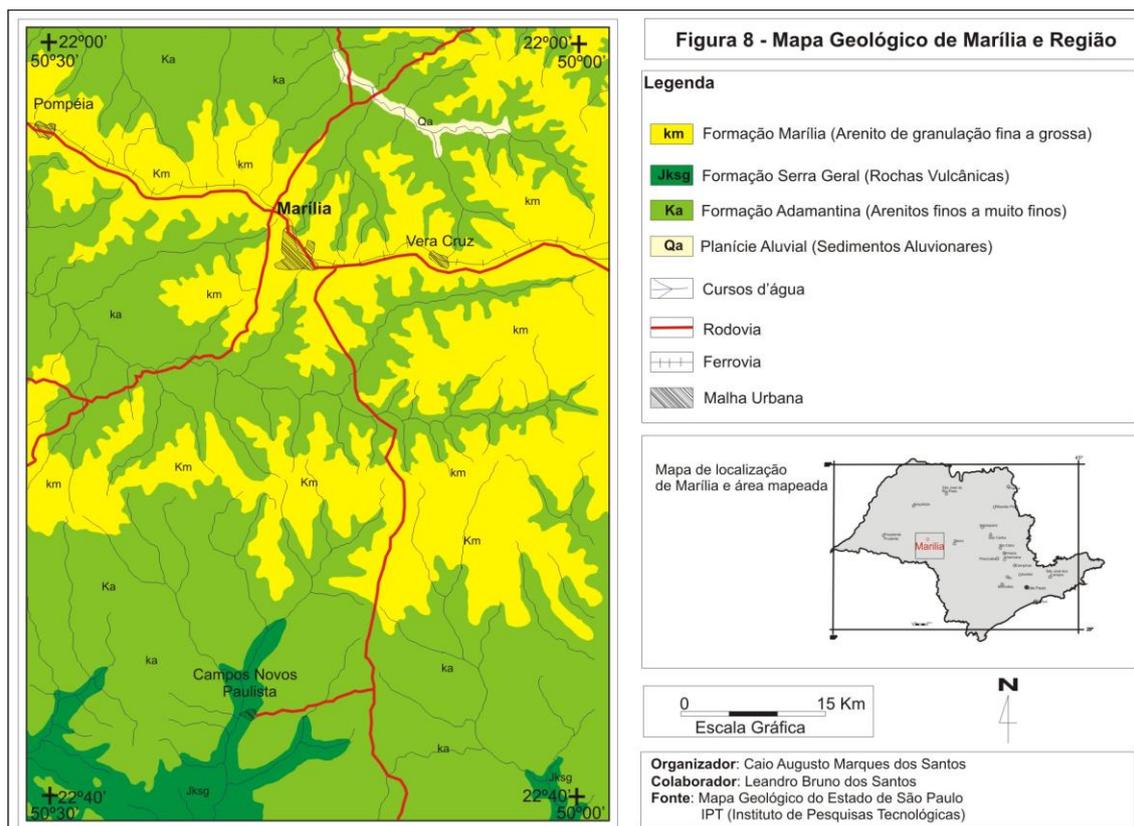
Considerando, sobretudo, o comportamento das camadas e características litológicas dos estratos, constata-se uma evidente diferenciação morfológico-estrutural, generalizada através dos relevos tabuliformes e cuestiformes (CASSETI, 2001).

A principal relação, portanto, existente entre a Bacia Sedimentar do Paraná com o relevo de Marília é litoestratigráfico, pois os relevos tabuliformes, tipo de relevo que caracteriza o Planalto Residual de Marília, possui estratificação que varia de horizontal a sub-horizontal, por ser típico em centros de bacia, onde as camadas geológicas deixam de ser concordantes no plano inclinado para serem no plano horizontal.

Conforme a coluna litoestratigráfica da Bacia do Paraná (IPT, 1981 a: 48), as formações geológicas dominantes que afloram no Planalto Ocidental Paulista e no Planalto Residual de Marília são: Formação Serra Geral, pertencente ao Grupo São Bento, Formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília, pertencentes ao Grupo Bauru, e os Depósitos Cenozóicos (Figuras 7 e 8).



**Figura 7:** Seção Geológica Esquemática do Estado de São Paulo (Ab'Saber, 1958).



A formação geológica que dá sustentação à morfologia do Planalto Residual de Marília é a Formação Marília. Sua ocorrência é restrita quando comparada às demais formações do Grupo Bauru. Ela depositou-se em um embaciamento desenvolvido ao término da deposição Bauru, repousando, geralmente, sobre a Formação Adamantina, e mais para leste, diretamente sobre os basaltos da Formação Serra Geral (IPT, 1981). Sua cimentação é feita, em sua maior parte, por carbonato de cálcio, o que explica sua resistência aos agentes intempéricos ser maior que a Formação Adamantina.

Almeida *et. alli* (1980) *apud* (IPT, 1981) apontam diferenças entre a Formação Marília que sustenta o espigão norte (Garça-SP, Marília-SP) e aquele do espigão sul (Echaporã-SP). A textura dos sedimentos é geralmente mais fina no espigão norte, onde a passagem para a Formação Adamantina sotoposta se dá através de interdigitações. Enquanto que no espigão sul, a passagem dos sedimentos da Formação Marília, ali mais grossos, para a Formação Adamantina é aparentemente brusca. A espessura máxima do

Marília no espigão norte é 180m e no espigão sul é 110m, o que indica uma elevação da base de formação.

Pode-se interpretar a idade da Formação Marília (Figuras 9 e 10) com base nas suas relações de contato com as diversas litofácies da Formação Adamantina com deposição no final do Senoniano, no Cretáceo Superior.



**Figura 9:** Afloramento da Formação Marília. Corte na rodovia SP-333 (SANTOS, 2006).



**Figura 10:** Perfuração sobre a Formação Marília para passagem de tubulação do Sistema de Afastamento de Esgoto. Nota-se o afloramento do aquífero freático.

## 2. Planalto Ocidental Paulista

As unidades dos planaltos, ou seja, sua compartimentação foi identificada por Ross (1990 e 1995) *apud* Ross (2006) em quatro grandes categorias morfogênicas: planaltos em bacias sedimentares, planaltos em intrusões e coberturas residuais de plataforma, planaltos em núcleos cristalinos arqueados e planaltos em cinturões orogênicos.

Confirma-se, assim, com essa compartimentação dos planaltos, a intrínseca relação que há em geomorfologia entre a estrutura geológica e o modelado. Vê-se que cada estrutura, juntamente com processos e dinâmicas climáticas, respondem por uma escultura diferente com formas semelhantes, mas que permitem serem compartimentados (ROSS, 2006).

A morfoescultura do Planalto Ocidental Paulista (Figura 11), de acordo com Ross (op. Cit.), enquadra-se na categoria planaltos em bacias sedimentares. Esses são quase inteiramente circundados por depressões periféricas ou marginais. Essas unidades também possuem a característica de apresentar em contato com as depressões, relevos escarpados caracterizados por frente de cuestas. No estado de São Paulo, aparece uma única frente na borda leste.

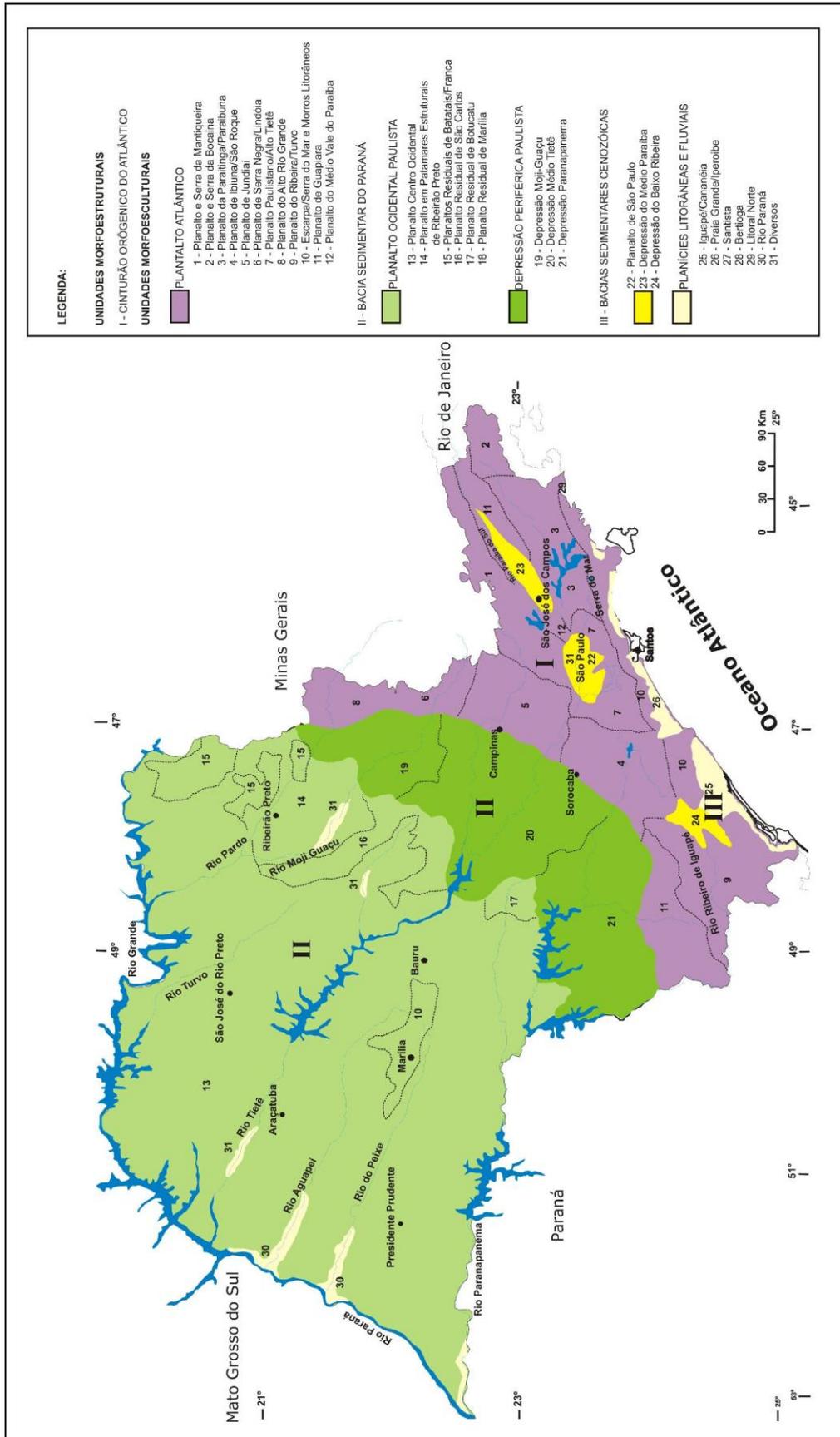


Figura 11: Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (ROSS; MOROZ, 1997).

A epirogenia Cenozóica da Plataforma Sulamericana, que soergueu de modo desigual o continente, induziu novas fases de processos erosivos longos com alternância de climas secos e úmidos juntamente com a epirogenia. Esses processos tectônicos e climáticos foram os responsáveis pela gênese das unidades morfoesculturais do Planalto Ocidental Paulista e Depressão Periférica Paulista.

A primeira subdivisão do relevo do Estado de São Paulo, de acordo com Nunes (2002) foi apresentada por Moraes Rego (1932), delimitando o Planalto Ocidental, a Depressão Periférica, os relevos cuestiformes e as áreas cristalinas (IPT, 1981b, p.6-7). Posteriormente vieram os trabalhos de Deffontaines (1935), Monbeig (1949), Ab'Saber (1956), Ab'Saber e Bernardes (1958), e Almeida (1964). Este último serviu de base para a elaboração do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo – escala 1:1.000.000, feito pelo IPT (1981b). De acordo com esse mapa, o Estado de São Paulo está dividido em cinco províncias geomorfológicas: I – Planalto Atlântico; II – Província Costeira; III – Depressão Periférica; IV – Cuestas Basálticas e V – Planalto Ocidental Paulista.

Geomorfologicamente, o Planalto Ocidental Paulista abrange uma expressiva parcela da Bacia Sedimentar do Paraná, com área estimada em torno de 100 mil km<sup>2</sup>, aproximadamente 50% do Estado de São Paulo, indo desde a província das Cuestas Arenítico - Basálticas até ao limite norte (rio Grande), oeste (rio Paraná) e sul (rio Paranapanema) (SUDO, 1980).

Para Sudo (1980, p.2), o Planalto Ocidental Paulista se desenvolve em uma Superfície de Reverso de Cuesta, onde suas altitudes decrescem de 900 a 1000 metros nos altos da Cuesta Arenítico-Basáltica, até 250 a 300 metros nas barrancas do rio Paraná.

Ele apresenta, litoestruturalmente, através do espesso pacote vulcânico-sedimentar da Bacia do Paraná

[...] a disposição das camadas com caimento suave para noroeste, e a presença de marcado horizonte de basaltos separando as rochas paleozóicas e mesozóicas inferiores, dos arenitos cretácios pós-basálticos (IPT, 1981 b, p.21).

Ainda de acordo com IPT (1981), situa-se essencialmente, sobre rochas do Grupo Bauru, constituído por diversas formações, com predomínio de arenitos e, em algumas regiões cimentadas por carbonato de cálcio (Formação Marília, por exemplo). Há afloramentos descontínuos de basaltos nos vales dos principais rios, exceto ao longo do Paranapanema e do Pardo, onde se expõem extensivamente.

As camadas geológicas que formam o Planalto Ocidental Paulista, de acordo com IPT (1981 b, p.21), apresentam um grau de caimento em direção à calha do Rio Paraná, nível de base regional, condicionando uma tendência à formação de relevos estruturais.

No trabalho “Os baixos chapadões do oeste paulista”, Ab’Saber (1969, p.1) caracteriza o Planalto Ocidental Paulista como

[...] uma vasta extensão de chapadões areníticos de vertentes convexas suaves e constitui uma das áreas de relevos tabuliformes de centro-de-bacia (**Planalto de Marília**), das mais típicas do país. (palavras nossas).

Mesmo tendo uma configuração regional parecida

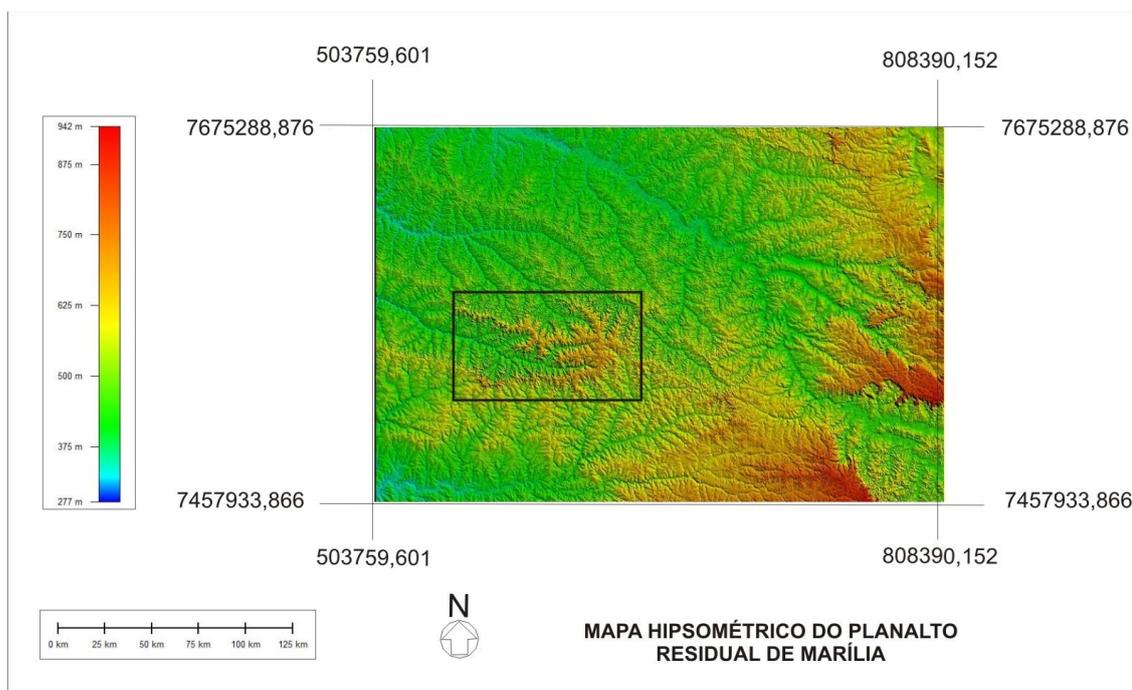
[...] em vários setores dos espigões dos chapadões ocidentais paulistas, mesmo em setores de grande rebaixamento topográfico, existem relevos que escaparam aos efeitos homogeneizantes das aplainações neogênicas.

Ross e Moroz (1997) identificam nesse planalto variações fisionômicas regionais, possibilitando delimitar unidades geomorfológicas distintas, tais como: Planalto Centro Ocidental, Patamares Estruturais de Ribeirão Preto, Planaltos Residuais de Batatais/Franca, Planalto Residual de São Carlos, Planalto Residual de Botucatu e Planalto Residual de Marília. Esses também podem ser visualizados na figura 8, anteriormente citada.

### **3. Planalto Residual de Marília**

A unidade geomorfológica do Planalto de Marília (Figura 12) distingue-se fisionomicamente na paisagem do Planalto Ocidental Paulista por dois motivos principais: sua relação com a Bacia Sedimentar do Paraná através

do comportamento das camadas que se dispõem horizontalmente em direção ao seu centro, constituindo, assim, um típico relevo tabuliforme; e pelos longos processos erosivos ativados pela epirogenia Cenozóica, associados às alternâncias de climas secos e úmidos em associação com a resistência litológica oferecida.



**Figura 12:** Mapa hipsométrico de parte do Planalto Ocidental Paulista. O retângulo indica a localização do Planalto de Marília. Organizado por Santos, 2009.

Ao observar a figura, verifica-se uma diminuição das altitudes de leste para oeste. Confirma-se o fato de que o caimento das camadas geológicas se dá no sentido do rio Paraná (nível de base).

Onde se visualiza pontos altimétricos que variam de 940 metros até 750 metros corresponde ao reverso das cuestas arenítico-basálticas, início do Planalto Ocidental Paulista.

Em direção ao centro do mapa distingue-se o Planalto Residual de Marília. Nota-se que ele se destaca na paisagem por estar em posição altimétrica superior ao seu entorno, fato explicado pela resistência litológica oferecida pelo arenito da formação Marília.

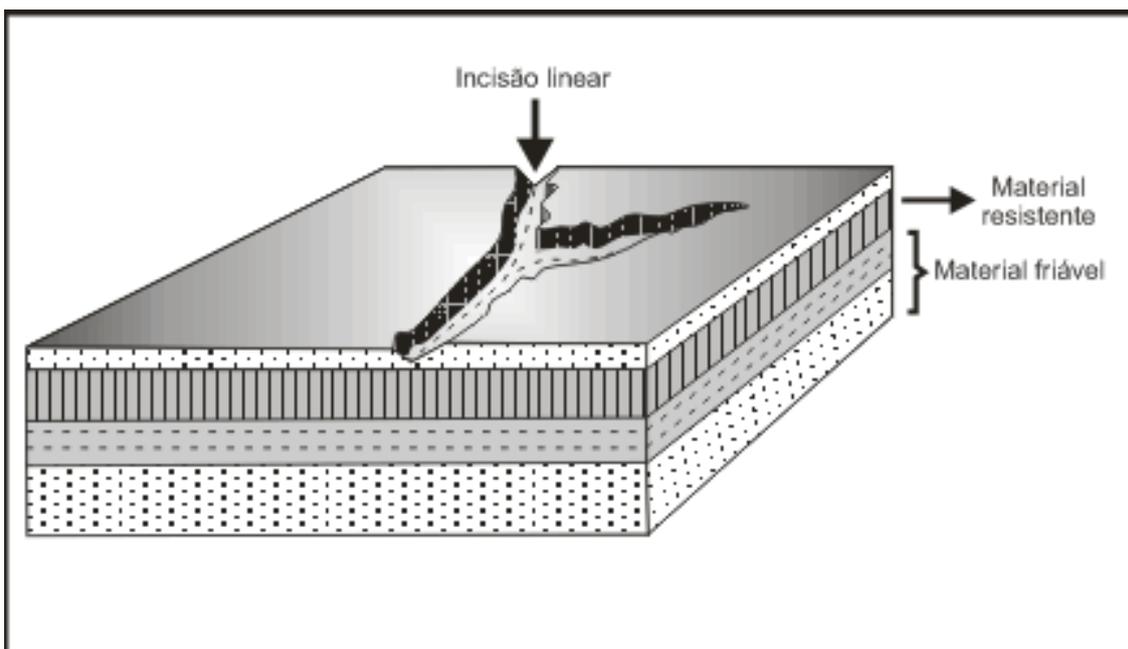
As variações climáticas, que ocorreram com maior frequência no quaternário, produziram efeitos nas taxas de erosão e pedogênese, nos regimes fluviais e nível dos oceanos e na distribuição ecológica dos seres

vivos. Dessas contínuas mudanças nas condições ambientais resultaram transformações mundiais na paisagem. A cada variação do clima associa-se um processo esculptor da paisagem: entalhamentos de talwegues (clima úmido) e entulhamentos dos mesmos (clima seco), de intemperismo químico (clima úmido) e desagregações mecânicas (clima seco).

A gênese, formação e constante evolução do Planalto de Marília seguem o modelo esquemático evolutivo de Casseti (2001) por meio da ação tanto da litologia quanto do clima, em que se procura evidenciar a participação estrutural, através das diferenças litológicas e esforços tectônicos sob ação de processos morfoclimáticos distintos.

Segue-se, portanto, o seguinte esquema:

I-) Organização do sistema hidrográfico em fase climática úmida, associada a efeitos epirogenéticos (esses definem novos níveis de base, o que influencia os sentidos das drenagens). Considerando que as seqüências litoestratigráficas superiores das bacias sedimentares brasileiras datam do Cretáceo, entende-se que a organização da drenagem e a evolução vertical do modelado dada pela incisão linear da drenagem tenham acontecido a partir daquele período (Figura 13). Além disso, a orientação do sistema fluvial pode estar associada à imposição do mergulho das camadas ou à orientação topográfica ligada ao processo de pediplanação (inclinação em direção ao nível de base local ou regional). Para o Planalto de Marília, o mergulho das camadas, como dito anteriormente, está orientado em direção à calha do rio Paraná, nível de base regional.



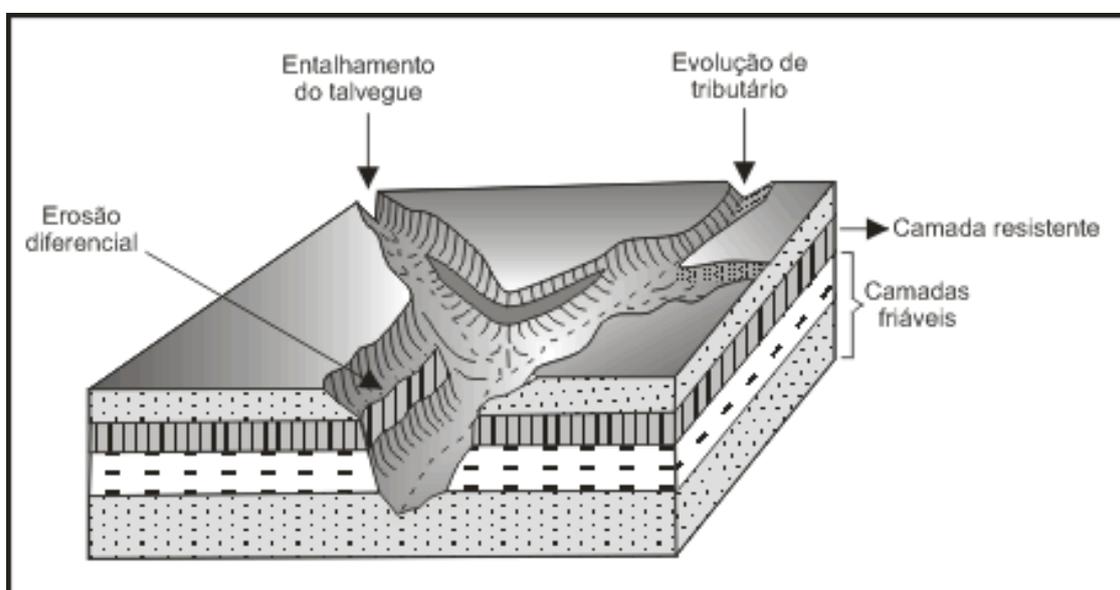
**Figura 13:** Organização da drenagem em estrutura concordante horizontal, com início da incisão do talvegue (CASSETI, 2001).

II-) Devido aos esforços epirogenéticos considerados, há uma tendência de aprofundamento dos talvegues e de elaboração de seus vales. Nessa circunstância, as alternâncias litológicas podem originar patamares estruturais (Figura 14) ou formas específicas relacionadas à imposição estrutural (Figura 15). Dada a disposição horizontal das camadas, os vales comumente apresentam formas simétricas. A manutenção da resistência litológica, entretanto, é relativa, transitória, ou seja, o recuo da camada resistente pode se dar pelo solapamento do material subjacente, mais tenro, provocando aluição da camada superior (Figura 16). A retirada do material friável pode também exumar uma superfície estrutural, individualizada pela resistência litológica.

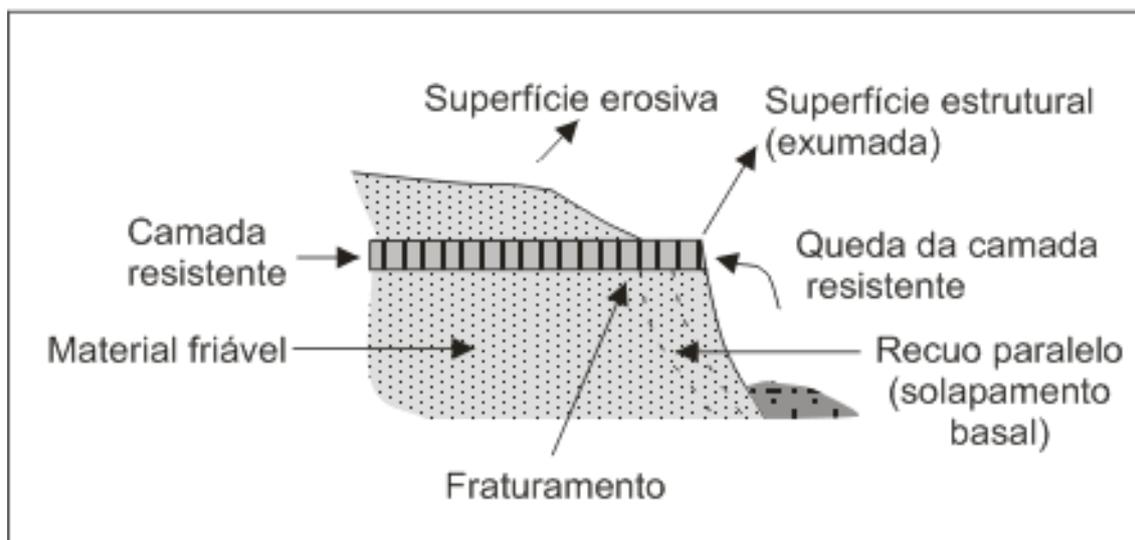
Vale ressaltar que no caso do Planalto de Marília a manutenção da resistência litológica se processa somente pelo arenito da formação Marília. Materiais mais resistentes e mais friáveis são variações de concentração de carbonato de cálcio (agente cimentante).



**Figura 14:** Fundo de vale em berço resultado do entalhamento linear em uma das bordas do Planalto de Marília. Ao longo das vertentes é possível identificar terraços fluviais. As letras correspondem aos antigos níveis do curso d'água (SANTOS, 2006).



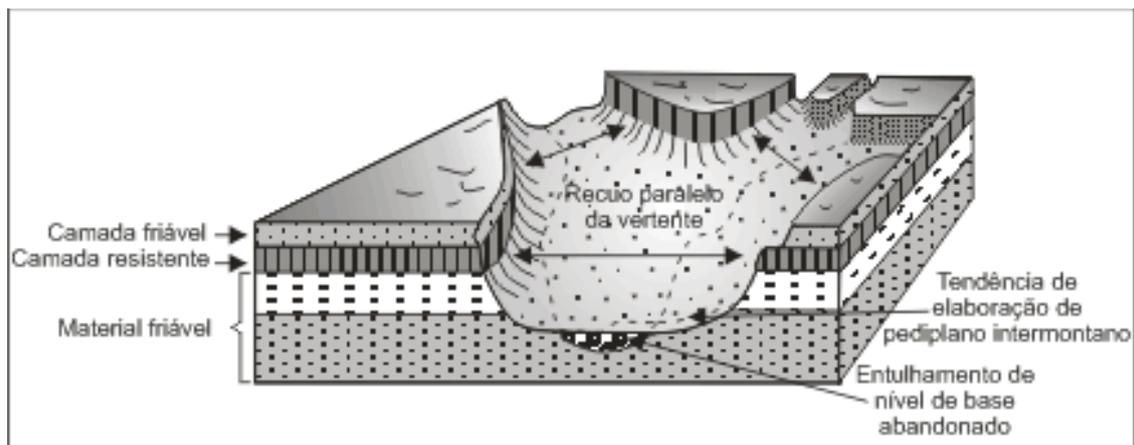
**Figura 15:** Evolução do entalhamento dos talvegues por imposição tectônica (efeitos epirogenéticos). (CASSETI, 2001).



**Figura 16:** Recuo da camada resistente por solapamento basal da camada friável, subjacente (CASSETI, 2001).

III-) A tendência de alternância climática, como a passagem do clima úmido para o seco, evidenciada na evolução morfológica pós-cretácea brasileira (provavelmente no Plio-Pleistoceno), teria sido responsável pela evolução horizontal do modelado, dada a aceleração do recuo paralelo das vertentes por desagregação mecânica. A abertura dos vales, tendo como nível de base os talwegues abandonados, teria proporcionado entulhamento do próprio nível de base com tendência de elaboração de pediplano intermontano (Figura 17). Enquanto o clima úmido, por meio do entalhamento dos talwegues, teria respondido pela evolução vertical da morfologia, o clima seco tenderia a destruir as formas criadas pelo clima úmido, proporcionando a evolução horizontal da morfologia, caracterizando, deste modo, mais uma das relações antagônicas da natureza. Observa-se que enquanto no clima úmido as camadas resistentes ficam pronunciadas, no clima seco a desagregação mecânica tende a reduzir as diferenças litoestratigráficas (no caso do relevo de Marília, suavizando as camadas pronunciadas).

Teoricamente, portanto, pode-se deduzir que quanto maior a abertura dos vales, mais espessas tendem a ser as rampas colúvio-aluvionares. A proximidade entre as bordas tendem a formar fundos de vale em “V” (Figura 18), enquanto que o aumento da distância tende a formar fundos de vale de fundo chato (Figura 19).



**Figura 17:** Recuo Paralelo das vertentes por desagregação mecânica (clima seco), com conseqüente soergimento de nível de base (CASSETI, 2001).



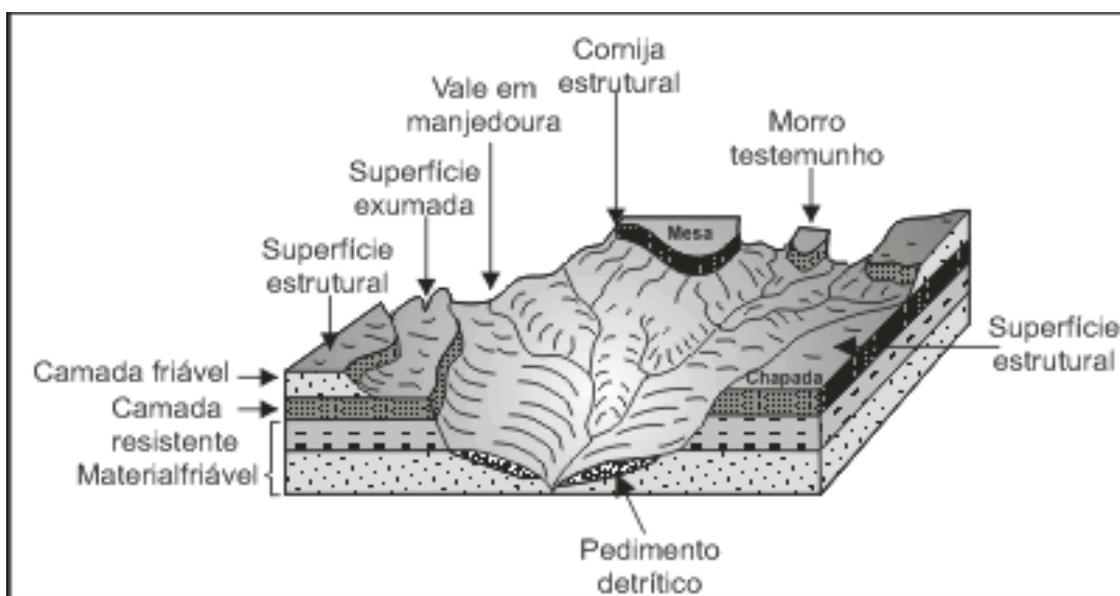
**Figura 18:** Fundo de vale em "V". A tendência de evolução do relevo seria a abertura do vale (nível de base) e a incisão do talvegue seria remontante, ou seja, em direção a malha urbana circundante. Observa-se a camada resistente pronunciada (SANTOS, 2006).



**Figura 19:** Fundo de vale de fundo chato. Evolução do relevo se verifica pelo distanciamento das bordas e a camada resistente se suavizando (SANTOS, 2006).

IV-) Uma nova fase climática úmida ensejaria uma nova organização da drenagem e, conseqüentemente, um reentalhamento dos talwegues, proporcionando o alçamento de antigos depósitos, como os pedimentos detríticos que inumaram áreas depressionárias. Tem-se assim o prosseguimento do trabalho evolutivo por erosão remontante e denudação dos topos interfluviais com exumação parcial de camadas subjacentes resistentes, originando as superfícies estruturais, ou simplesmente a esculturação dos sedimentos que compõem a camada sobrejacente, caracterizando as superfícies esculturais. O trabalho comandado pelo sistema hidrográfico enseja a evolução do relevo via erosão regressiva, promovendo ramificações de cursos de primeira ordem, podendo, então, aparecer formas residuais, como os morros-testemunhos associados a materiais resistentes. As diferenças litológicas poderiam ainda proporcionar saliências morfológicas, parcialmente mascaradas na fase anterior, de clima seco, denominadas cornijas. Com a abertura dos vales, haveria uma tendência a se formarem vales simétricos, denominados vales em “manjedouras” (Figura 20). A presença de pedimentos

detríticos em processo de retrabalhamento morfológico pela incisão da drenagem é testemunha do clima seco correspondente à fase anterior.



**Figura 20:** Morfologia tabuliforme atual, evidenciando os principais elementos resultantes da evolução das estruturas concordantes horizontais (CASSETI, 2001).

O Planalto de Marília corresponde, segundo Ross e Moroz (1996), a um prolongamento para oeste do Planalto Residual de Botucatu, desempenhando um vasto planalto de topo aplanado no interflúvio Tietê/Paranapanema delimitado pelo Planalto Centro Ocidental. Ele, de acordo com IPT (1981), corresponde à zona mais heterogênea do Planalto Ocidental Paulista.

Assim como os demais planaltos diferenciados (IPT, 1981b:70), o de Marília constitui-se como área dispersora de drenagem. Predominam nesta unidade formas de relevo denudacionais cujo modelado apresenta-se na forma de colinas com topos aplanados convexos e tabulares que se desfazem em escarpas festonadas, conforme caminham para os limites do Planalto de Marília. A dimensão interfluvial média varia de menos de 250m a 750m. As altimetrias que predominam estão entre 500 e 600m e as declividades entre 10 e 20%. Apresenta dissecação média com vales entalhados e densidade de drenagem variando de média à alta, o que implica um nível de fragilidade que

torna a área susceptível a fortes atividades erosivas, sobretudo nas vertentes mais inclinadas.

Após analisar como as unidades geomorfológicas de maior abrangência espacial influenciaram a formação do relevo da cidade de Marília e continuam a influenciar na sua evolução, abordam-se no tópico seguinte aspectos do relevo local.

#### **4. O Relevo de Marília-SP**

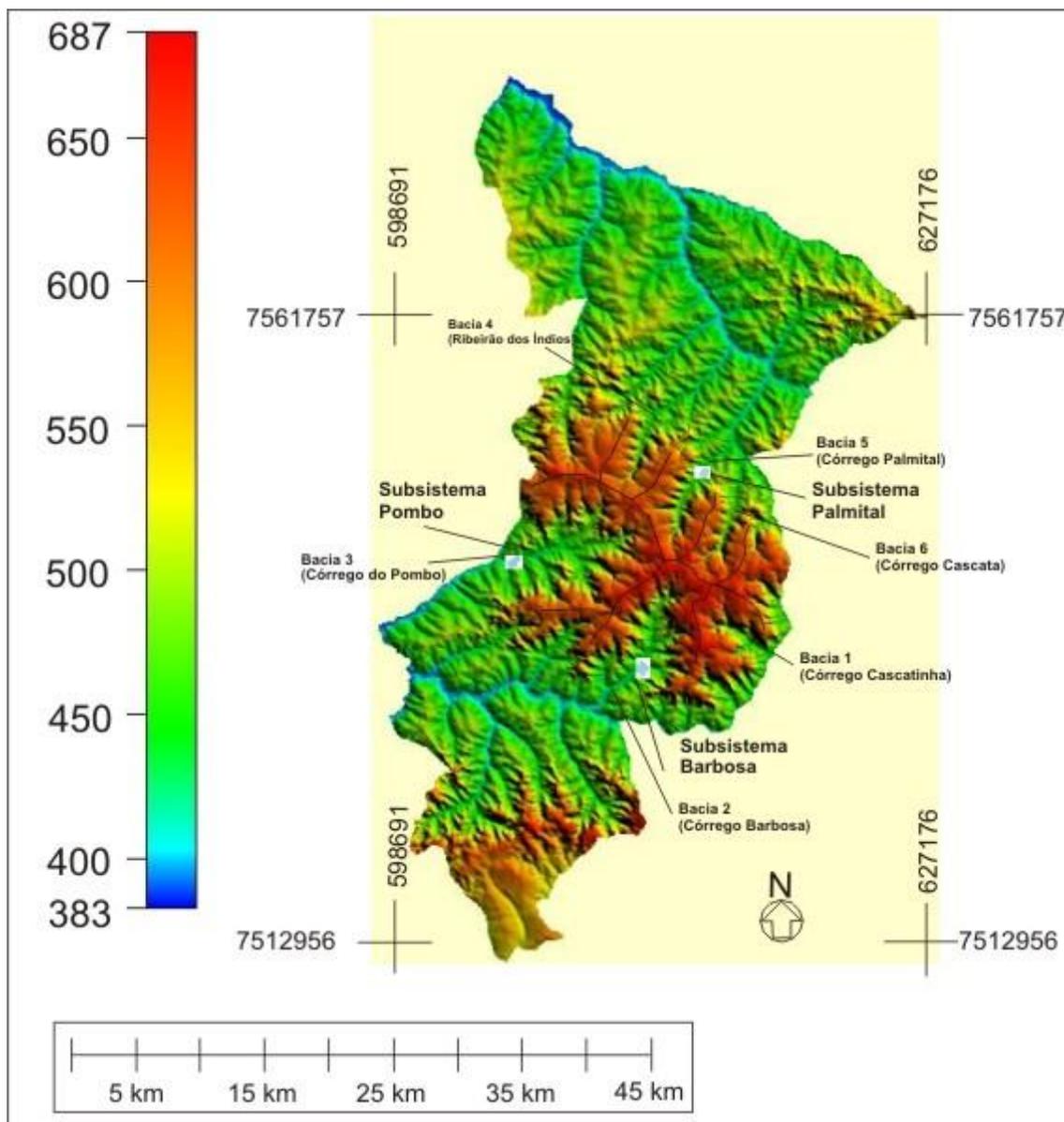
A análise do relevo de Marília é baseada em aerofotointerpretação e trabalhos de campo, cujo resultado verifica-se no mapa geomorfológico do perímetro urbano de Marília (Figura 21). Nele é possível a observação e identificação de compartimentos topográficos e algumas feições ligadas a eles oriundas de dinâmicas geomorfológicas, tais como: topos, vertentes (côncavas, convexas e retilíneas), fundos de vale (em “V” e de fundo chato), ravinas, voçorocas, depósito de tálus, planícies aluviais e alvéolos e escarpas.

A partir da visualização do mapa hipsométrico do município (Figura 22), distingue-se com clareza três áreas mais elevadas, uma ao norte, uma ao sul e uma ao centro, maior e mais elevada em comparação às outras duas. É nessa área que se localiza o perímetro urbano. Verifica-se que as altitudes decrescem em direção às escarpas, que circundam e delimitam a cidade. Utilizando-se o mapa clinográfico (Figura 23) pode-se observar que, diferente da altimetria, as declividades aumentam em direção às escarpas.

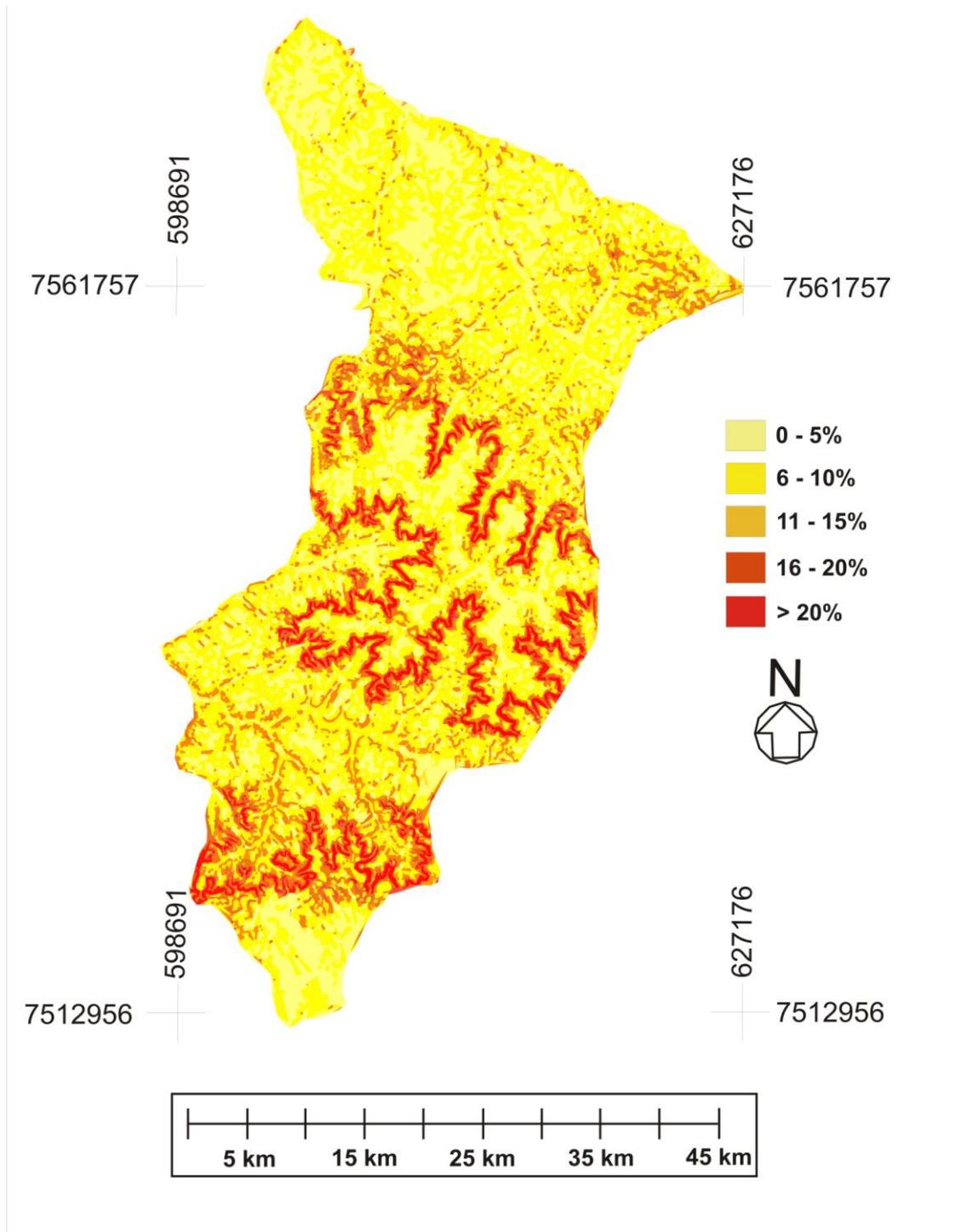
A análise do relevo da cidade é realizado a partir da sua compartimentação topográfica: topos, vertentes e fundos de vale.

Há em Marília um grande compartimento de topo (Figura 24). Ele forma o principal divisor de águas da cidade, separa a bacia hidrográfica do rio Aguapeí e do rio do Peixe. Sua morfologia varia de aplainada à suavemente ondulada ao longo de sua extensão. A ele estão conectados topos secundários de menor extensão. Nesse compartimento de relevo encontram-se as maiores altitudes e menores declividades da cidade. Esses fatos geomorfológicos, aliados à morfologia do terreno, ajudam a explicar a razão do início da ocupação e expansão urbana se processar nos topos.





**Figura 22:** Mapa Hipsométrico do município de Marília-SP.  
Organizado por Santos, 2009.



**Figura 23:** Mapa clinográfico do município de Marília-SP.  
Organizado por Santos, 2009.



**Figura 24:** Vista aérea da expansão urbana sobre o topo do Planalto de Marília. Percebe-se o limite que a escarpa oferece ao perímetro urbano da cidade (SANTOS, 2006). Foto tirada em 02/2005.

O domínio das vertentes, de modo geral, tem por característica interligar o compartimento dos topos às escarpas. Não há o predomínio de uma morfologia de vertente, elas variam entre côncavas, retilíneas e convexas.

Por entender que a vertente é a principal unidade de estudo do relevo, ela se individualiza como categoria central nos estudos geomorfológicos. É nela que se materializam as relações das forças produtivas, ou seja, onde fica impregnada a maioria das transformações que compõem a paisagem. O seu processo evolutivo é entendido na escala de tempo histórica, determinado por processos morfogenéticos e intervenções produzidas pela sociedade e, excluindo os fenômenos catastróficos (terremotos, vulcanismos...), as atividades endógenas ganham importância, sobretudo na escala de tempo geológica (CASSETI, 1991).

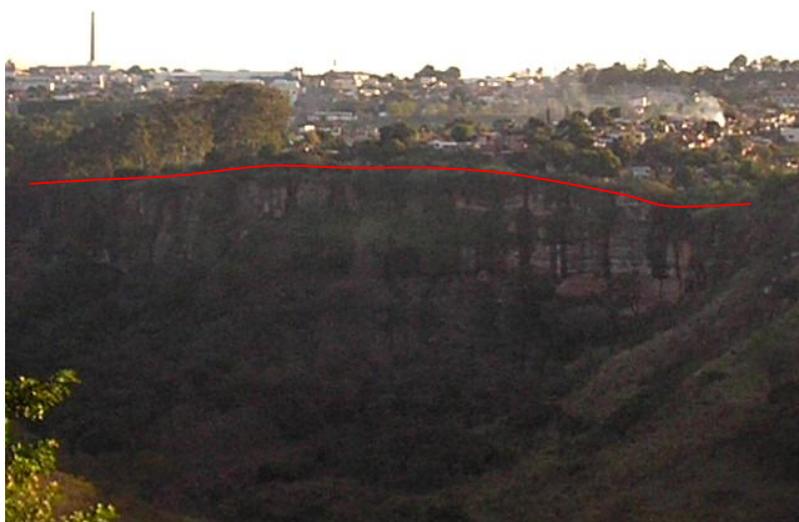
Conforme se avançam dos topos em direção às vertentes, nota-se uma gradual diminuição na densidade de ocupações, concomitante, embora não somente explicado, ao fato das morfologias do relevo tornarem-se mais acidentadas e as declividades aumentarem nesse compartimento.

Por volta da década de 1970 percebia-se que, quanto mais se aproximasse das escarpas, diminuía-se o poder aquisitivo da população que ocupava essas áreas. No entanto, a partir da década de 1990, os condomínios

fechados, que começavam a ser construídos, passaram a ocupar áreas limítrofes as escarpas (Figura 25). A estratégia do mercado imobiliário para atrair as incorporadoras era a visão “privilegiada” que se tem para os vales intra-escarpas. Com isso, o que se observa atualmente é a coexistência de condomínios fechados de alto padrão e favelas (Figura 26) (ZANDONADI, 2008).



**Figura 25:** Casa de condomínio fechado próximo a escarpa. Foto tirada em 07/2007.



**Figura 26:** Favelas em áreas próximas a escarpa. Foto tirada em 07/2007.

Os fundos de vale na cidade apresentam-se com morfologias em “V” e de fundo chato. Eles são definidos por Guerra (2001, p. 627) como sendo

[...] O corredor ou depressão de forma longitudinal (em relação ao relevo contíguo), que pode ter, por vezes, vários quilômetros de extensão. Os vales são formas topográficas constituídas por talvegues e duas vertentes com dois sistemas de declives convergentes. O vale é expresso pela relação entre as vertentes e os leitos (leito menor, leito maior e terraços). A forma do vale e o seu traçado estão em função da estrutura, da natureza das rochas, do volume do relevo, do clima e também da fase em que se encontra dentro do ciclo geomorfológico.

Os vales em “V” (Figura 27) tendem a ocorrer, com maior frequência, próximos aos topos, no domínio das vertentes, ou próximo às escarpas, quando a distância entre elas é curta. Na relação contrária, os de fundo chato (Figura 28) ocorrem na sua totalidade quando os vales alargam-se, ou seja, quando a distância entre as escarpas aumenta.



**Figura 27:** Fundo de vale em “V” em área em que a distância entre as escarpas é curta. Foto tirada em 07/2007.



**Figura 28:** Vale de fundo chato dando origem a uma planície aluvial (delimitada pelas linhas em vermelho) em área em que a distância entre as escarpas é grande (SANTOS, 2006). Foto tirada em 08/2006.

A ocupação desse compartimento na cidade é quase completa. Por outro lado, fora do perímetro urbano, as ocupações se dão por propriedades rurais, através de cultivos agrícolas e/ou criação de gado.

A cidade de Marília não possui cursos d'água de grande extensão e porte. A grande maioria são córregos de pequena vazão que, pela morfologia do relevo, tende a escoar de maneira dispersa. Estes, quando não canalizados para facilitar a expansão urbana, encontram-se poluídos pela ausência de tratamento de esgoto.

Suas cabeceiras localizam-se nas vertentes e escoam em direção às escarpas por onde descem e deságuam nos rios do Peixe e Aguapeí (rios de maior porte e vazão), que drenam o entorno do município.

No que diz respeito às planícies aluviais, elas ocorrem em sua totalidade nos vales de fundo chato (Figura 29).



**Figura 29:** Planície aluvial, identificada pelas linhas em amarelo, localizada em um vale de fundo chato originado por entalhamento linear entre as bordas de duas escarpas, identificadas pelas linhas em vermelho (SANTOS, 2006). Foto tirada em 08/2006.

As escarpas, “rampa ou declive de terrenos que aparecem nas bordas dos planaltos, serras, morros testemunhos etc” (GUERRA, 2001, p. 241), por serem festonadas (diferença de resistência litológica) e não contínuas, recortam a cidade. Elas acabam por configurar a existência dos topos principais e secundários, que modelam e favorecem a expansão da malha urbana (Figura 30).



**Figura 30:** Escarpas abruptas características do Planalto de Marília. Observe o avanço da urbanização até seus limites (SANTOS, 2006). Foto tirada em 05/2004.

Algumas feições geomorfológicas observadas na paisagem, como cabeceiras de drenagem em anfiteatro e depósitos de Talus, possuem modos e ocorrências de ocupações diferenciadas.

As cabeceiras de drenagem em anfiteatro (Figura 31) são caracterizadas por (GUERRA, 2001, p. 97) como

[...] Bacias ou vales não canalizados, denominados bacias de ordem zero, são caracterizadas por uma conformação topográfica côncava em planta, correspondentes aos primeiros formadores da rede de drenagem, podendo constituir o prolongamento direto da nascente dos canais fluviais de 1ª ordem. São também os tributários laterais de fluxos canalizados de qualquer nível hierárquico, correspondendo a feições geomorfológicas muito freqüentes em domínios morfológicos de encostas recobertas por espessos regolitos, em ambiente tropical e subtropical úmido.



**Figura 31:** Cabeceira de drenagem em anfiteatro formada pelas rampas de colúvio. Foto tirada em 07/2009.

Na cidade elas ocorrem no domínio das vertentes e nas bordas das escarpas, entre as rampas de colúvio. Já os depósitos de Talus localizam-se na base das escarpas, sendo

[...] Formado por material que pode ter sido trazido pela erosão do lençol de escoamento superficial, ou pelo efeito da gravidade. Esta última constitui, geralmente, o maior responsável pela formação de grandes depósitos de Talus (GUERRA, 2001, p. 189).

#### 4.1. Rampas Colúvio-Aluvionares

Abre-se um tópico para falar das rampas de colúvio devido a sua importância dentro do sistema de afastamento de esgoto da cidade.

Essa forma de relevo localiza-se no intermédio das escarpas e os vales intraescarpas. Elas serão utilizadas para que os emissários possam descer e despejar seus efluentes nos emissários localizados nos fundos de vale, próximos ou nas próprias planícies aluviais.

Rampas de colúvio é a designação original dada por Bigarella e Mousinho (1965c) *apud* Bigarella (2007c) às rampas colúvio-aluvionares para descrever formas suavemente inclinadas dos baixos terraços encontrados no fundo dos vales, onde os depósitos colúviais, mais propriamente colúvio-aluvionares, interdigitam ou recobrem sedimentos aluviais.

Essas rampas foram originadas essencialmente por processos de solifluxão e de escoamento superficial difuso ou torrencial. Sua natureza e granulometria dependem da litologia da área fonte dos sedimentos (BIGARELLA, 2007c).

As rampas colúvio-aluvionares não se relacionam geneticamente ao depósito aluvial subjacente, no entanto, se ligam às fases de solifluxão. Normalmente, a influência da colúviação é mais importante na periferia do plaino (segundo Guerra, 2001, é a designação proposta por Leuzinger para as superfícies, aproximadamente planas e horizontais) aluvial, isto é, nas paredes do vale (BIGARELLA, 2007c). No caso da cidade de Marília, as paredes dos vales são os arenitos da Formação Marília.

A atuação eficiente dos processos originadores das rampas colúvio-aluvionares são favorecidas por condições ambientais específicas, portanto, formas herdadas que testemunham condições climáticas pretéritas.

De acordo com Bigarella (2007c), o conceito de rampa foi ampliado por Meis e Machado (1975) e Meis e Machado (1979) para abranger não apenas as formas deposicionais, mas também as erosivas encontradas nos segmentos côncavos das encostas que caracterizam as reentrâncias ou depressões do relevo nos anfiteatros. Esse processo está associado a uma dinâmica acelerada de recuo das vertentes que, aliado ao formato concavizado

dos fundos de vale e baixas encostas, origina uma seqüência de rampas referidas como “complexo de rampas”.

Bigarella (2007c) aponta ainda um aspecto particular do Quaternário Superior, que diz respeito aos depósitos coluviais de encostas. Eles são quase onipresentes nas regiões tropicais úmidas e subúmidas, situando-se principalmente nas porções inferior e média das vertentes, tendendo a ser menos espessos nas vertentes superiores, predominando o elúvio, exceto onde aflora a rocha. Assim, a espessura dos depósitos coluviais aumenta com o decréscimo da declividade da encosta. Quando se espraia nas bordas dos vales de fundo chato, cobrem aluviões.

As encostas estão sujeitas a sucessivos ciclos de colúviação, originando os chamados “complexos de rampa” (MEIS e MACHADO, 1978 *apud* BIGARELLA, 2007c).

Inicialmente o termo rampa de colúvio foi introduzido por Bigarella e Mousinho (1965b) *apud* Bigarella (2007c) para designar um depósito coluvial na parte baixa de uma encosta. Posteriormente demonstrou-se que tal superfície poderia seguir encosta acima, até o domínio dos elúvios, onde se evidenciam vestígios da erosão associada a gênese do colúvio (MENDES, 1984 *apud* BIGARELLA, 2007c). Passou-se, portanto, a chamar de rampa essa unidade morfológica ligada não só a aspectos deposicionais, mas também a aspectos erosivos do ciclo coluvial (MEIS, MACHADO e CUNHA, 1975 *apud* BIGARELLA 2007c).

O que se observa em Marília e pode ser visualizado na Figura 32 são rampas colúvio-aluvionares de diversos tamanhos e espessuras. Verifica-se que quanto mais localizada na base da escarpa, mais pronunciada é a parede de rochas, portanto pode indicar que no ciclo coluvial essa rampa é mais recente. Inversamente, quanto mais próxima da borda da escarpa, menos pronunciada é a parede de rochas, o que pode indicar uma rampa mais antiga.

Utilizam-se as rampas mais espessas para se fazer a descida dos emissários.



**Figura 32:** Rampas colúvio-aluvionares. A com círculo amarelo indica uma rampa mais recente no ciclo coluvial, e a com o círculo vermelho indica uma rampa mais antiga. Foto tirada em 01/2009.

#### 4.2. Perfis Topográficos

Nesse tópico elaboraram-se perfis topográficos com o intuito de melhor ilustrar e, desse modo, caracterizar o relevo da cidade (Figura 33).



### 4.3. Caracterização Pedológica

Nesse tópico faz-se uma caracterização pedológica da cidade de Marília tendo em vista, não só a importância que os solos possuem na evolução do relevo, como também para a implantação do projeto, seja na locação dos emissários e das próprias estações de tratamento.

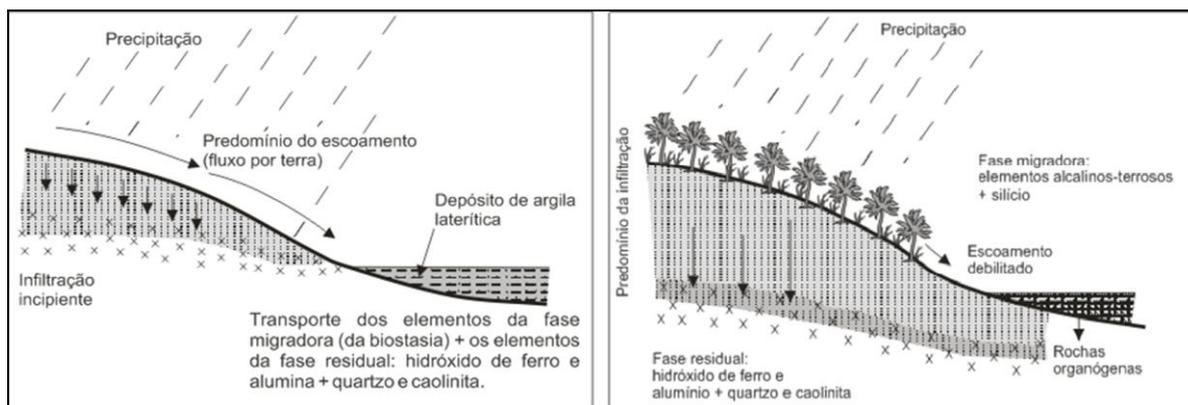
A evolução do relevo envolve dois processos que condicionam dinâmicas, ora ligadas à evolução do relevo, ora a evolução dos solos.

O primeiro deles é a Morfogênese. Ela representa um conjunto de processos geomorfológicos (endógenos e exógenos) que formam o relevo a partir da escala de tempo geológico (SUERTEGARAY e NUNES, 2001). Um desequilíbrio qualquer (climático, tectônico ou antrópico) pode acelerar os processos de desgaste (intemperismo mecânico) em relação à decomposição das rochas (intemperismo químico), em que há predomínio de formas de relevo.

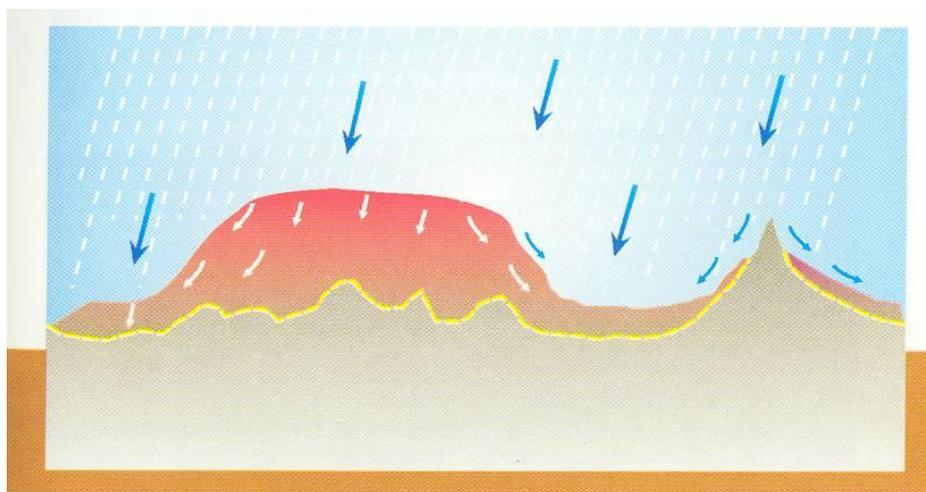
O outro é a Pedogênese. São fases de estabilidade do relevo e predomínio de formação dos solos.

A essa dinâmica (relação entre morfogênese e pedogênese) dá-se o nome de balanço morfogenético (TRICART, 1958 *apud* CASSETI, 1991). A evolução morfogenética se faz em relação de causa e efeito com a formação dos solos, refletindo um equilíbrio frágil entre relevo, clima e vegetação. Diante disso, também se fala de vertentes, em que, segundo Penteado (1983), a evolução destas está ligada com a gênese dos solos.

No balanço morfogenético há dois componentes: o perpendicular e o paralelo. O primeiro está relacionado com a infiltração de água no solo e o segundo com o escoamento superficial. Quando existe o predomínio do componente perpendicular, ou seja, há maior infiltração do que escoamento encontra-se pedogênese sobressaindo sobre a morfogênese. Por outro lado, numa relação dialética, quando o componente paralelo predomina, ou seja, há maior escoamento do que infiltração encontra-se morfogênese sobressaindo sobre a pedogênese (Figuras 34 e 35).



**Figura 34:** Componente paralelo na imagem da esquerda e componente perpendicular na imagem da direita (CASSETI, 1991).



**Figura 35:** O relevo condicionando níveis de infiltração e de escoamento (LEPSCH, 2002).

Esses processos serão mais ou menos intensos quando existir vegetação. Exceto onde a cobertura vegetal é ausente, os processos morfogenéticos não exercem diretamente sobre as rochas, porque os solos são um meio intermediário entre os agentes meteóricos e a litosfera (PETEADO, 1983).

Para ressaltar a importância do relevo na formação do solo e conseqüentemente, na forma das vertentes, segundo Lepsch (2002), a topografia poderá modificar o perfil de solo de três formas: facilitando a absorção e a retenção de água de precipitação pelo solo - relação de umidade; influenciando no grau de remoção-partícula de solo pela erosão e facilitando a movimentação do material em suspensão ou em solução para outras áreas.

No Planalto Residual de Marília, de acordo com o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (1999), cuja escala é 1:500.000, a classe de solo predominante é o Argissolo, contudo, devido à generalização da escala, comprovou-se a informação com os trabalhos de campo realizados na cidade, além da identificação de outras classes de solos encontradas conforme a morfologia do relevo.

#### **4.3.1. Os Argissolos**

De acordo com Oliveira et al. (1992, p.121), os Argissolos compreendem solos minerais não hidromórficos, com horizonte A ou E seguidos de horizonte B textural não plíntico, argila de atividade alta ou baixa, cores vermelhas a amarelas, apresentando distinta individualização de horizontes. São solos com grandes variações em características morfológicas e analíticas, porém com presença distintiva de horizonte B textural que diverge do A ou E, seja pela cor, seja pela diferença de textura e complementação marcante de estrutura em blocos, sendo a textura argilosa ou muito argilosa. Essa característica torna a erodibilidade, em geral, exacerbada nos solos que apresentam mudança textural abrupta, já que condiciona níveis de infiltração diferenciados entre os horizontes. Onde, portanto num horizonte de textura arenosa a infiltração predominante é no sentido vertical, com a mudança abrupta para um horizonte argiloso, a infiltração pode predominar no sentido horizontal, colaborando para carrear sedimentos dos horizontes superficiais.

Sua cor vermelha está associada a solos ricos em minerais ferromagnesianos. Estão associados a relevos suavemente ondulados a ondulado. Eles são colocados nas classes C e D quanto à resistência à erosão, classes de solos com baixa ou muito baixa resistência. Os argissolos, em geral, possuem textura média ou arenosa em superfície e baixa atividade de argilas.

Dependendo de sua espessura, a perfuração do perfil para passagem dos emissários é permitida.

São solos facilmente preparados para o plantio, mas dependendo do relevo, seu potencial agrícola desaconselha tal uso. São, também, de boa qualidade para piso de estradas.

Depois dos Latossolos, constituem a classe de solo de maior expressão espacial no Estado de São Paulo, ocupando 29% da área do estado.

#### **4.3.2. Os Latossolos**

A classe dos Latossolos constitui o agrupamento mais extenso do Estado de São Paulo. Ocupa 52% da área do Estado. Segundo Oliveira et al. (1992, p.102), os Latossolos são solos minerais não hidromórficos, com horizonte B latossólico. São de grandes profundidades com seqüência A, Bw, C de diferenciação modesta, formado a partir de material de origem diversa, o que lhes confere certa variabilidade nas características morfológicas, especialmente textura e consistência, além de influir nas propriedades químicas. Quanto à sua textura, ela varia desde média até muito argilosa, sendo uniforme ao longo do seu perfil.

Apresentam boa tolerância à perda por erosão. Juntamente com a permeabilidade interna, capacidade de infiltração e relevo declivoso, levam a considerar esses solos, quando apresentam textura argilosa, como solos de baixa erodibilidade.

Os perfis destes solos são espessos, com mais de 3 metros de profundidade. São de boas propriedades físicas, de excepcional porosidade, portanto, de boa drenagem interna. Por apresentarem boa resistência à erosão, fáceis de serem escavados e, ainda, bastante profundos e porosos, são apropriados para cemitérios, aterros sanitários e estações de tratamento de esgoto.

Devido à grande espessura de seus perfis, são solos recomendáveis para perfuração e passagem de emissários.

São encontrados em áreas de topografia plana ou levemente ondulada, onde a atuação da erosão é mínima, dando a oportunidade deste tipo de solo se constituir plenamente com seus respectivos horizontes bem formados.

### **4.3.3. Os Planossolos**

São solos constituídos por material mineral com horizonte A ou E seguidos de horizonte B plânico. Comumente encontram-se situados em planícies aluviais e no terço inferiores das vertentes. Requerem atenção quanto a erodibilidade devido à mudança textural abrupta (OLIVEIRA, 1999, p.96).

Essa classe de solo apresenta sinais de hidromorfismos: cores acizentadas ou bruno-amareladas com mosqueamento denunciador de redução devido à sua posição na paisagem, geralmente em terrenos baixos, em terraços, ou terços inferiores de encosta pouco íngremes, locais favoráveis ao acúmulo de água durante certos períodos do ano, aliado à lenta permeabilidade motivada pelo adensamento do horizonte Btg.

São por esse tipo de solo que serão locados os emissários que acompanham as margens dos córregos.

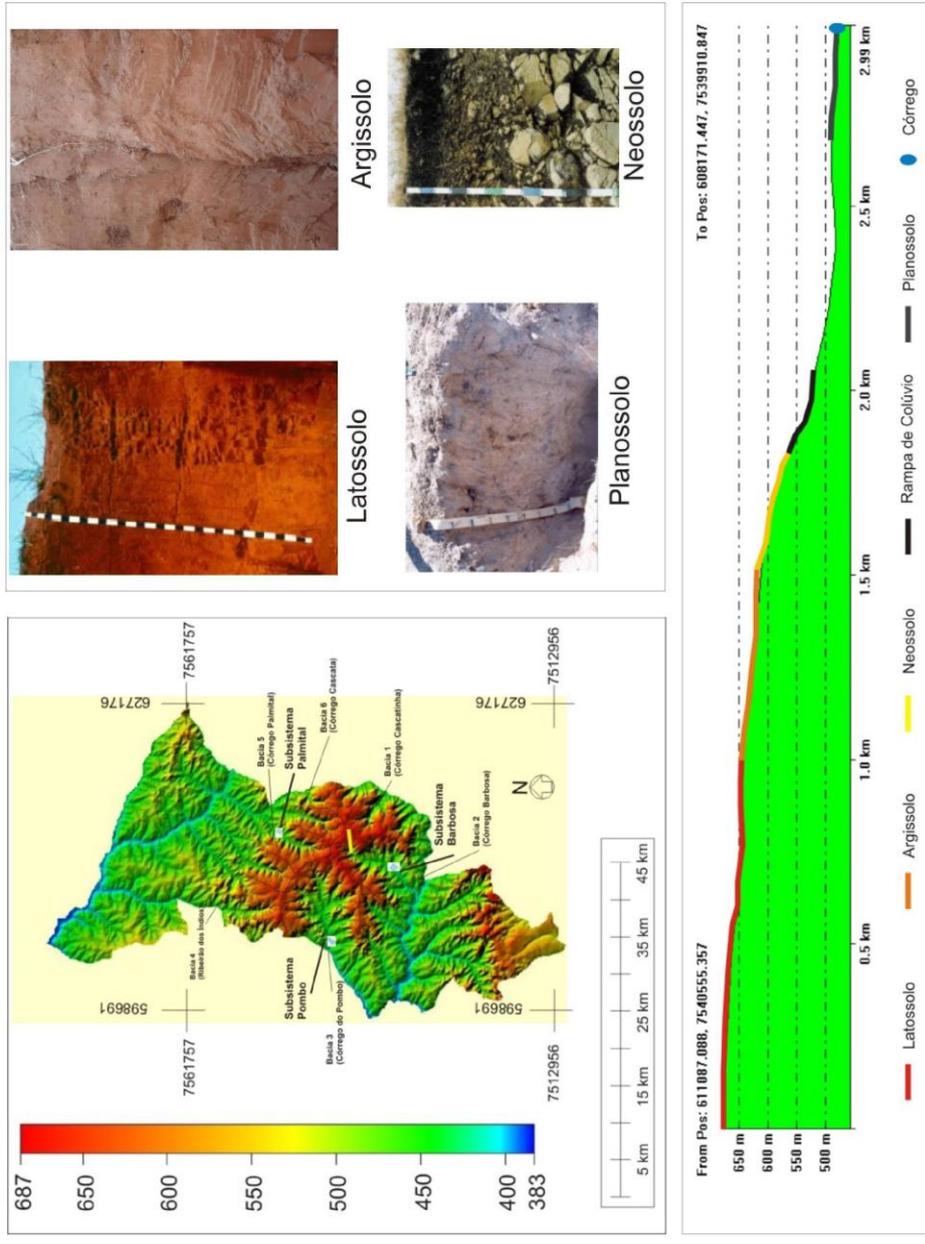
### **4.3.4. Os Neossolos**

Neossolo por sua etimologia significa solo recente, com pouco tempo de formação. Essa classe de solo é típica de áreas de topografia ondulada a fortemente ondulada, em que o processo de erosão se sobressai sobre o processo de formação, ou seja, pela inclinação da vertente, o solo não tem tempo de se formar por completo com todos seus horizontes básicos. O processo de morfogênese sobressai-se sobre o de pedogênese. Dessa forma, ele acaba por ter somente o horizonte A com alguns centímetros de espessura e logo depois a rocha da qual se originou, ou do horizonte C.

Ao término da caracterização dos tipos de solos que ocorrem na cidade de Marília, ilustram-se com um perfil topográfico no mapa hipsométrico do município (Figura 36) suas tendências de localização conforme a morfologia do relevo e fotos dos tipos de solos.

No próximo capítulo aborda-se temas relativos a sistemas de esgotos sanitários, bem como a caracterização do sistema adotado em Marília.

**Figura 36:** Perfil topográfico com tendência de localização dos tipos de solos conforme o relevo da cidade de Marília-SP.



## CAPÍTULO 3 SISTEMA DE ESGOTOS SANITÁRIOS

---

### 1. Breve História do Tratamento de Esgoto

Esse tópico é baseado em ROCHA, et al.(2004) em texto do livro Introdução a Química Ambiental.

A primeira rede de distribuição de água e captação de esgoto de forma eficiente foi construída há aproximadamente 4.000 anos na Índia. Eram feitos grandes tubos de argila que levavam as águas residuais e os detritos para canais cobertos que corriam pelas ruas e desembocavam nos campos, adubando e regando as colheitas.

Algumas cidades da antiga Grécia e a maioria das cidades romanas também dispunham de sistemas de esgotos. A população obtinha água para o abastecimento em fontes públicas e utilizava latrinas comunitárias para as necessidades fisiológicas, como a Toailete de Ephesus do século 1 d.C. Sob os assentos havia água corrente para levar os dejetos e para que o usuário lavasse a mão esquerda, utilizada na limpeza corporal.

A Idade Média (400 a 1400 d.C.) foi um período de 10 séculos sem avanços sanitários. Lixo de todo tipo se acumulava nas ruas, facilitando a proliferação de ratos e criando sérios problemas de saúde pública, sendo um dos mais graves, a epidemia da peste bubônica, que só na Europa causou a morte de cerca de 25 milhões de pessoas.

No final do século XVIII, com a Revolução Industrial, a população das cidades aumentou muito causando agravamento do acúmulo de lixo e excrementos nas ruas. Isso tornou necessária e urgente a criação de um sistema de esgotos que suprisse a demanda, caso contrário, corria-se o risco de deter o progresso industrial pelo surgimento de novas epidemias e conseqüentemente êxodo das cidades. Os rios passaram a sofrer os efeitos da poluição, caracterizados pela morte dos peixes, do ecossistema, bem como a transmissão de doenças como a cólera.

Na Inglaterra surgiram as primeiras tentativas de medir e caracterizar a poluição, os primeiros regulamentos de proteção aos cursos

d'água e os primeiros processos de tratamento de águas residuais. A primeira medida adotada foi a construção de sistemas de esgotos subterrâneos, o que ocorreu pela primeira vez em 1843 em Hamburgo, na Alemanha, quando a cidade foi reconstruída após um incêndio. Cientistas do século XIX concentraram esforços para combater as causas das diferentes doenças surgidas devido à falta de saneamento básico, o que impulsionou o desenvolvimento da microbiologia.

A primeira Estação de Tratamento de Água (ETA) foi construída em Londres em 1829 e tinha a função de coar a água do rio Tâmsa em filtros de areia. A idéia de tratar o esgoto antes de lançá-lo ao meio ambiente, porém, só foi testada pela primeira vez em 1874 na cidade de Windsor, Inglaterra. Não se sabia como as doenças saíam do lixo e chegavam ao nosso corpo. A idéia inicial é que vinham do ar, pois o volume de ar respirado por dia é muito superior ao volume de água ingerido. Porém com a descoberta de que doenças letais da época (como a cólera e a febre tifóide) eram transmitidas pela água, técnicas de filtração e a cloração foram mais amplamente estudadas e empregadas.

Atualmente, é consenso que o esgoto (efluente ou águas residuais), industrial ou doméstico, precisa ser tratado antes de ser lançado nos mananciais para minimizar seu impacto no ambiente e para a saúde humana. Esse tratamento é feito nas chamadas Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Infelizmente no Brasil, 62% da população não têm saneamento básico. Do esgoto coletado, menos de 20% é tratado antes de ser devolvido para os rios e outros mananciais.

Certamente a água nunca se acabará, pois esta fica re-circulando entre os reservatórios (rios, oceanos, atmosfera), tanto na fase líquida, como na fase gasosa ou sólida. A questão é que quanto mais poluída for a água, mais caro será seu tratamento e, no futuro, a água de qualidade poderá ser privilégio de poucos.

O próximo tópico trata de algumas leis que garantem e regulamentam o saneamento ambiental básico.

## 2. Legislação

Diante dos fatos de que a não coleta e correto destino dos esgotos sanitários produzidos pela população ocasionam doenças e malefícios ao ambiente, e que a implantação e construção de um sistema de afastamento e tratamento de esgoto pode trazer uma série impactos, existem leis que asseguram o direito ao saneamento ambiental, bem como regularizam suas instalações.

É fundamental esclarecer que não é propósito desse trabalho esgotar a discussão acerca da legislação por trás do tratamento de esgotos, e sim de apenas mostrar, por meio de algumas leis, a existência de respaldo legal sobre o tema tratado.

A lei no 10.257 de 10 de julho de 2001 (Estatuto da Cidade) que regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, aponta diretrizes gerais da política urbana. Já em seu artigo primeiro, parágrafo único, insere o equilíbrio ambiental como uma das normas de ordem pública e interesse social.

Art. 1º Na execução da política urbana, de que tratam os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, será aplicado o previsto nesta Lei.

Parágrafo único. Para todos os efeitos, esta Lei, denominada Estatuto da Cidade, estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental. (grifo nosso)

Em seu artigo segundo, em que observa mais especificamente as funções sociais da cidade e da propriedade urbana mediante algumas diretrizes da política urbana, coloca o saneamento ambiental como uma delas.

Art. 2º A política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante as seguintes diretrizes gerais:

I – garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infra-estrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações. (grifo nosso)

Diferentemente das leis anteriormente citadas que dispõem sobre o direito ao um ambiente equilibrado, conseguido e mantido, dentre outras maneiras pelo saneamento ambiental, as próximas estabelecem diretrizes de regulamentação para que esses direitos sejam assegurados.

A resolução CONAMA 01 de 23 de janeiro de 1986 "Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA".

Art. 2º - Dependerá de elaboração de Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e da SEMA em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, tais como:

V - oleodutos, gasodutos, minerodutos, troncos coletores e emissários de esgotos sanitários.

A resolução CONAMA 05 de 16 de novembro de 1988 "Dispõe sobre o licenciamento de obras de saneamento básico".

Art. 1º - Ficam sujeitas a licenciamento as obras de saneamento para as quais seja possível identificar modificações ambientais significativas.

Art. 3º - Ficam sujeitas a licenciamento as obras de sistemas de abastecimento de água, sistemas de esgotos sanitários, sistemas de drenagem e sistemas de limpeza urbana, a seguir especificadas:

II - Em Sistemas de Esgotos Sanitários:

a) obras de coletores troncos; b) interceptores; c) elevatórias; d) estações de tratamento; e) emissários e, f) disposição final.

### **3. Caracterização Geral de um Sistema de Esgotos Sanitários**

Um sistema de esgotos sanitários, de modo geral, é constituído das seguintes unidades: rede coletora, interceptores, emissário, estação elevatória, estação de tratamento e emissário final (ARAÚJO, 2003). Com exceção dos dois últimos elementos, todos os outros compõem um sistema de afastamento, cuja função é coletar os esgotos e transportá-los até a estação de tratamento para posterior destinação em um corpo receptor.

Cada um desses elementos possui uma função específica dentro do sistema, portanto, devem ser pensados e analisados no que diz respeito ao

seu traçado, dimensionamento hidráulico e materiais de que são feitos, para a máxima eficiência no funcionamento técnico, com mínimo de impactos ambientais e sociais e menores custos orçamentários.

A rede coletora é composta pelas tubulações que recebem os esgotos gerados nas residências, estabelecimentos comerciais e industriais, etc. É implantada sob via pública ou passeios, sendo dotada de poços de visita, para inspeção e introdução de equipamentos de limpeza. Há predominância na utilização de tubulações de 150 mm, devido a pequena vazão (ARAÚJO, 2003).

Os interceptores são tubulações implantadas ao longo dos cursos d'água, que têm as funções de receber os esgotos coletados pelas redes coletoras e conduzi-los ao emissário ou diretamente às estações de tratamento. São assim denominados por interceptar ou impedir que os efluentes das redes coletoras sejam lançados nos rios ou córregos sem tratamento (ARAÚJO, 2003). O relevo aparece com fundamental importância para locação desses condutos, tendo em vista a necessidade de se identificar o sentido natural de escoamento do terreno e os fundos de vale.

Os emissários são tubulações que conduzem os esgotos dos interceptores a estação de tratamento (ARAÚJO, 2003).

As estações elevatórias de esgoto são concebidas para bombear os esgotos de uma cota inferior para pontos mais elevados. Faz-se necessário implantá-las nos bairros situados em cota mais baixa, com a finalidade de conduzir os esgotos para a estação de tratamento de esgotos ou mesmo para redes coletoras (ARAÚJO, 2003).

Estação de tratamento de esgotos destina-se à depuração dos esgotos produzidos na cidade. Existem vários processos de tratamento a serem selecionados em função dos seguintes fatores: tamanho da população, condições climáticas da região, área disponível para a estação, grau de poluição dos esgotos, porte do corpo receptor, etc (ARAÚJO, 2003).

A função do emissário final é conduzir os efluentes da estação de tratamento, já despoluídos, ao corpo receptor, que pode ser um rio, um córrego, um lago, etc (ARAÚJO, 2003).

O que norteia o traçado da rede de afastamento de esgotos é sua

conformação à rede viária e ao relevo da área do projeto, principalmente no que se refere aos grandes condutos.

Uma das primeiras providências dos projetistas é o estudo da planta da cidade, quando não houver um mapa geomorfológico da área de auxílio, para a identificação dos compartimentos de relevo topo, vertentes e fundos de vale, no intuito de:

- delimitar a área a ser esgotada, traçando-se os limites das bacias;
- indicar por meio de pequenas setas o sentido do escoamento natural da superfície do terreno;
- identificar os pontos baixos da área, tendo em vista o traçado do principal conduto;
- na fixação dos sentidos de escoamento, procurar seguir, tanto quanto possível, os sentidos de escoamento natural do terreno, de modo aproveitar ao máximo a capacidade limite de cada coletor.

Os interceptores são previstos às margens dos cursos d'água. A partir deles são identificados talvegues nas vertentes e aí, segundo o traçado das ruas, são implantados os coletores-tronco (ARAÚJO, 2003).

Segundo Araújo (2003) há exemplos de conformações do que se pode chamar de rede principal: *perpendicular* – quando os talvegues em direção aos cursos d'água são regularmente espaçados e relativamente próximos, resultando coletores-tronco de curta extensão.

Essa conformação também ocorre quando os talvegues não são bem definidos: a vertente do curso d'água é mais regular e os coletores-tronco dependem apenas do traçado viário. *Longitudinal* – quando o núcleo urbano se desenvolve principalmente ao longo do curso d'água com traçado viário favorável à implantação de condutos de maior extensão. *Em leque* – quando o relevo é bastante irregular, com o traçado viário de grandes declives, configurando diversas sub-bacias de esgotamento convergentes. *Distrital (radial)* – quando o relevo apresenta baixas declividades e, para evitar excessivas profundidades dos condutos, dividi-se a área de projeto em distritos, com pontos de concentração dotados de elevatórias que promovem o transporte do esgoto

para o lançamento ou tratamento. Em Marília não há nenhum desses padrões, pois as bacias de esgotamento são divergentes.

Ainda conforme Araújo (2003), alguns parâmetros devem comparecer no dimensionamento hidráulico das redes de afastamento de esgotos:

**População:** é o principal parâmetro para o cálculo das vazões de esgoto doméstico; já as águas de infiltração e de esgoto industrial, que também compõem o esgoto sanitário, independem do mesmo. Devem ser consideradas as populações atuais, de início de plano, e as futuras, de fim de plano, ano previsto para o sistema projeto operar com utilização plena de sua capacidade.

Além das populações totais da área do projeto, interessa também sua distribuição pelo solo urbano, que deve ser dividido em áreas de ocupação homogênea, determinando-se para elas as respectivas “densidades populacionais” (d, hab/ha), também para o início e final de plano.

**Coefficiente de retorno:** é a relação média entre os volumes de esgoto produzido e a água efetivamente consumida. Entende-se por água efetivamente consumida aquela registrada pela micromedição da rede de distribuição de água, descartando-se, portanto, as perdas do sistema de abastecimento.

**Taxa per capita:** é o produto do coeficiente de retorno pela taxa *per capita* de consumo de água escoimada (livre de impurezas, limpa) da parcela relativa a perdas. Este é extremamente variável. Pode variar de acordo com as cidades, regiões, zonas da mesma cidade, tendo fatores influentes, tais como cultura, saúde, nível social, ao clima, hidrografia, etc.

**Coefficientes de variação de vazão:** o escoamento da parcela de esgoto doméstico que compõem o esgoto sanitário não se comporta de forma regular, pois é como a água de consumo doméstico que está sob comando direto do usuário, variando a vazão conforme as demandas sazonais, mensais, diárias e horárias.

Sabe-se que além de substâncias orgânicas e minerais dissolvidas, os esgotos sanitários levam também substâncias coloidais e sólidos de maior suspensão que em mistura pode formar depósitos nas paredes e fundos dos condutos, o que pode prejudicar seu pleno funcionamento hidráulico, ou seja, seu escoamento.

Assim, no dimensionamento hidráulico, além dos parâmetros citados, também se deve prover condições satisfatórias de fluxo que simultaneamente atendam aos seguintes quesitos (ARAÚJO, 2003):

- transportar as vazões esperadas: máximas (vazões de fim de plano) e mínimas (de início de plano);
- promover o arraste dos sedimentos, garantindo a autolimpeza dos condutos;
- evitar as condições que favoreçam a formação de sulfetos e a formação e desprendimento do gás sulfídrico. Este em meio úmido origina o ácido sulfúrico, que age destruindo alguns materiais de que são feitos os condutos, além de causar desconforto devido ao seu mau cheiro.

O dimensionamento hidráulico consiste, portanto, em se determinar o diâmetro e a declividade longitudinal do conduto (intimamente ligado ao relevo, uma vez que a declividade do terreno ajuda na declividade longitudinal do conduto), tais que satisfaçam essas condições.

Araújo (2003) afirma que sobre a declividade e sua determinação estão ligados dois conceitos, a autolimpeza ou arraste de sedimentos e a economicidade (relação custo/benefício) do investimento, direta e fortemente ligada às profundidades de assentamento dos condutos.

Segundo o referido autor, esses dois conceitos definem duas declividades: a *mínima* deve garantir o deslocamento e o transporte dos sedimentos usualmente encontrados no fluxo do esgoto, promovendo a autolimpeza dos condutos, em condições de vazões máximas de um dia qualquer no início de plano; a *econômica* deve evitar o aprofundamento desnecessário dos coletores, fixando a profundidade mínima admitida no projeto na extremidade de jusante do trecho considerado.

Os condutos coletores de esgotos são condutos livres que recebem os coletores prediais ao longo do seu traçado. Cada coletor predial lança o seu efluente à medida que no interior do prédio os aparelhos sanitários vão recebendo os despejos correspondentes às águas utilizadas para os diversos fins.

O escoamento neste conduto é extremamente irregular, não só quanto às vazões como aos intervalos de tempo de funcionamento ao longo do dia. O escoamento nos coletores de esgotos nos trechos iniciais também é

bastante irregular, mas, conforme se consideram trechos cada vez mais à jusante, ele se vai tornando contínuo e regular, podendo mesmo ser considerado constante em cada seção para limitados intervalos de tempo.

Não se dará ênfase aos sistemas de coleta de esgoto de Marília em razão desses já existirem anteriormente à elaboração do projeto de afastamento e tratamento. As análises recairão com maior ênfase sobre os emissários, cuja função é receber o esgoto sanitário da rede coletora e interceptores e afastá-los até a estação de tratamento.

Em uma seção ao longo do tempo, a vazão é bastante variável. Nestas condições o regime de escoamento também é, em realidade, variado. A necessidade de determinar a dimensão do conduto faz com que, estudada a variação das vazões ao longo do tempo, se escolham os valores máximos para possibilitar a segurança do sistema.

As canalizações de esgotos são calculadas como condutos livres (gravidade livre), com exceção dos sifões invertidos, das canalizações de recalque e em escoamento por gravidade com declividades acentuadas, onde os esgotos escoam como condutos forçados (gravidade forçada).

As vazões de dimensionamento consideram situações que devem ocorrer no fim do plano de desenvolvimento da rede de esgotos que ora se projeta. Como condutos livres, os coletores de esgoto são calculados para funcionarem à meia seção escoando a vazão máxima (dia e hora de maior contribuição) do fim do plano. Outros condutos de maior importância são usualmente calculados com lâminas líquidas maiores. Assim, as lâminas nos interceptores poderão atingir  $2/3$  do diâmetro do conduto; e os emissários  $3/4$  do diâmetro.

#### **4. Fatores Locacionais, Número de Estações e Nível de Tratamento**

Com relação a sistemas de tratamento de esgotos, vários aspectos devem ser analisados quando se busca a definição do tipo de tratamento. As decisões devem ser tomadas após avaliação cuidadosa da classe, tipo e natureza do corpo receptor local, da disponibilidade de área, do relevo da cidade, da rede coletora existente, dentre outros.

Todo rio tem uma capacidade de autodepuração compatível com a sua vazão, turbulência das águas, temperatura, etc. Essas características devem ser analisadas para cada caso com intuito de se determinar a máxima carga que se pode lançar em um rio para que não se provoquem alterações sérias nesse ecossistema (CAMPOS, 1999).

O principal fator considerado dos esgotos para que seja efetuado o levantamento do nível do tratamento é a quantidade de oxigênio dissolvido. É em função de sua quantidade que se pode afirmar que um rio está ou não poluído.

Para se tomar um exemplo, caso sejam lançados os esgotos de uma cidade de 10.000 habitantes no rio Amazonas seria algo completamente diferente se lançados num rio de 0,5m de largura. No primeiro caso, os efeitos no ecossistema seriam quase desprezíveis, porém no segundo seriam catastróficos (CAMPOS, 1999).

Logicamente que o ideal de eficiência no tratamento fosse de 100%, no entanto, quando o nível começa a ultrapassar os 80% os custos de implantação e operação crescem de maneira acentuada (CAMPOS, 1999).

A legislação em vigor estabelece padrões de qualidade associado às características que devem ser respeitadas no corpo receptor. Sendo assim, quando se quiser determinar o nível de eficiência a ser alcançado no tratamento, deve-se conhecer paralelamente as características do corpo receptor e a classe a qual pertence de acordo com o Órgão Estadual de Controle de Poluição e do Conama (CAMPOS, 1999).

Dessa forma, conhecer a classe do corpo receptor interfere não só no nível de tratamento a ser alcançado, mas também na localização das estações.

Quanto ao número de ETEs a serem implantadas, existem variados fatores técnicos, econômicos, operacionais e ambientais que devem ser analisados na busca de resultados mais satisfatórios. Geralmente dois fatores direcionam o número de estações: disponibilidade de área e do relevo da cidade, que condicionam a configuração do sistema de coleta e transporte dos esgotos, como visto anteriormente sobre o sistema de afastamento.

Pode-se, então, analisar uma primeira opção, onde todo o esgoto da comunidade é direcionado para uma única estação de tratamento. Nesse

caso, têm-se, para cidades maiores, grandes distâncias, aumento nos diâmetros de interceptores e emissários, geralmente há a necessidade de estações elevatórias para reversão de bacias e, por conseqüência, o aumento do custo de implantação das obras e serviços.

Uma segunda opção seria vários pontos de tratamento. Reduzem-se os diâmetros das tubulações e com isso os custos de transporte dos esgotos.

Analisando-se as vantagens e desvantagens de ambos os casos, pode-se constatar que quando há várias estações de tratamento os custos de operação crescem, pois a mão-de-obra, que é altamente especializada, aumenta em quantidade, além da necessidade maior de controle. Por outro lado, sabe-se que o custo do metro cúbico tratado diminui à medida que se aumenta a capacidade de uma estação de tratamento de esgotos, Mota (2003).

É certo que a implantação de uma ETE (impacto positivo direto) traz consigo vários impactos (negativos diretos) ambientais e os conseqüentes prejuízos à sua circunvizinhança, como: exalação de maus odores, aspectos estéticos desagradáveis que ocorrem quando não há o cuidado de executar a urbanização das áreas (tratamento paisagístico, construção das vias internas, cercas de proteção e drenagem de águas pluviais), e também o impacto devido ao tráfego intenso de veículos de carga para retirada de resíduos sólidos (lodo), Mota (2003).

Esses fatores somados a outros, como contaminação do solo, contaminação de águas superficiais e subterrâneas condicionam a necessidade premente de escolha adequada, técnica e economicamente, de áreas para implantação de ETE, além de serem bem operadas.

A água superficial, em geral, constitui uma fonte de água para infiltração e subseqüente percolação. No caso de inundações, podem atingir o local de disposição dos resíduos. São importantes as informações sobre o comportamento hidráulico dos recursos hídricos: vazões mínimas e máximas, áreas de cheia (cotas de inundação), etc. Deve-se cuidar para que as unidades de operação de disposição de resíduos não contaminem as águas superficiais próximas ao local de disposição. O escoamento superficial das águas pluviais e o vento (escuma e aerossóis) podem transportar material da ETE para o corpo d'água localizado próximo a ele.

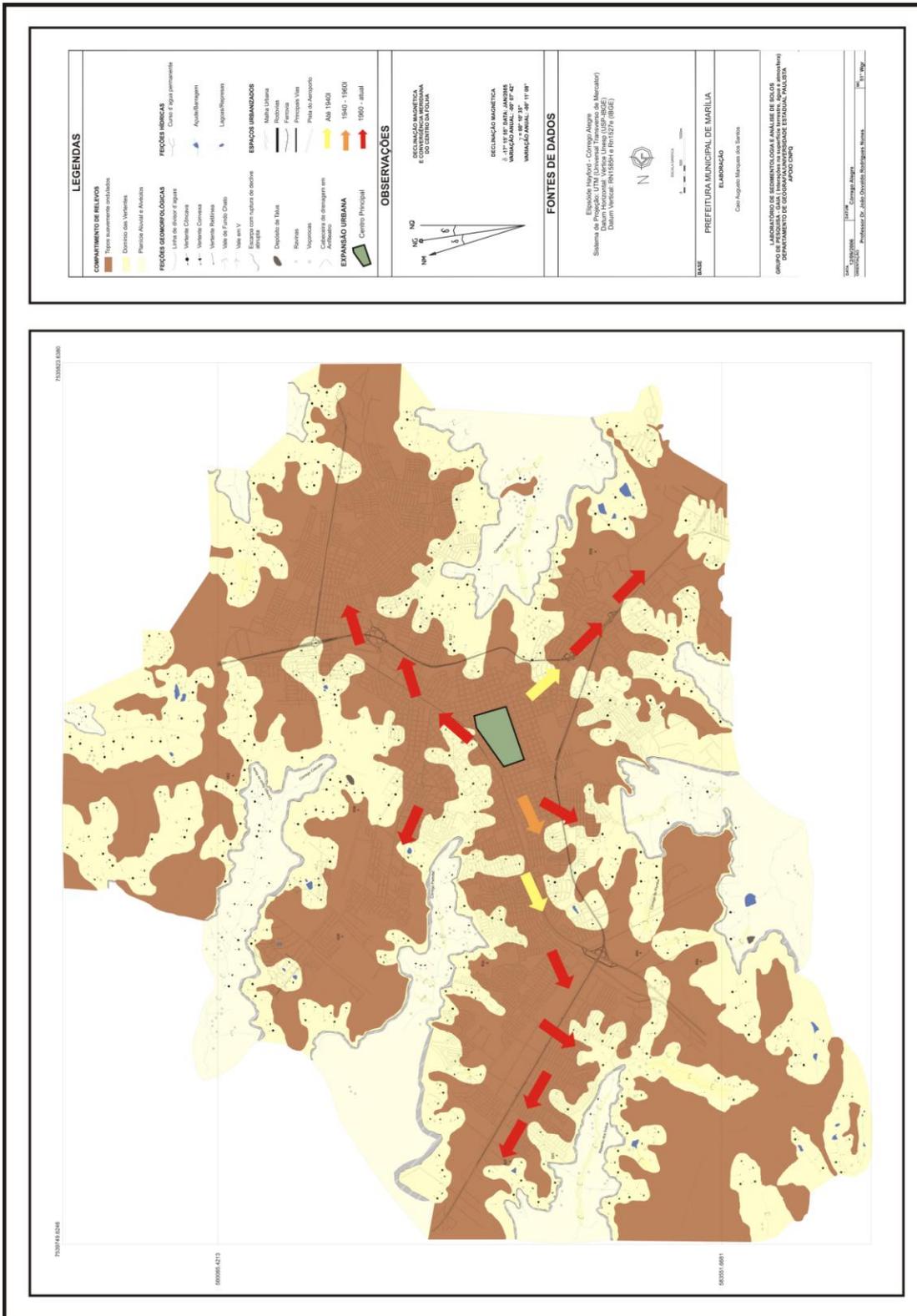
## **5. O Sistema de Afastamento e Tratamento de Esgoto da Cidade de Marília-SP**

Entre 1994 e 1998 foram elaborados projetos técnicos executivos para o sistema de afastamento e tratamento dos esgotos sanitários de Marília.

Como a cidade se desenvolveu e teve seu vetor de crescimento e expansão territorial orientado pelo relevo, inicialmente ocupando as áreas mais altas e planas (topo principal), principalmente pela localização da ferrovia, para posteriormente ocupar os topos secundários, vertentes e fundos de vale (Figura 37)<sup>6</sup>, o projeto foi pensado tentando-se aproveitar ao máximo o sentido natural de escoamento do terreno a partir da divisão da cidade em seis bacias de esgotamento e da rede coletora já existente.

---

<sup>6</sup> A figura foi montada sobrepondo-se os eixos de expansão urbana ao longo do tempo, em pesquisa realizada por Zandonadi (2008), ao mapa geomorfológico da cidade realizado por Santos (2006).



**Figura 37:** Eixos de expansão urbana sobre o relevo. **Fonte:** Mapa Geomorfológico (SANTOS, 2006); Eixo de Expansão Urbana (ZANDONADI, 2008).

Em Marília, a opção por uma única estação foi descartada pelo fato da rede coletora ser dividida em dois grandes setores com vazões equivalentes, o que exigiria construir estações elevatórias com vazões significativas, demandando custos muito elevados. Outro fator refere-se ao desenho dos talvegues dos fundos de vale. Pela morfologia do relevo, a cidade torna-se dispersora de drenagem, o que origina um padrão radial, também inviabilizando a concentração em estação de tratamento única.

A alternativa de implantação de duas ETEs, uma na vertente da bacia do rio do Peixe, abrangendo as bacias do córrego do Pombo e do Barbosa, e outra na vertente da bacia do Aguapeí, bacias dos córregos Cascatinha, Cascata, Palmital e Ribeirão dos Índios, ainda apresentou o mesmo problema de custos.

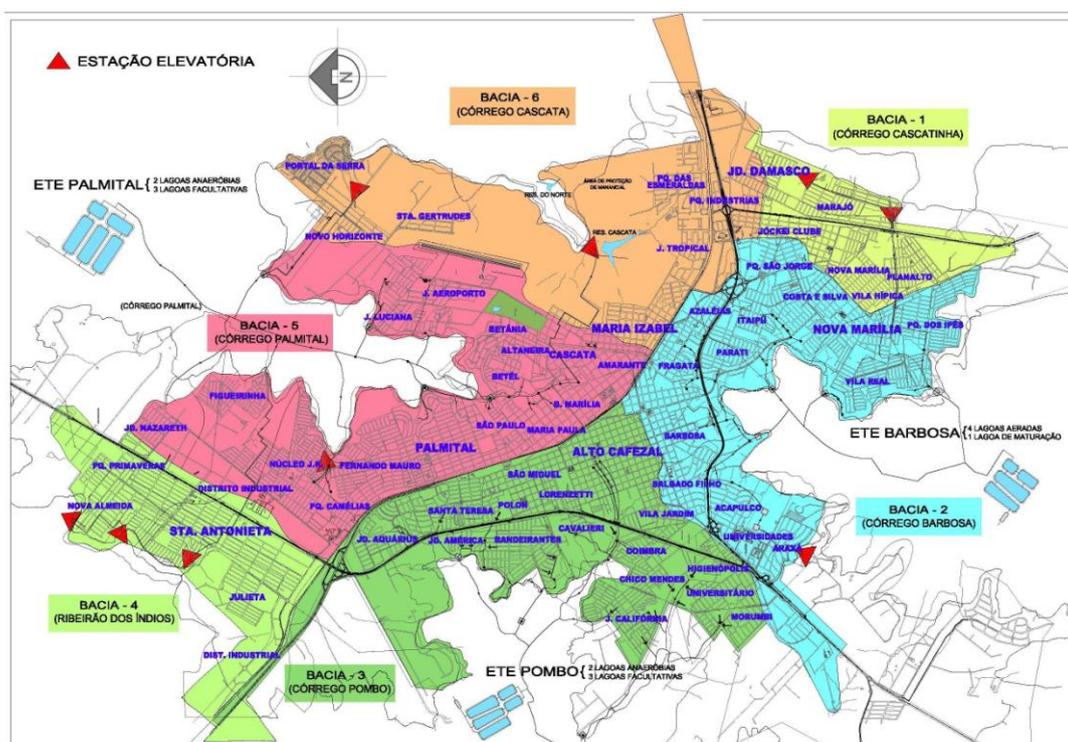
A opção escolhida foi baseada na inviabilidade de se utilizar uma única estação de tratamento que centralizasse todo o tratamento de esgoto da cidade, em que se buscou a formulação de alternativas através da transposição de divisores de água, promovendo a reversão dos esgotos de bacias contíguas mediante estações elevatórias (Figura 38) e linhas de recalque, com a finalidade de reduzir o número de estações de tratamento.



**Figura 38:** Estação elevatória do Subsistema Barbosa (bacia do Cascatinha) sendo construída. Foto tirada em 07/2009.

Assim, o projeto final convergiu para a opção de três unidades (Figura 39):

- Subsistema Barbosa: compreende a instalação de uma estação de tratamento na bacia 2 que receberá os esgotos dessa bacia e da bacia 1;
- Subsistema Pombo: compreende a instalação de uma estação de tratamento na bacia 3 que receberá esgotos dessa única bacia;
- Subsistema Palmital: compreende a instalação de uma estação de tratamento na bacia 5 que receberá esgotos dessa bacia e das bacias 4 e 6.



**Figura 39:** Sistema de Afastamento e Tratamento de Esgoto de Marília-SP.  
**Fonte:** Departamento de Água e Esgoto de Marília – DAEM.

Devido às limitações da ocupação urbana, que coincidem com as bordas das escarpas, procuraram-se localizações das estações de tratamento sempre em cotas altimétricas bastante inferiores, já nos vales intra-escarpas.

Tais locais abrangem terrenos rurais amplos e de baixo custo e em posições favoráveis quanto aos impactos negativos à população, uma vez que não inibirão o crescimento ocupacional da malha urbana, não propiciarão a

chegada de odores à cidade e tampouco oferecerão mal aspecto visual, todos fatores inerentes a esse tipo de obra.

Ainda em face dos mesmos condicionantes favoráveis, tais localizações permitirão o uso de tratamento de esgotos por processo Australiano, ou seja, mediante lagoas seriadas, cujos baixos custos operacionais compensam sobremaneira os altos custos das obras de implantação dos condutos.

Sobre a classe do corpo receptor, o decreto N. 10.755, de 22 de novembro de 1977, que dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, em seu artigo 1º estabelece que os corpos de água receptores do território do Estado, bem como as respectivas bacias ou sub-bacias que compreendem seus formadores e/ou afluentes, ficam enquadrados na forma determinada no Anexo ao presente Decreto, em obediência à classificação prevista no artigo 7º do Decreto nº 8,468, de 8 de setembro de 1976.

Dessa forma, conforme anexo da lei têm-se as seguintes classes dos corpos receptores dos esgotos de Marília expostas no quadro 1.

ETE	CORPO RECEPTOR		
	Curso D'água	Bacia	Classe
<b>BARBOSA</b>	Córrego Barbosa	Rio do Peixe	4 / 2
<b>POMBO</b>	Córrego do Pombo	Rio do Peixe	4 / 2
<b>PALMITAL</b>	Córrego Cincinatina	Rio Aguapeí	4 / 2

**Quadro 1:** Enquadramento dos corpos d'água.

**Fonte:** INFRA Engenharia e Consultoria Ltda.

A classe 2 são águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aqüicultura e à atividade de pesca.

A classe 4 são águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

O corpo receptor dos esgotos da ETE Barbosa (Córrego Barbosa), com nascente próxima à cidade enquadrado na classe 4, destaca-se o parâmetro: - OD  $\geq$  2,0 mgO<sub>2</sub>/L.

Por serem afluentes do Rio do Peixe, enquadrado em classe 2, os lançamentos dos esgotos tratados da ETE Barbosa ocorrer a cerca de 6 km dele e o da ETE Pombo a 6 km do lançamento da primeira estação, e por ter a captação de águas para abastecimento da cidade de Marília destacam-se os parâmetros para classe 2: OD  $\geq$  5,0 mgO<sub>2</sub>/L; DBO  $\leq$  5 mgO<sub>2</sub>/L (podendo ser ultrapassado desde que o OD não fique abaixo de 5 mgO<sub>2</sub>/L); N- amoniacal  $\leq$  3,7 mgN/L (para pH  $\leq$  7,5); N-NO<sub>3</sub> < 10 mgN/L; Fósforo total  $\leq$  0,1 mgP/l; Clorofila a  $\leq$  30 µg/L; Densidade de cianobactérias  $\leq$  50.000 cel/mL. Como parâmetros exigidos para o efluente de qualquer fonte poluidora, destacam-se: DBO  $\leq$  60 mgO<sub>2</sub>/L; N- amoniacal  $\leq$  20 mgN/L.

O corpo receptor da ETE Palmital será o Ribeirão Palmital/Cincinatina com nascente próxima à cidade. Ele é afluente do Rio Tibiriçá, enquadrado na classe 2, que é afluente do Rio Aguapeí. Desse modo, seguem os mesmo parâmetros anteriormente citados.

No capítulo 4 aborda-se o sistema de afastamento de esgoto de Marília e sua relação como relevo.

## CAPÍTULO 4

### O RELEVO E O SISTEMA DE AFASTAMENTO DE ESGOTOS

---

A locação dos emissários para afastamento dos esgotos prevê comprimentos aproximados de 24,5 km no subsistema Barbosa, além de 3 estações elevatórias, 20 km no subsistema Pombo e 33,6 km no subsistema Palmital, e mais 6 estações elevatórias. As extensões dos condutos contabilizam a somatória das tubulações onde os esgotos escoarão por gravidade e por recalque.

A partir da observação do quadro 2, percebe-se que os comprimentos dos emissários por gravidade superam em muito os por recalque, o que indica uma tentativa de se aproveitar a declividade natural do terreno.

O escoamento por gravidade é dividido em livre e forçado. No primeiro o líquido escoar sob pressão igual a atmosférica, enquanto no segundo a pressão é diferente da atmosférica. As condições de operacionalização também se diferem: condutos por gravidade livre exigem um nivelamento cuidadoso do terreno, pois devem ter declividades pequenas e constantes.

A influência e importância que o relevo possui para a implantação do sistema de afastamento de esgoto e para o dimensionamento hidráulico dos condutos, respaldam-se na tentativa de se minimizar custos por meio do máximo aproveitamento do sentido do escoamento do terreno, e as estações elevatórias funcionarem com eficiência.

No que diz respeito à determinação dos diâmetros dos condutos, esses, em todo o projeto, variam de 75 a 600mm. Alguns fatores influenciam no cálculo de suas dimensões, como vazão de transporte, declividade do terreno e desníveis altimétricos ao longo de suas extensões, quando o escoamento se dá por gravidade. Potência de bombas, linha de recalque e altura manométrica, no caso das estações elevatórias e seus respectivos emissários por recalque.

Subsistema	Emissário por recalque (m)	Emissário por gravidade (m)
Barbosa	2.499,56	21.954,51
Pombo	-----	19.302,50
Palmital	5.843,25	27.748,82
Total	8.342,81	69.005,83

**Quadro 2:** Comprimento dos emissários por recalque e gravidade.

**Fonte:** INFRA Engenharia e Consultoria Ltda.

Essa relação também influencia no dimensionamento hidráulico do conjunto elevatório através da altura manométrica. Ela representa, de acordo com Araújo (2003), o trabalho total a ser realizado para conduzir uma vazão desejada de uma cota altimétrica menor a uma superior (Figura 40). Sabendo que a altura manométrica está associada a perdas de carga nas tubulações, a adoção dos diâmetros, em especial o diâmetro da tubulação de recalque, envolve as seguintes possibilidades:

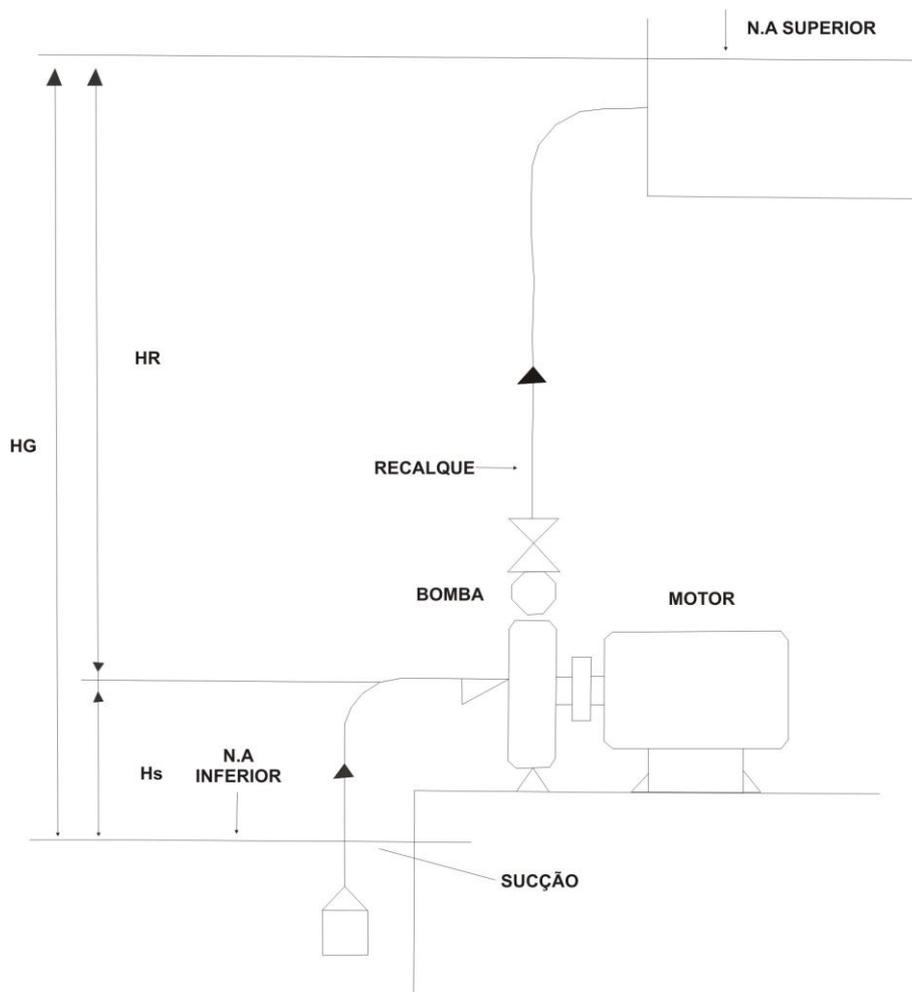
1-) diâmetros maiores → menores velocidades → menores perdas de carga → potência menor;

2-) diâmetros menores → maiores velocidades → maiores perdas de carga → potência maior.

O líquido ao escoar em um conduto é submetido a forças resistentes exercidas pelas paredes da tubulação (atrito devido à rugosidade da canalização) e pelo próprio líquido (viscosidade). A consequência disso é o surgimento de forças cisalhantes que reduzem a capacidade de fluidez do líquido, o que faz com que o líquido ao escoar dissipe parte de sua energia, principalmente em forma de calor. A energia assim dissipada não é mais recuperada como energia cinética e/ou potencial e, por isso, denomina-se perda de energia ou perda de carga.

Os materiais de que são feitos os emissários do sistema de afastamento são de ferro fundido, ferro dúctil ou PVC.

Os condutos feitos de ferro dúctil se distinguem dos ferros fundidos tradicionais por suas notáveis características mecânicas (elasticidade, resistência aos impactos, alongamento, etc.). Estas características são devidas à forma esferoidal da grafita.



$HR = \text{ALTURA GEOMÉTRICA DE RECALQUE}$   
 $HS = \text{ALTURA GEOMÉTRICA DE SUCÇÃO}$   
 $HG = HR + HS = \text{ALTURA GEOMÉTRICA TOTAL}$   
 $hs = \text{PERDA DE CARGA NA SUCÇÃO}$   
 $hr = \text{PERDA DE CARGA NO RECALQUE}$   
 $hf = hs + hr = \text{PERDA DE CARGA TOTAL}$   
 $HM = HG + hf = \text{ALTURA MANOMÉTRICA}$

**Figura 40:** Ilustração esquemática de uma estação elevatória.  
**Fonte:** Araújo, 2003.

Nos ferros fundidos a grafita se apresenta sob a forma de lamelas, de onde se deriva o seu nome metalúrgico: ferro fundido com grafita lamelar. Cada uma dessas lamelas de grafita pode, sob uma concentração de esforços anormais em certos pontos, provocar o início de uma fissura. Já nos condutos de ferro dúctil a grafita deixa de ter a forma de lamelas, cristalizando-

se sob a forma de esferas. As linhas de propagação das possíveis rupturas são assim eliminadas.

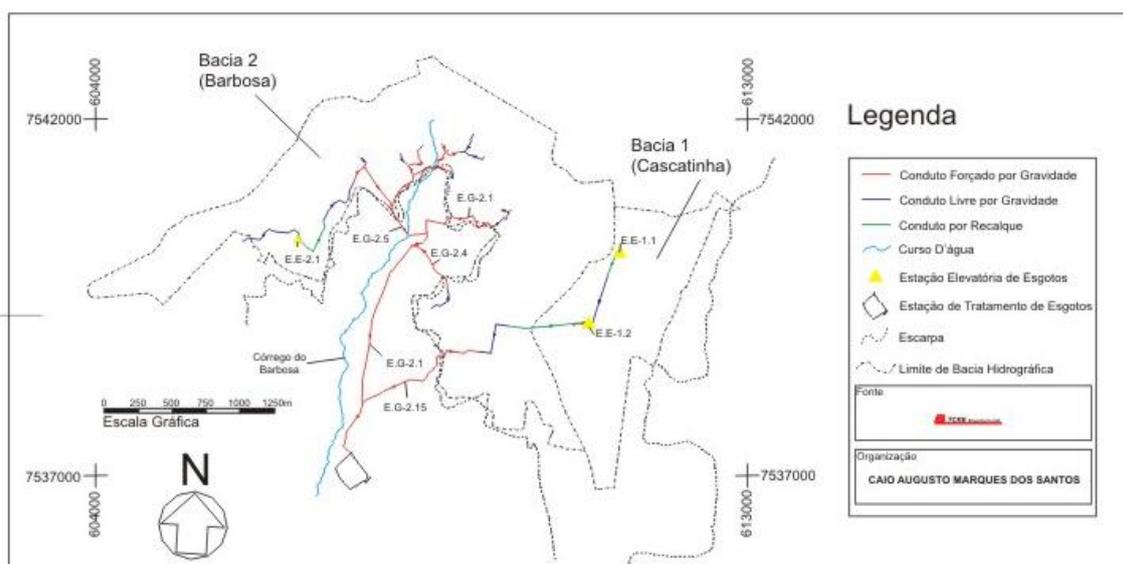
A forma esferoidal da grafita acrescenta as já conhecidas vantagens do ferro fundido cinzento (resistência à compressão, facilidade de moldagem, resistência à corrosão, usinabilidade, resistência à fadiga), notáveis características mecânicas: resistência à tração, resistência aos impactos, elevado limite elástico, alongamento elevado.

Os próximos tópicos abordam o Sistema de Afastamento de Esgoto de Marília individualmente por meio de seus subsistemas.

### 1. Subsistema Barbosa

O subsistema Barbosa será responsável por afastar e tratar os esgotos provenientes da bacia do Córrego Barbosa e da bacia do Córrego Cascatinha, o que corresponde a 37,38% dos esgotos da cidade.

Ele contará com 18 emissários e três estações elevatórias, duas das quais localizadas na bacia do Córrego Cascatinha com a função de, através de recalque, fazer com que os esgotos transponham o divisor de águas e chegue à bacia do Córrego Barbosa, onde, por gravidade, livre ou forçada, alcançará a estação de tratamento (Figura 41).



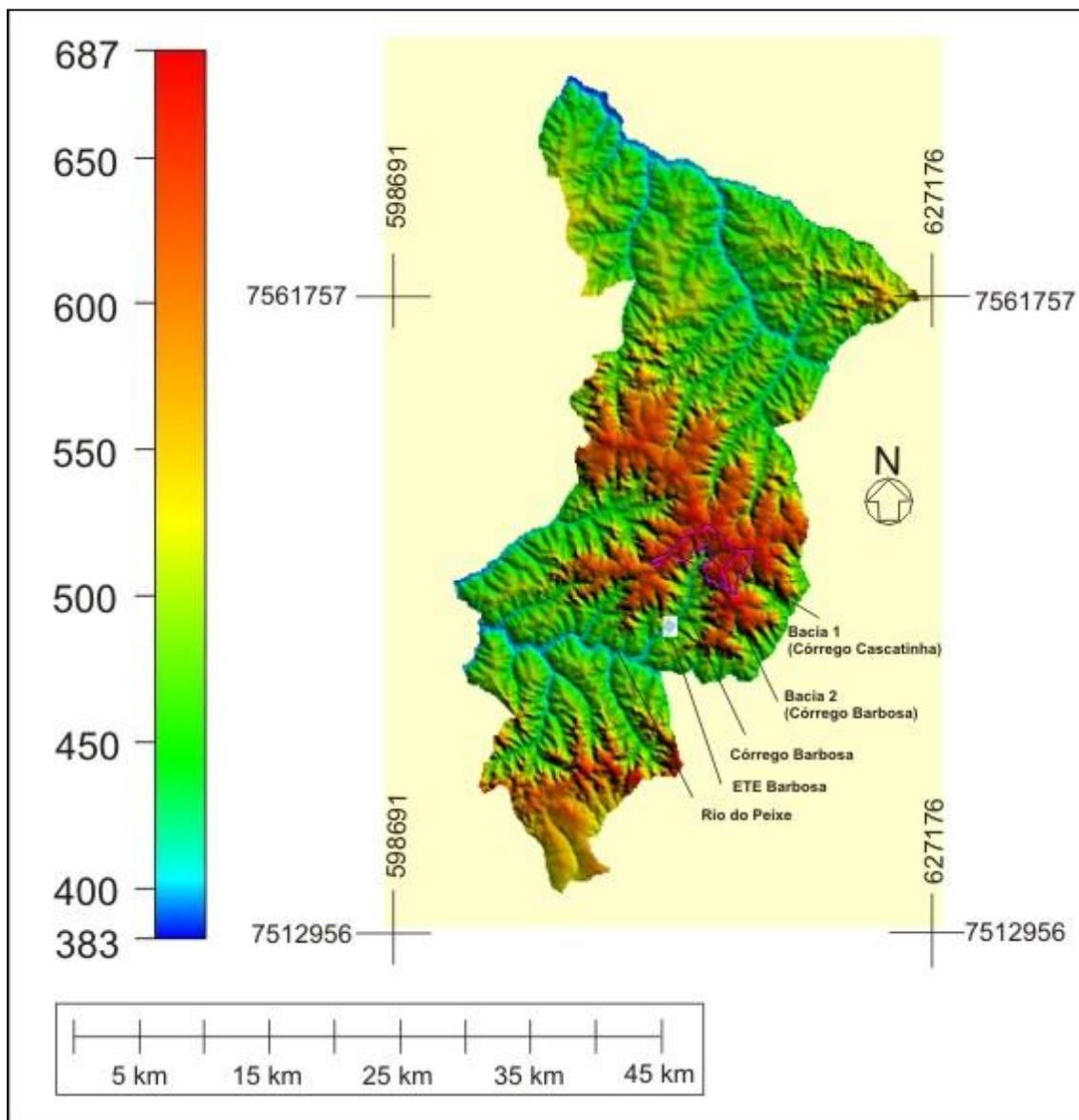
**Figura 41:** Subsistema Barbosa e principais emissários.

Acompanhando o fundo de vale principal será implantado o principal conduto (E.G-2.1). No lado direito do córrego serão implantados a estação elevatória 2.1 e diversos condutos secundários que, integrados, demandarão o conduto principal, sempre externamente ao perímetro urbano. Do lado esquerdo, sem estações elevatórias, haverá um conjunto de condutos secundários, também externos ao perímetro urbano, que descarregarão os esgotos no conduto principal. Ainda do lado esquerdo, afluirá ao conduto principal um secundário, que cortará a malha urbana, com o objetivo de conduzir os esgotos recalcados e coletados da bacia do Cascatinha.

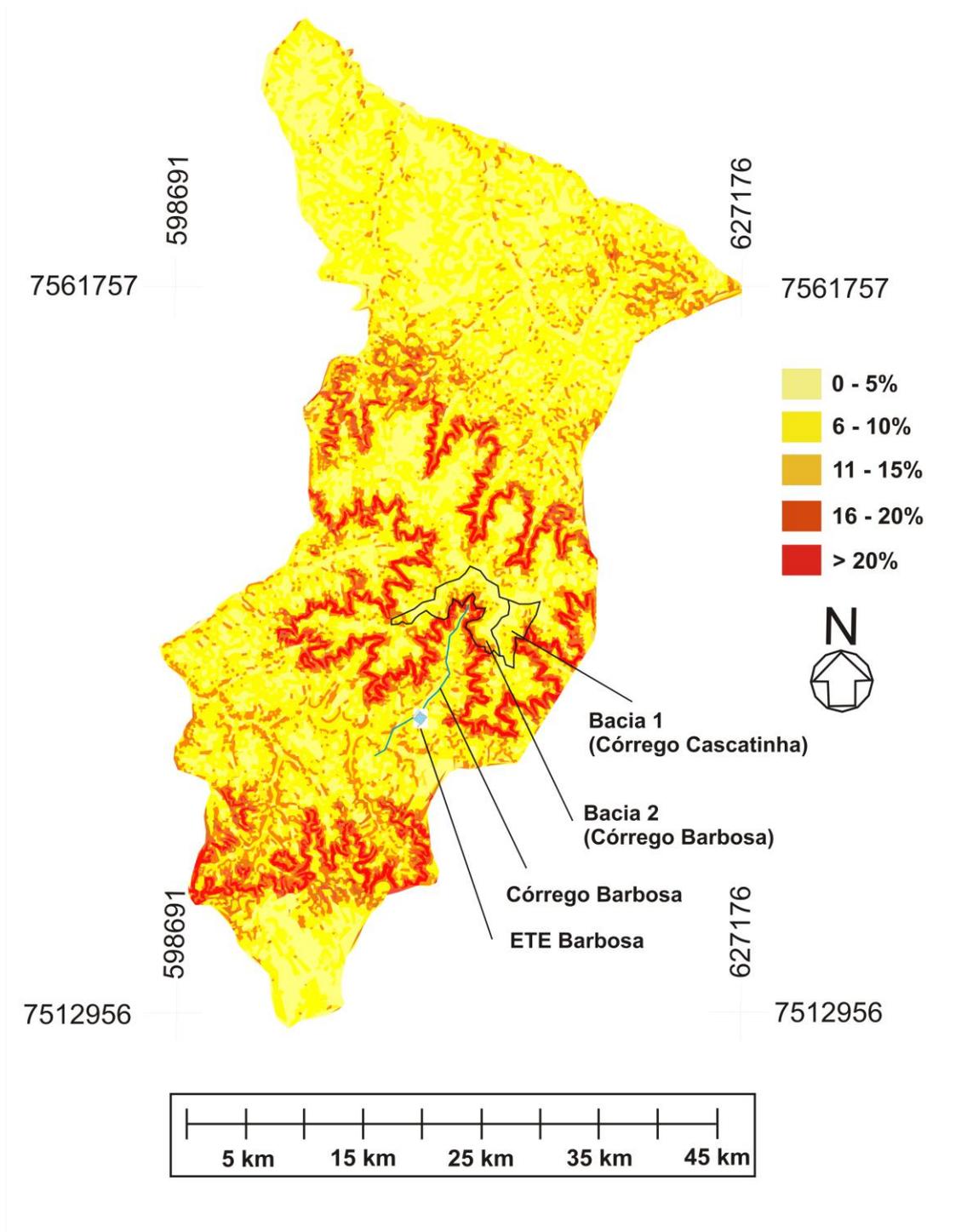
Através dos mapas hipsométrico (Figura 42) e clinográfico (Figura 43) é possível observar como as altitudes decrescem e as declividades aumentam em direção as escarpas. É nesse sentido que a maioria dos emissários será locada, aproveitando-se o sentido de escoamento do terreno, exceto os por recalque, que deverão subir altitudes e vencer declividades.

O atual lançamento dos esgotos da bacia do córrego Cascatinha se dá em um único ponto junto ao perímetro urbano. Este será remanejado até a estação elevatória 1.1, de onde partirá uma linha de recalque até alcançar a estação elevatória 1.2. Esta, por sua vez, recalcará os esgotos até o divisor de águas com a bacia do córrego Barbosa, passando o afastamento a se processar integrado aos condutos desta.

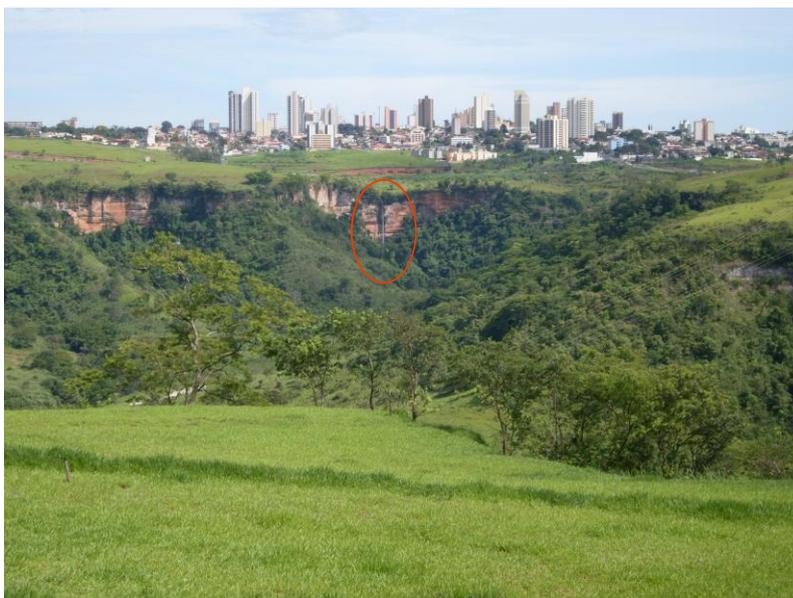
Na bacia do córrego Barbosa existem diversos pontos de lançamento de esgoto bruto, sempre circundando o limite do perímetro urbano, os quais formam um semicírculo ao redor das nascentes do Barbosa. Um desses pontos pode ser visualizado na Figura 44.



**Figura 42:** Localização do subsistema Barbosa no mapa hipsométrico do município. Organizado por Santos, 2009.



**Figura 43:** Localização do subsistema Barbosa no mapa clinográfico do município. Organizado por Santos, 2009.



**Figura 44:** Ponto de lançamento de esgoto bruto na bacia do Córrego Barbosa.  
Foto tirada em 07/2008.

O comprimento total aproximado dos emissários é de 24,5 km, dos quais, 22 km são por gravidade, livre ou forçada, ou seja, obedecendo ao escoamento natural da superfície do terreno. Os outros 2,5 km são emissários por recalque (Quadro 3).

A distinção feita entre gravidade livre ou forçada está intimamente ligada à declividade, isto é, quando ela se acentua, o ganho de velocidade conseguida pelo líquido atinge uma pressão em que o escoamento passa a ser forçado.

Subsistema	Emissário por recalque (m)	Emissário por gravidade (m)
Barbosa	2.499,56	21.954,51

**Quadro 3:** Extensão dos condutos no Subsistema Barbosa.

**Fonte:** INFRA Engenharia e Consultoria Ltda.

Na bacia do Córrego Cascatinha, onde existirão duas estações elevatórias, o comprimento aproximado de emissários por recalque é de 1,8 km, o que supera em extensão os emissários por gravidade, que terão, aproximadamente, 1,2 km.

Já na bacia do Córrego do Barbosa, onde haverá uma única estação, o comprimento dos emissários por gravidade é de aproximadamente 20,8 km e por recalque de 690 metros (Quadro 4).

<b>Bacia</b>	<b>Emissário por recalque (m)</b>	<b>Emissário por gravidade (m)</b>
1- Cascatinha	1.812,34	1.209,68
2- Barbosa	687,22	20.744,83

**Quadro 4:** Extensão dos condutos por bacias.

**Fonte:** INFRA Engenharia e Consultoria Ltda.

Vê-se, assim, que a morfologia do terreno contribui significativamente para o escoamento do esgoto seguindo o sentido do terreno, ou seja, na bacia onde os esgotos terão que ser transpostos, o comprimento dos emissários por recalque supera os por gravidade livre ou forçada.

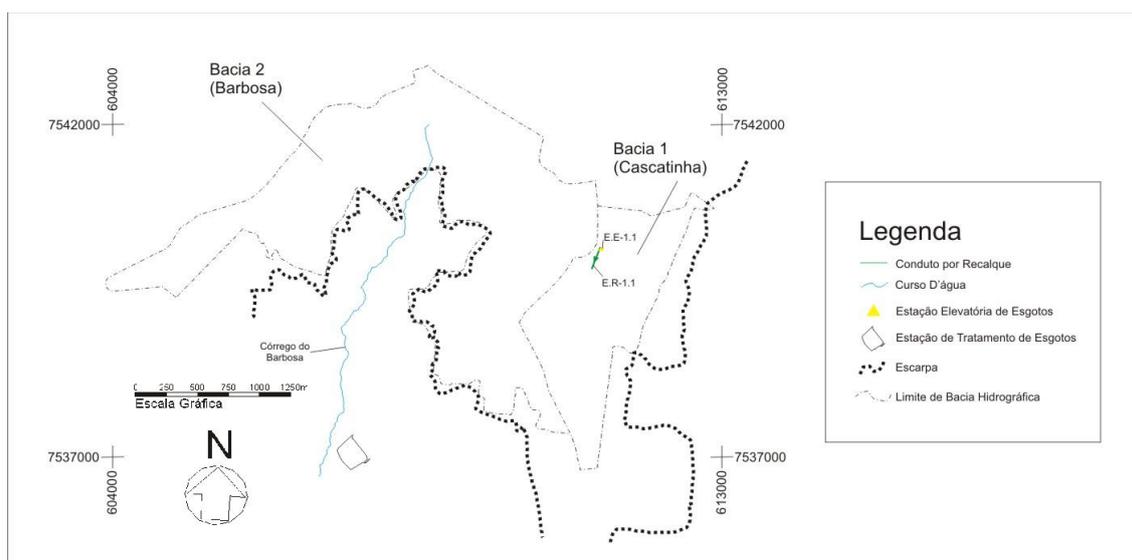
O tópico sobre o subsistema Barbosa divide-se em dois subtópicos específicos. Um trata das estações elevatórias e seus respectivos emissários por recalque. Nele se busca relacionar o comprimento dos condutos, seus diâmetros e materiais, potência das bombas e vazão de recalque e altura manométrica. O outro trata dos condutos por gravidade forçada que descem as escarpas através de rampas de colúvio.

Antes de iniciar a análise dos emissários, é necessário salientar que as setas amarelas nos perfis topográficos indicam o sentido do escoamento dos esgotos.

## **1.1. Estações Elevatórias**

### **1.1.1. Estação elevatória 1.1**

A estação elevatória 1.1 e respectivo conduto (Figura 45) terão uma linha de recalque de 440 metros, com diâmetro de 150 mm e feito de ferro dúctil. Sua altura manométrica será de 29,1 metros, transportando uma vazão de recalque de 26,5l/s com potência de bomba de 17,4 CV (cavalo vapor).



**Figura 45:** Localização da estação elevatória (EE) 1.1 e respectivo emissário por recalque (ER). Organizado por Santos, 2009.

O cálculo da altura manométrica da estação elevatória 1.1 envolve a diferença topográfica de 9 metros existente entre a cota altimétrica de partida do esgoto (636 metros) pelo emissário de recalque até seu despejo num conduto por gravidade livre na cota 645 metros (Figura 46).

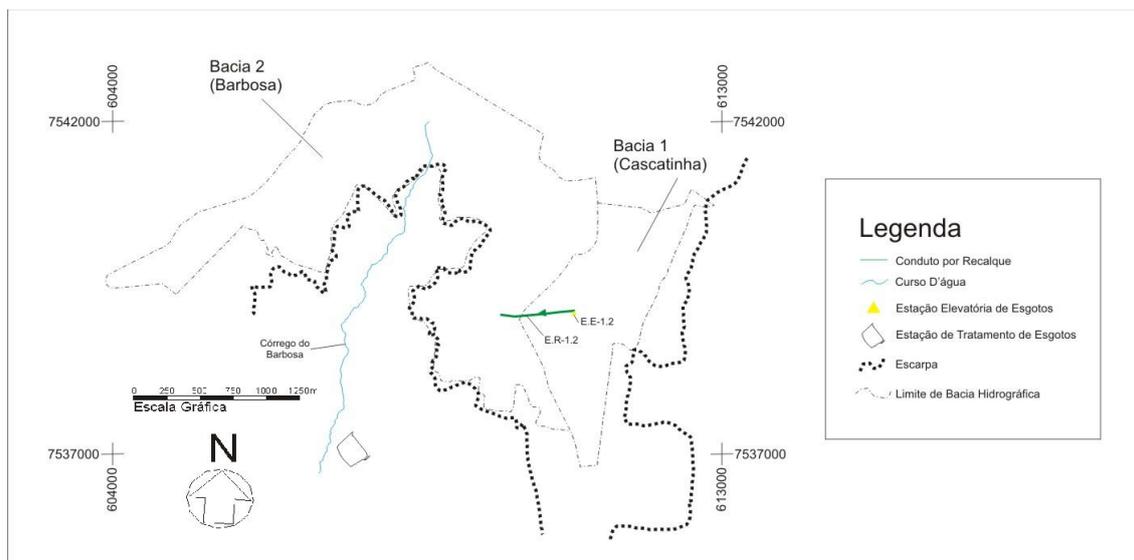
Analisando o perfil topográfico do emissário, observa-se que o esgoto recalcado atinge a mínima elevação na cota 632 metros, desnível que também é levado em consideração no dimensionamento hidráulico do conjunto elevatório.



**Figura 46:** Perfil topográfico do emissário por recalque 1.1.

### 1.1.2. Estação elevatória 1.2

A estação elevatória 1.2 e respectivo emissário (Figura 47) terão uma linha de recalque de 1.385 metros, com diâmetro de 400 mm e feito de ferro dúctil. Sua altura manométrica será de 79,2 metros, transportando uma vazão de recalque de 119 l/s com potência de bomba de 159,1 CV.



**Figura 47:** Localização da estação elevatória 1.2 e respectivo emissário por recalque. Organizado por Santos, 2009.

O cálculo da altura manométrica toma em consideração a diferença topográfica de 64 metros existente entre a cota altimétrica de partida (608 metros) e a de chegada (672 metros).

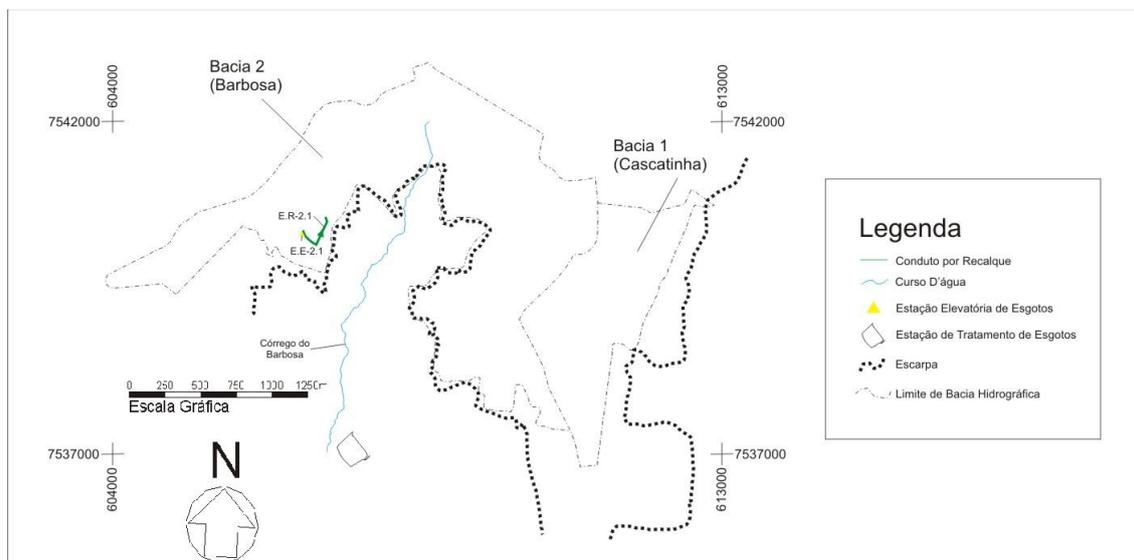
Nesse caso também há um desnível em seu perfil topográfico (Figura 48), onde o esgoto atinge a mínima elevação na cota 607 metros.



**Figura 48:** Perfil topográfico do emissário por recalque 1.2.

### 1.1.3. Estação elevatória 2.1

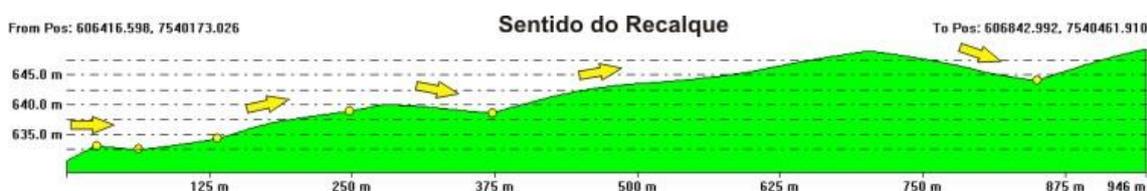
A estação elevatória 2.1 e respectivo emissário (Figura 49) terão uma linha de recalque de 946 metros, com diâmetro de 150 mm e feito de ferro dúctil. Sua altura manométrica será de 61,7 metros, transportando uma vazão de recalque de 28,5 l/s com potência de bomba de 40,4 CV.



**Figura 49:** Localização da estação elevatória 2.1 e respectivo emissário por recalque. Organizado por Santos, 2009.

A altura manométrica envolve a diferença topográfica de 19 metros existente entre a cota altimétrica de partida (630 metros) e a de chegada (649 metros).

Ao analisar o perfil topográfico do conduto (Figura 50) e, embora o ponto de partida seja a cota de mínima elevação, há desníveis altimétricos ao longo de sua extensão.



**Figura 50:** Perfil topográfico do emissário por recalque 2.1.

O que se pode concluir a partir das análises das estações elevatórias do subsistema Barbosa, e seus respectivos emissários, é que não há uma regra de proporcionalidade entres os fatores analisados (Quadro 5), quando comparados entre si. Os cálculos realizados observaram as especificidades de cada caso.

	<b>E.E 1.1</b>	<b>E.E 1.2</b>	<b>E.E 2.1</b>
<b>Altura Manométrica (m)</b>	29,1	79,2	61,7
<b>Linha de Recalque (m)</b>	440	1.385	946
<b>Diâmetro dos Tubos (mm)</b>	150	400	150
<b>Potência da Bomba (CV)</b>	17,4	159,1	40,4
<b>Vazão de Recalque (l/s)</b>	26,5	119	28,5
<b>Diferença Topográfica (m)</b>	9	64	19

**Quadro 5:** Características dos conjuntos elevatórios do Subsistema Barbosa.

**Fonte:** Exceto o dado Diferença Altimétrica, os outros são da INFRA Engenharia e Consultoria Ltda.

De comum entre as três estações é o fato de todos os condutos serem de ferro dúctil, material resistente capaz de suportar a pressão atingida pelo esgoto ao ser bombeado.

Quando se compara as estações 1.1 e 2.1, percebe-se que o fato de seus emissários serem do mesmo diâmetro, não guarda relações: a- com suas extensões, pois o emissário da estação 2.1 possui 500 metros a mais; b- com as alturas manométricas, pois a estação 2.1 possui o triplo do valor; c- com as vazões, ainda que parecidas; d- com a potência das bombas, mesmo a da estação 2.1 ser superior em duas vezes.

O que explica os maiores valores desses fatores, mantendo-se os mesmos diâmetros dos emissários, é a diferença altimétrica de quase 20 metros em sua linha de recalque, 10 metros a mais que a estação 1.1.

No que diz respeito à potência das bombas, elas estão mais ligadas à extensão da linha de recalque e à diferença altimétrica, do que à vazão a ser bombeada. Nota-se isso pela estação 1.2, onde se utiliza uma potência de 159 CV para um comprimento de 1385 metros. Enquanto que nas outras duas, mesmo tendo vazões semelhantes, as potências são distintas devido ao comprimento dos condutos.

Observa-se, portanto, a influência e importância da geomorfologia para o dimensionamento hidráulico dos conjuntos elevatórios através dos desníveis oferecidos pelo relevo.

## **1.2. Emissários por Gravidade Forçada**

Entre os condutos por gravidade forçada previstos para o Subsistema Barbosa, há aqueles que descem as escarpas através das rampas

de colúvio (Figura 51) até despejarem seus esgotos no emissário principal ou diretamente na estação de tratamento.

Eles merecem destaque em tópico específico, pois, assim como os emissários por recalque acima analisados, também vencem diferenças altimétricas e desníveis topográficos acentuados. Esse fator tem importância fundamental, já que influencia nos seus diâmetros e materiais.



**Figura 51:** Na foto da esquerda pode-se ver uma rampa de colúvio, por onde alguns emissários descerão, visto na foto da direita.

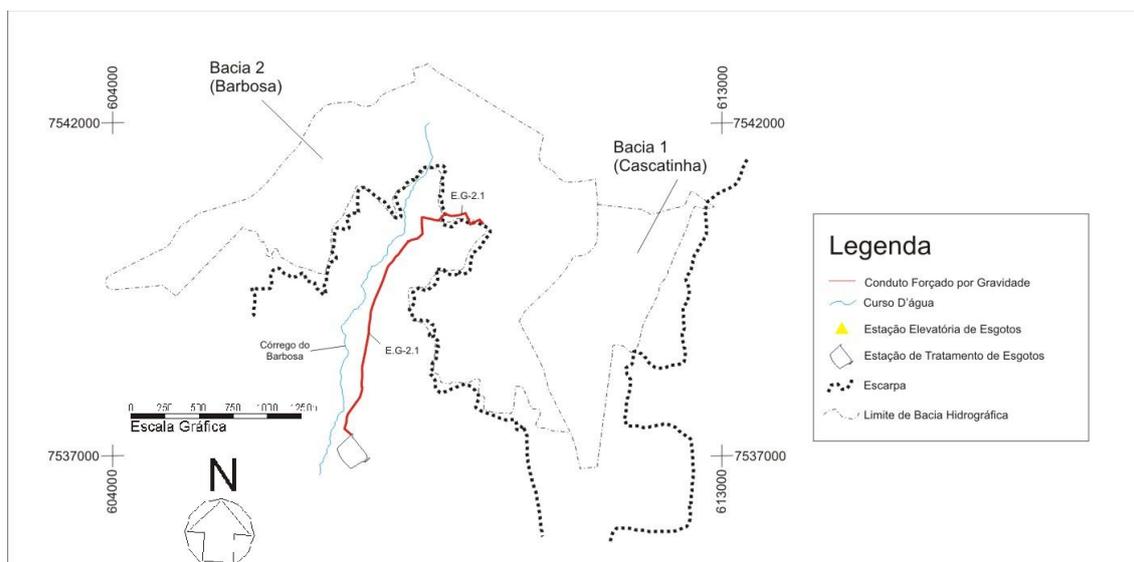
Os emissários do sistema de afastamento, de modo geral, ao longo de sua extensão, não possuem um percurso homogêneo, atravessando diferentes morfologias e formas de relevo. Por essa razão, ao efetuarem curvas, vencerem desníveis topográficos, receberem contribuições de esgoto de outros condutos, podem ser divididos em trechos, podendo cada um, conforme suas especificidades, apresentar diâmetros e materiais distintos.

### **1.2.1. Emissário 2.1**

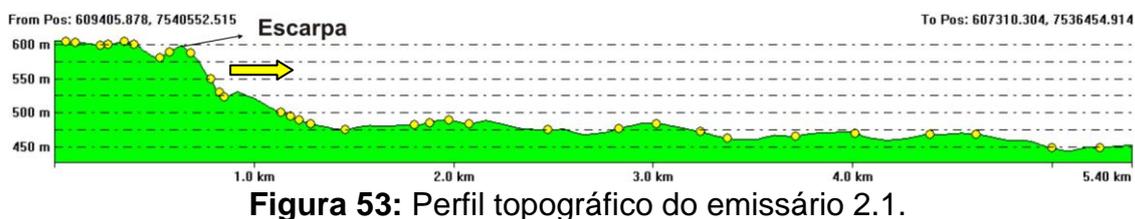
Nesse subsistema o emissário principal é o 2.1 (Figura 52). Ele possui 5,4 km de extensão em seu trecho forçado e todo feito de ferro dúctil. Inicia seu percurso na cota 606 metros, alcança a borda da escarpa na cota aproximada de 590 metros e chega à estação de tratamento a 452 metros de

altitude. Tem-se assim, uma diferença altimétrica de 154 metros, conforme se observa na Figura 53.

É dividido em quatro partes: 1ª parte: 1454 metros com 250 mm; 2ª parte: 353 metros com 400 mm; 3ª parte: 2572 metros com 400 mm; 4ª parte: 1021 metros com 400 mm.



**Figura 52:** Localização do conduto forçado por gravidade 2.1. Organizado por Santos, 2009.



**Figura 53:** Perfil topográfico do emissário 2.1.

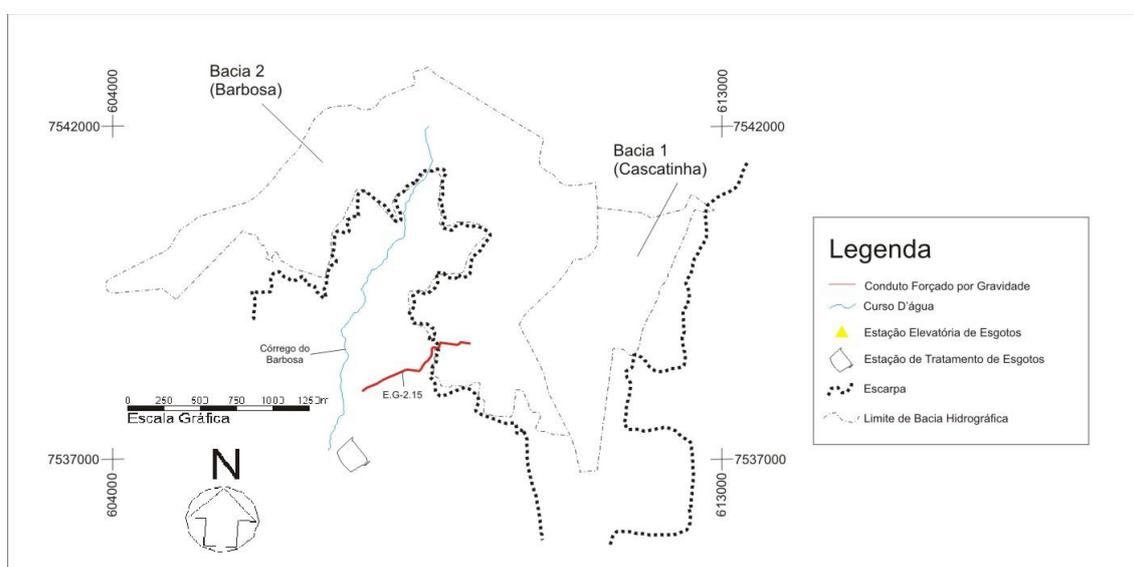
Verifica-se pela análise do perfil, que a descida da escarpa é declivosa, ou seja, ocorre por uma rampa de colúvio pouco espessa. É por ela que desce o trecho de menor diâmetro, vencendo uma diferença altimétrica de aproximadamente 120 metros, a partir da escarpa até o fim desse trecho.

Faz-se isso em razão dos condutos de pequenas dimensões, aliados a declividades acentuadas, favorecerem ganhos de velocidade. Velocidade essa, suficiente para se alcançar a estação de tratamento, mesmo com o aumento do diâmetro no restante do conduto.

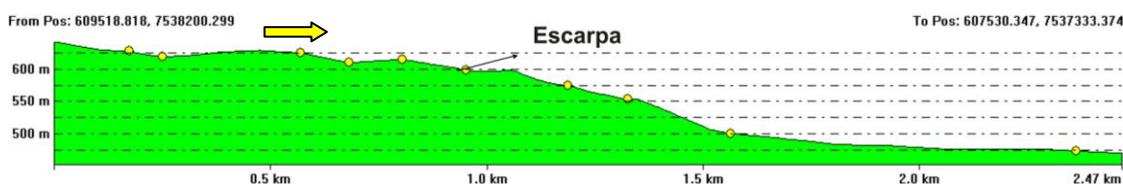
### 1.2.2. Emissário 2.15

O emissário 2.15 (Figura 54) possui comprimento de 2,47 km em seu trecho forçado e é todo feito de ferro dúctil. Inicia seu percurso na cota 641 metros, alcança a borda da escarpa em cota aproximada de 600 metros e despeja seus esgotos no conduto 2.1 na cota 470 metros. Tem-se assim, uma diferença altimétrica de 171 metros, conforme se observa na Figura 55.

Ele é dividido em três partes: 1ª parte: 821 metros com 400 mm; 2ª parte: 100 metros com 400 mm; 3ª parte: 1549 metros com 250 mm.



**Figura 54:** Localização do conduto forçado por gravidade 2.15. Organizado por Santos, 2009.



**Figura 55:** Perfil topográfico do emissário 2.15.

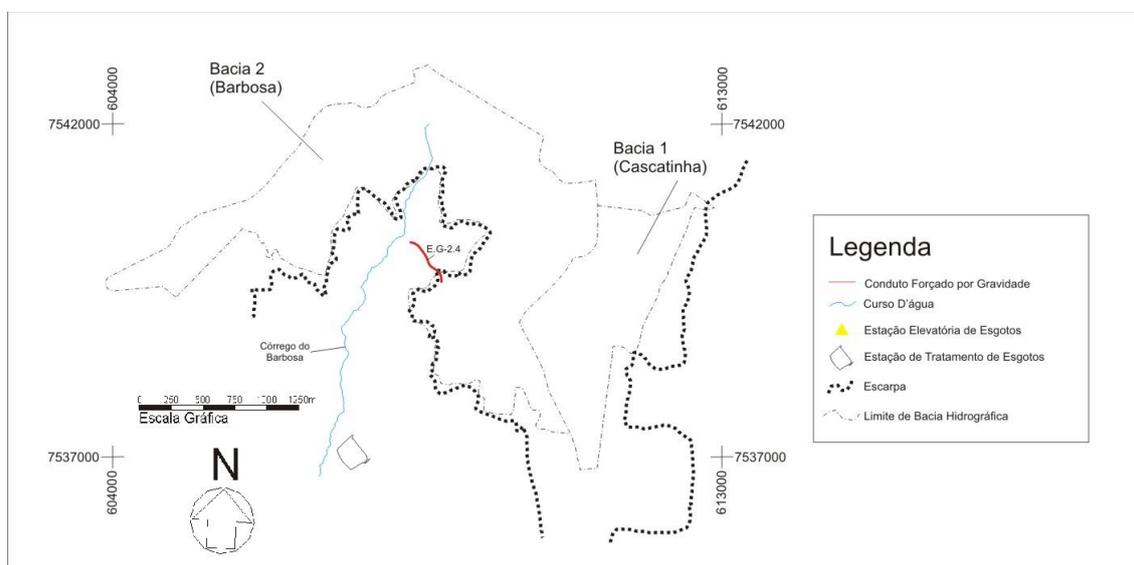
O emissário 2.1 apresenta em seu trecho de maior extensão o de menor diâmetro. Ele está assentado sob um terreno relativamente plano e de baixa declividade.

O que explica a pequena dimensão de seu trecho é o fato dos trechos anteriores, que descem a escarpa por uma rampa de colúvio mais

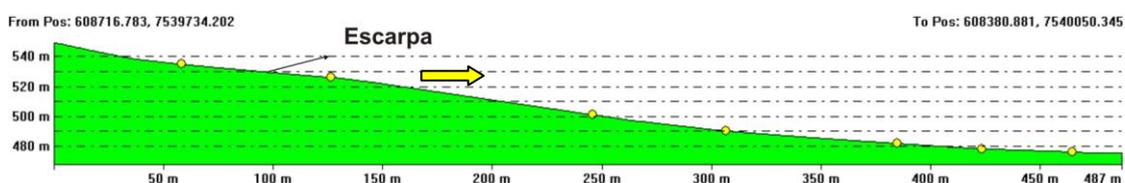
espessa não atingirem grandes velocidades, conseguindo-as quando se diminui o diâmetro de 400 para 250 mm.

### 1.2.3. Emissário 2.4

O emissário 2.4 (Figura 56) ao longo de seu perfil topográfico (Figura 57), vence uma diferença altimétrica de 74 metros. Seu trajeto inicia-se na cota 549 metros e termina no emissário principal 2.1 na cota 475 metros. Possui 487 metros de extensão e alcança a borda da escarpa na cota aproximada de 530 metros. Em todo seu comprimento é feito de ferro dúctil de 200 mm.



**Figura 56:** Localização do conduto forçado por gravidade 2.4. Organizado por Santos, 2009.



**Figura 57:** Perfil topográfico do emissário 2.4.

Esse conduto não é dividido em trechos, por possuir um percurso de descida linear, sem desníveis topográficos, apresentando um único diâmetro

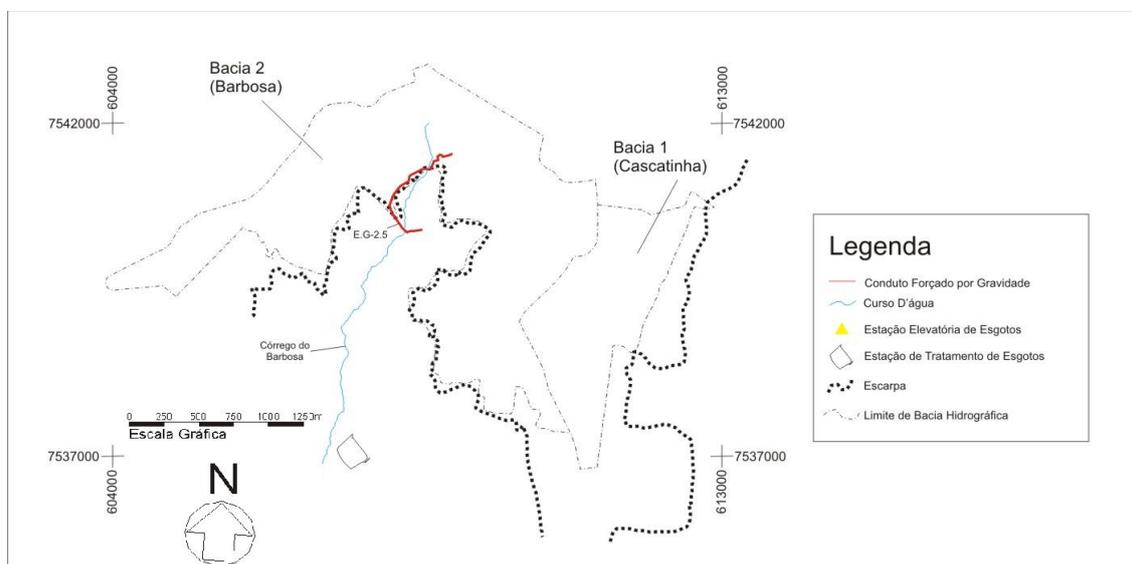
em toda sua extensão, sendo desnecessário, portanto, mudanças de velocidades até seu despejo.

Nota-se pelo perfil topográfico uma declividade suave a partir da escarpa, o que indica, assim como o emissário 2.15, uma rampa de colúvio espessa.

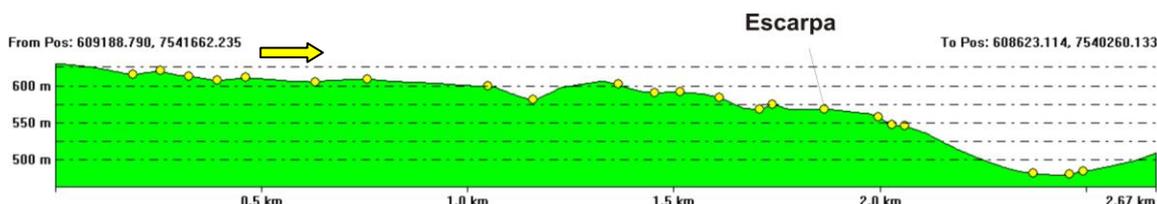
#### 1.2.4. Emissário 2.5

O emissário 2.5 (Figura 58) possui comprimento de 2.670 metros e é todo feito de ferro dúctil. Alcança a escarpa na cota aproximada de 570 metros. Em seu perfil topográfico (Figura 59), inicia o percurso na cota 577 metros e termina no emissário principal 2.1 na cota 509 metros. Isso significa uma diferença altimétrica de 68 metros.

Ele é dividido em cinco partes: 1ª parte: 293 metros com 200 mm; 2ª parte: 383 metros com 250 mm; 3ª parte: 488 metros com 400 mm; 4ª parte: 727 metros com 400 mm; 5ª parte: 779 metros com 400 mm.



**Figura 58:** Localização do conduto forçado por gravidade 2.5. Organizado por Santos, 2009.



**Figura 59:** Perfil topográfico do emissário 2.5.

Percebe-se, pela análise do perfil topográfico, um desnível próximo da sua chegada no emissário 2.1 que representa o fundo de vale correspondente ao córrego do Barbosa.

A travessia do trecho pelo curso d'água é aérea (Figura 60). Nesse caso, além do uso de ferro dúctil ser explicado por escoar em gravidade forçada, também o é devido à exposição contínua da tubulação as intempéries.



**Figura 60:** Travessia aérea do curso d'água com uso de conduto feito de ferro dúctil.

Outro fato a ser observado, semelhante aos emissário 2.15 e 2.4, é a descida da escarpa possuir uma declividade mais suave, indicando também uma rampa de colúvio mais espessa.

A partir das análises feitas dos emissários 2.1, 2.15, 2.4 e 2.5, algumas conclusões, a título de tendência, podem ser tiradas: descida de escarpas por um perfil morfológico variando de retilíneo a convexo representa uma rampa de colúvio mais espessa. Por outro lado, perfil côncavo, representa uma rampa pouco espessa; o material de que são feitos os emissários sempre

é o ferro dúctil; e não há relação direta entre diâmetro dos condutos com grandes diferenças altimétricas, e sim com declividades acentuadas.

Todavia, vale ressaltar que as conclusões anteriormente realizadas são como tendência, ou seja, estão sujeitas a alterações conforme especificidades de cada caso. Desse modo, cabe fazer uma observação relativa à ligação existente entre o material de que é feito o emissário e o aumento ou diminuição de declividade, pois em alguns perfis topográficos verificou-se que, mesmo certos trechos tendo baixa declividade, o material do emissário continua sendo o ferro dúctil. A explicação desse fato, assim, deixa de ser geomorfológica, estando mais ligada a possíveis ganhos de vazão por demandarem outros emissários.

## **2. Subsistema Pombo**

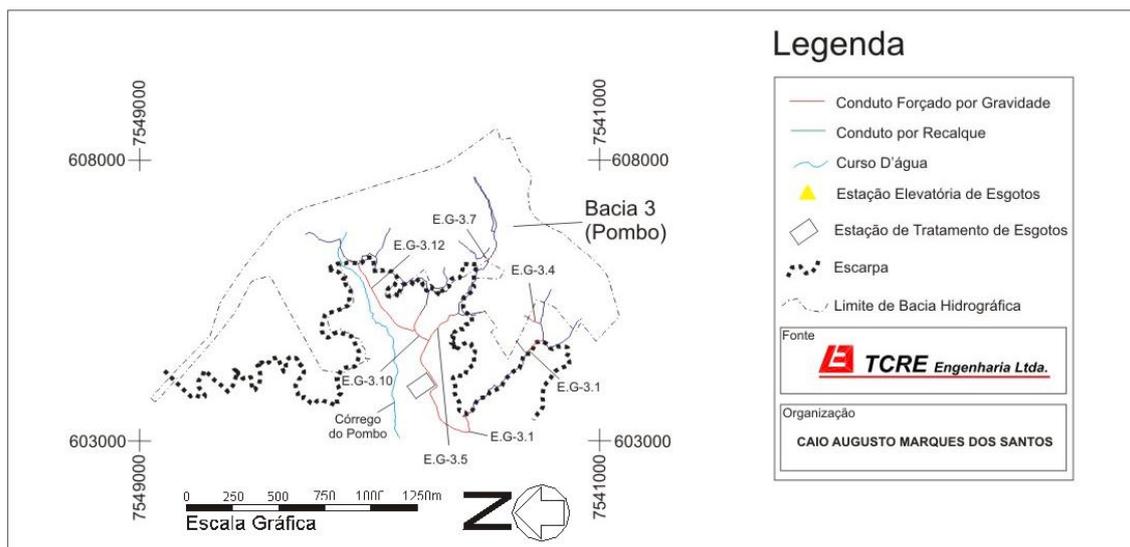
O subsistema Pombo (Figura 61) será responsável por afastar e tratar 18,8% dos esgotos da cidade, provenientes de sua própria bacia.

Os esgotos chegarão à estação de tratamento unicamente por gravidade livre ou forçada. Ele contará com 14 emissários, totalizando um comprimento aproximado de 19,3km.

Os atuais lançamentos em bruto dos esgotos ocorrem, sem exceção, limítrofes ao perímetro urbano em cabeceiras de drenagem da bacia e em fundos de vales secos, todos beirando as escarpas.

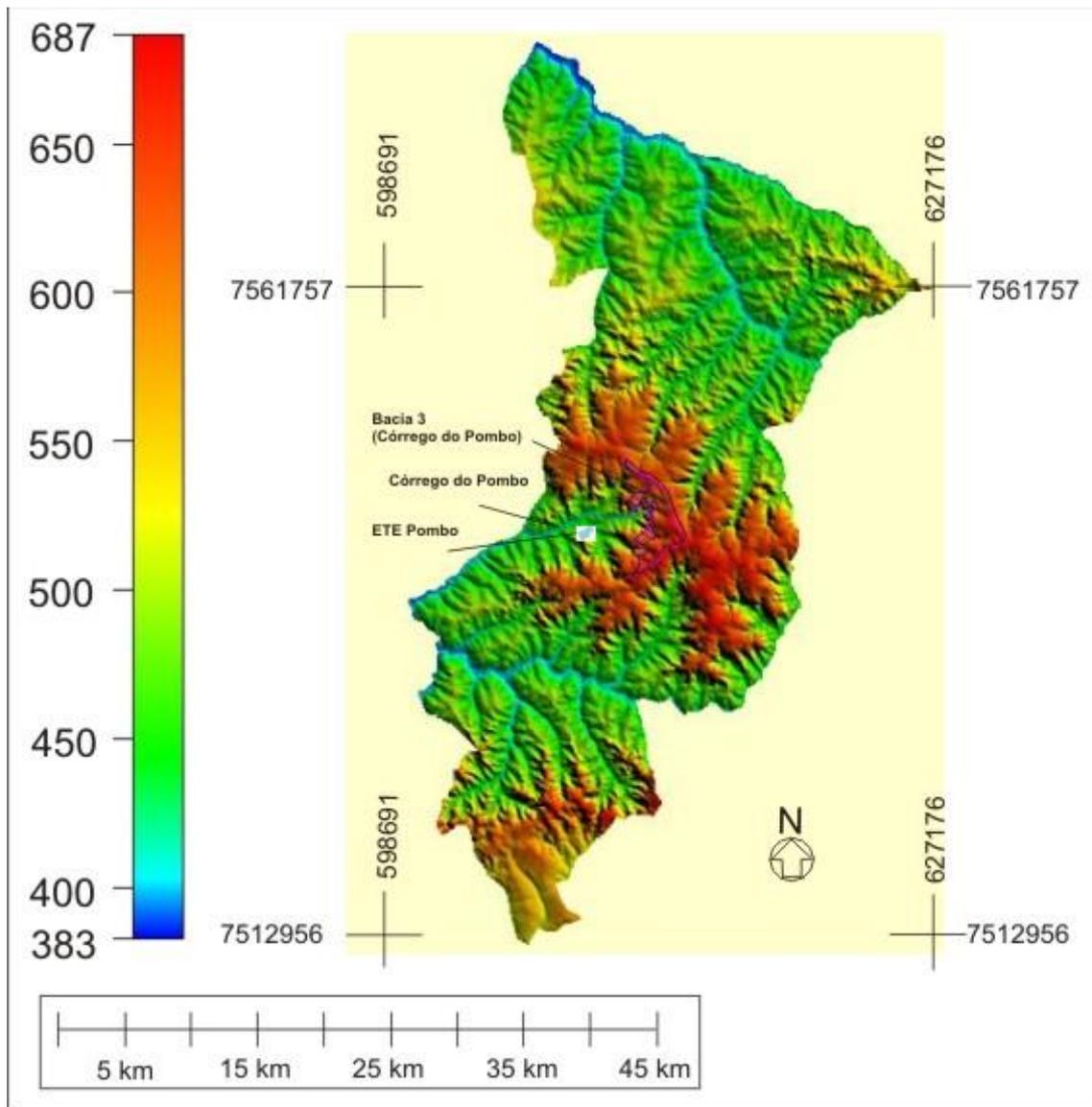
Conforme elaborado no projeto, as captações dessas descargas serão feitas de modo a reunir os diversos emissários em quatro grandes troncos interligados, que descerão por rampa de colúvio a escarpa e, já na planície aluvial do córrego do Pombo, distribuir-se-ão em duas linhas principais, E.G-3.1 e E.G-3.5, as quais chegarão até a estação de tratamento.

A partir dos mapas hipsométrico (Figura 62) e clinográfico (Figura 63) observa-se que, assim como no subsistema Barbosa, as altitudes decrescem e as declividades aumentam em direção as escarpas. Esse fato colabora para o escoamento por gravidade.

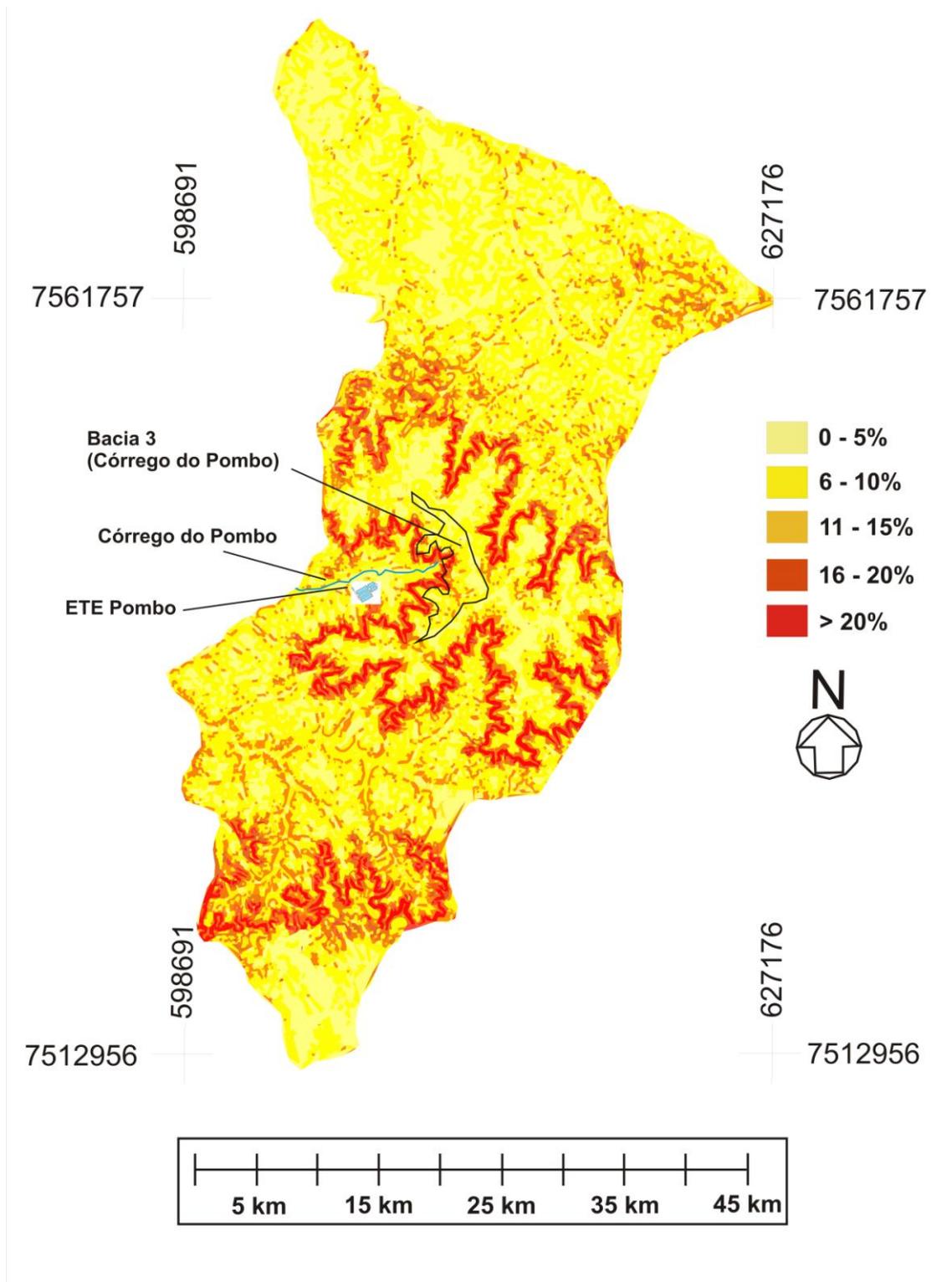


**Figura 61:** Subsistema Pombo e principais emissários.

O próximo tópico é uma subdivisão dentro do subsistema Pombo. Diferentemente do subsistema anteriormente analisado, os trechos dos emissários que descem as escarpas são por gravidade livre, conectando-se posteriormente com trechos em gravidade forçada. Por essa razão, optou-se em analisá-los em suas extensões totais (livres e forçados) e, separadamente, os forçados.



**Figura 62:** Localização do Subsistema Pombo no mapa hipsométrico do município. Organizado por Santos, 2009.



**Figura 63:** Localização do Subsistema Pombo no mapa clinográfico do município. Organizado por Santos, 2009.

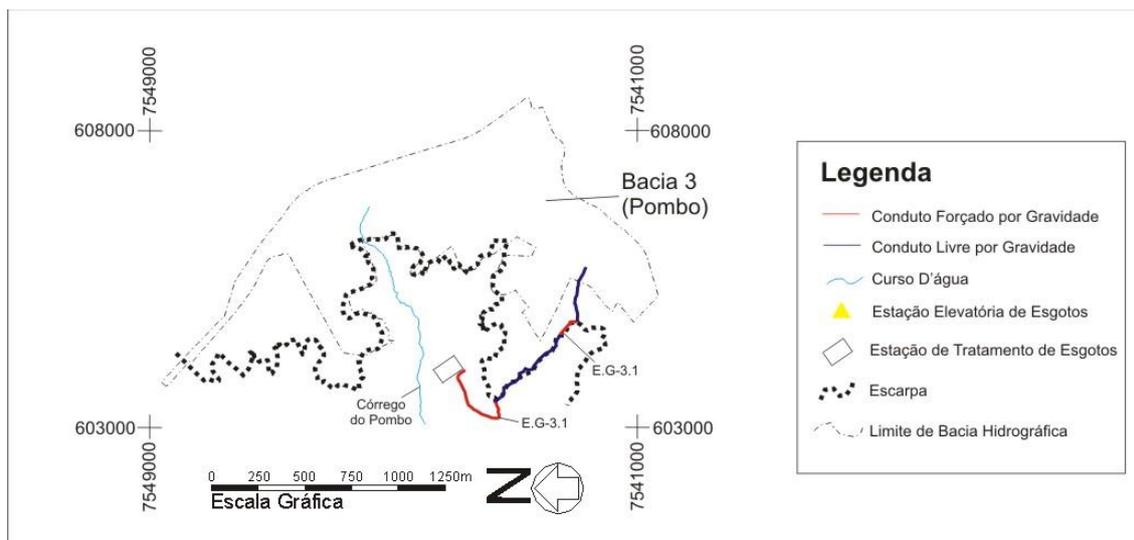
## **2.1. Emissários por Gravidade Livre e Forçada**

Diferentemente de alguns condutos forçados por gravidade, que no subsistema Barbosa descem as escarpas pelas rampas de colúvio, no subsistema Pombo isso não ocorre. Os emissários por gravidade livre iniciam a descida da escarpa e logo se conectam com seus trechos que escoam por gravidade forçada.

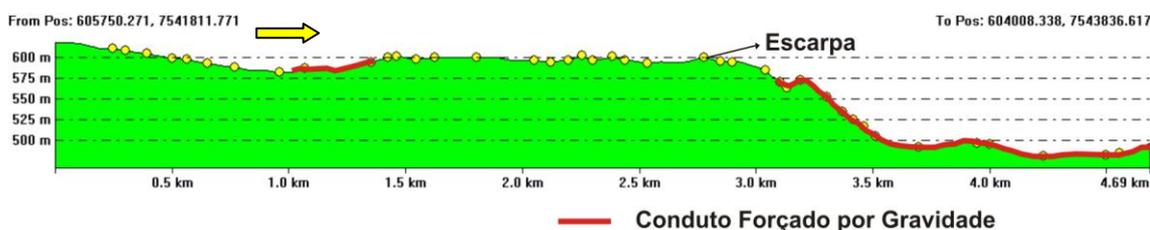
### **2.1.1. Emissário 3.1**

O emissário 3.1 (Figura 64) apresenta trechos por gravidade livre e forçada, totalizando uma extensão de 4,69 Km. Inicia seu percurso na cota altimétrica 618 metros (ponto de máxima elevação) e termina na estação de tratamento em 496 metros, passando pelo ponto de mínima elevação em 480 metros. Apresenta uma diferença altimétrica de 122 metros entre seu início e seu fim (Figura 65).

Ele é dividido em oito partes: 1ª parte: 205 metros com 150 mm, feito de PVC e escoam por gravidade livre; 2ª parte: 453 metros com 200 mm, feito de PVC e escoam por gravidade livre; 3ª parte: 396 metros com 250 mm, feito de ferro dúctil e sobe por gravidade forçada; 4ª parte: 1557 metros com 350 mm, feito de PVC e escoam por gravidade livre; 5ª parte: 208 metros com 350 mm, feito de ferro fundido e escoam por gravidade livre; 6ª parte: 145 metros com 250 mm, feito de PVC e escoam por gravidade livre; 7ª parte: 129 metros com 250 mm, feito de ferro fundido e escoam por gravidade livre; 8ª parte: 1597 metros com 200 mm, feito de ferro dúctil e escoam por gravidade forçada.



**Figura 64:** Localização do emissário 3.1. Organizado por Santos, 2009.



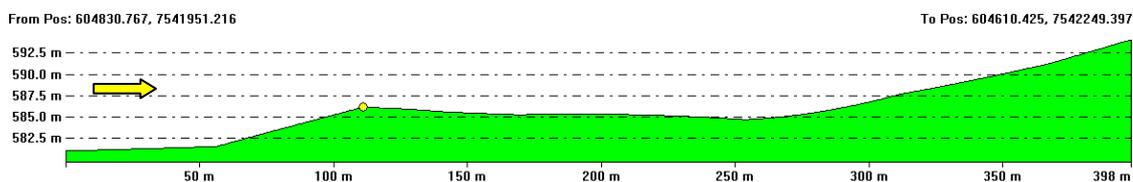
**Figura 65:** Perfil topográfico do emissário 3.1.

Os primeiros trechos por gravidade livre até alcançar o primeiro trecho por gravidade forçada percorrem uma declividade em que, baseado em outros exemplos anteriormente analisados, o escoamento se daria por gravidade forçada. O que pode explicar esse fato são esses trechos transportarem pequenas vazões, sendo desnecessário o material mais resistente.

Seu primeiro trecho por gravidade forçada possui 396 metros de comprimento. Inicia-se na cota 580 metros e termina em 594 metros, quando se conecta com tubulação em gravidade livre.

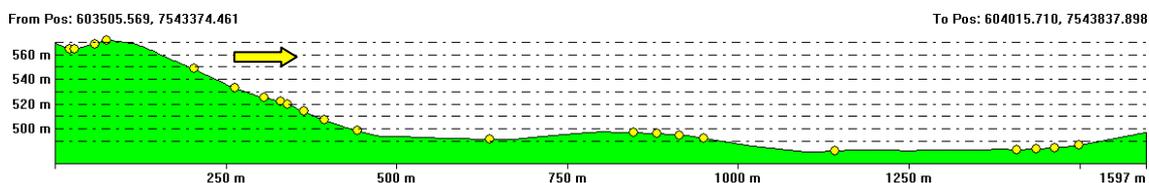
A subida do esgoto vence uma diferença altimétrica de 14 metros (Figura 66). Esse é o único caso dentro de todo o sistema de afastamento de esgoto em que há subida de conduto sem recalque, em que a velocidade advinda do trecho anterior é suficiente para realizar a ascensão do esgoto até o próximo trecho. No entanto, troca-se o material do emissário para ferro dúctil

por a subida requerer maior resistência do conduto, devido ao ganho de pressão.



**Figura 66:** Perfil topográfico do primeiro trecho forçado por gravidade do emissário 3.1.

O segundo trecho em gravidade forçada possui aproximadamente 1,6 km de comprimento e inicia seu trajeto na cota altimétrica de 569 metros, após a tubulação por gravidade livre começar a descida da escarpa na altitude 590 metros. Ele termina seu percurso na estação de tratamento em 496 metros, o que significa uma diferença altimétrica de 73 metros, no entanto tem seu ponto de máxima elevação em 571 metros e de mínima em 480 metros (figura 67).

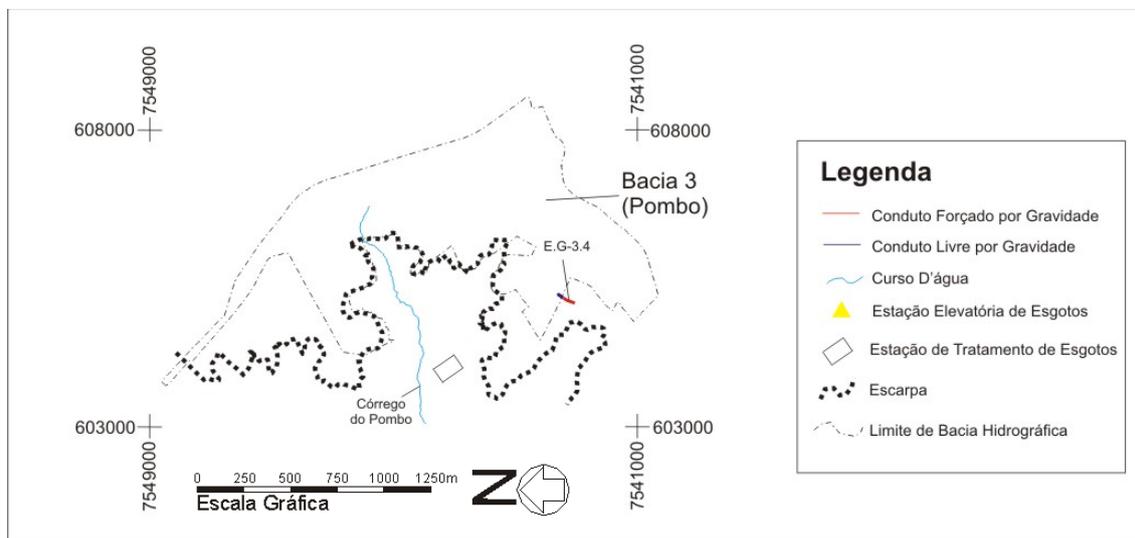


**Figura 67:** Perfil topográfico do segundo trecho forçado por gravidade do conduto 3.1.

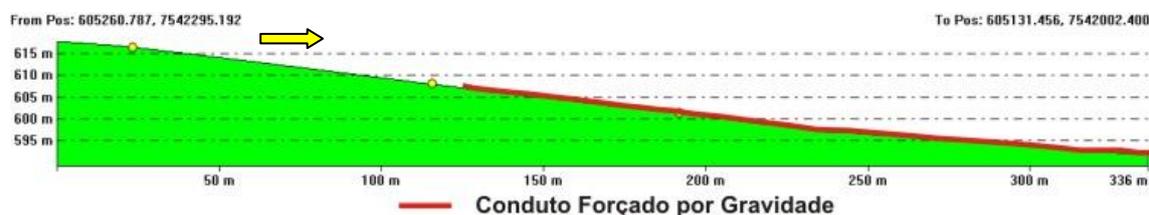
### 2.1.2. Emissário 3.4

O emissário 3.4 (Figura 68) apresenta um único trecho em gravidade livre e um único em gravidade forçada, totalizando 336 metros de comprimento. Inicia seu trajeto na cota altimétrica 617 metros, que é seu ponto de máxima elevação, e despeja seu esgoto no emissário 3.1 (trecho em gravidade livre) em 591 metros (trecho de mínima elevação). Entre seu início e seu fim apresenta uma diferença altimétrica de 26 metros (Figura 69).

Ele é dividido em duas partes: 1ª parte: 123 metros com 150 mm, feito de PVC e escoar por gravidade livre; 2ª parte: 213 metros com 100 mm, feito de ferro dúctil e escoar por gravidade forçada.



**Figura 68:** Localização do emissário 3.4. Organizado por Santos, 2009.

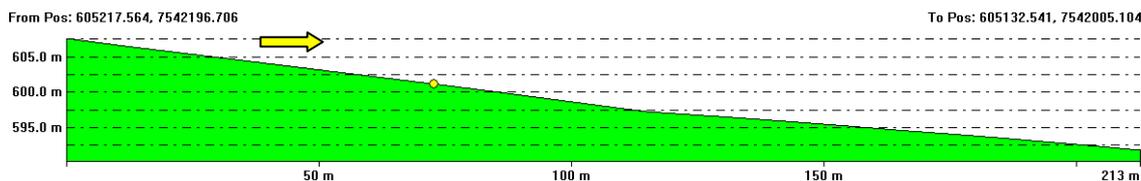


**Figura 69:** Perfil topográfico do emissário 3.4.

Observa-se no perfil uma descida do esgoto por uma declividade relativamente suave sem grandes desníveis topográficos. Há mudança de material do conduto devido a sua extensão, pois, caso se mantivesse o PVC, com a pressão adquirida através da velocidade, o tubo não resistiria.

Quanto à diminuição do diâmetro, explica-se pela necessidade de se aumentar a velocidade para que o esgoto chegue a sua conexão com o emissário 3.1.

O trecho por gravidade forçada apresenta 213 metros de comprimento, com início na cota altimétrica 607 metros (ponto de máxima elevação) e fim na altitude 591 metros (ponto de mínima elevação). A diferença altimétrica a ser percorrida pelo esgoto é de 16 metros (figura 70).

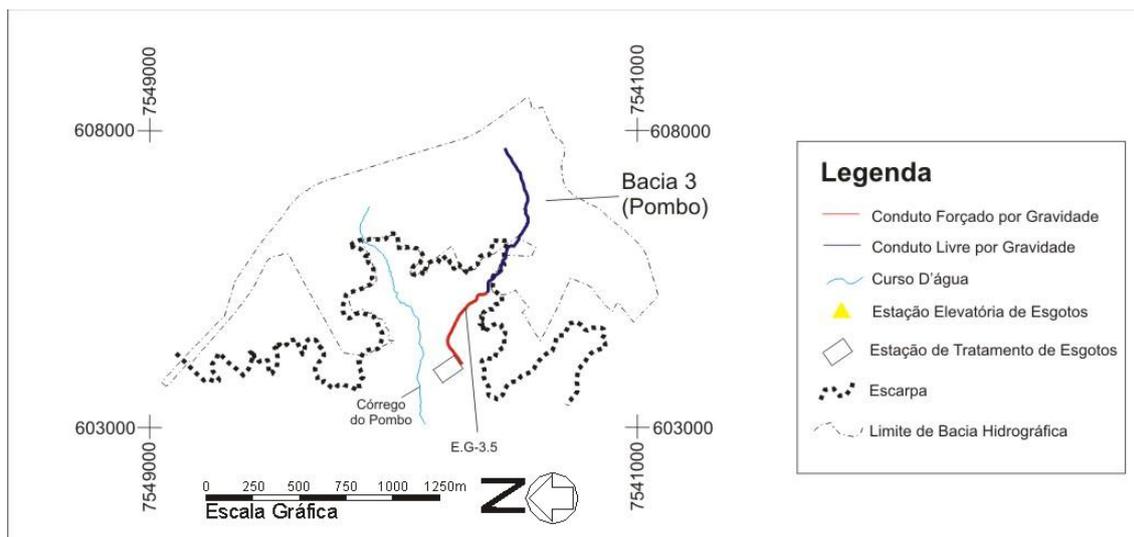


**Figura 70:** Perfil topográfico do trecho forçado por gravidade do emissário 3.4.

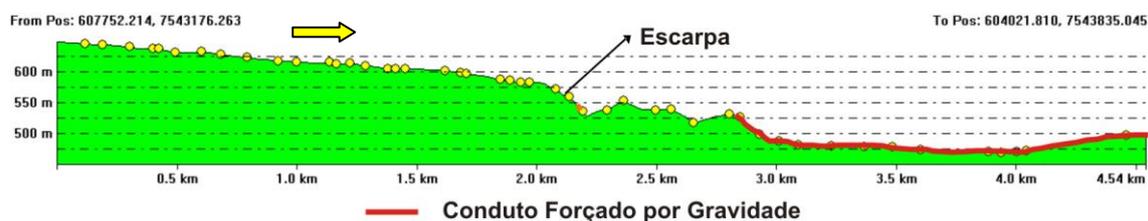
### 2.1.3. Emissário 3.5

O emissário 3.5 (Figura 71) constitui, juntamente com o 3.1, as duas principais linhas de esgoto que chegarão até a estação de tratamento. Com extensão total de 4,54 km, inicia seu trajeto na cota altimétrica de 648 metros (ponto de máxima elevação), começa a descida da escarpa na cota 562 metros e termina em 497 metros, passando pelo ponto de mínima elevação em 468 metros. Ao longo de seu percurso apresenta uma diferença altimétrica de 151 metros (Figura 72).

Ele é dividido em dez partes: 1ª parte: 203 metros com 150 mm, feito de PVC e escoia por gravidade livre; 2ª parte: 558 metros com 250 mm, feito de PVC e escoia por gravidade livre; 3ª parte: 558 metros com 250 mm, feito de ferro fundido e escoia por gravidade livre; 4ª parte: 211 metros com 300 mm, feito de PVC e escoia por gravidade livre; 5ª parte: 81 metros com 300 mm, feito de ferro fundido e escoia por gravidade livre; 6ª parte: 184 metros com 300 mm, feito de PVC escoia por gravidade livre; 7ª parte: 945 metros com 350 mm, feito de PVC e escoia por gravidade livre; 8ª parte: 112 metros com 350 mm, feito de ferro fundido e escoia por gravidade livre; 9ª parte: 851 metros com 200 mm, feito de ferro dúctil e escoia por gravidade forçada; 10ª parte: 837 metros com 400 mm, feito de ferro dúctil e escoia por gravidade forçada.



**Figura 71:** Localização do emissário 3.5. Organizado por Santos, 2009.



**Figura 72:** Perfil topográfico do emissário 3.5.

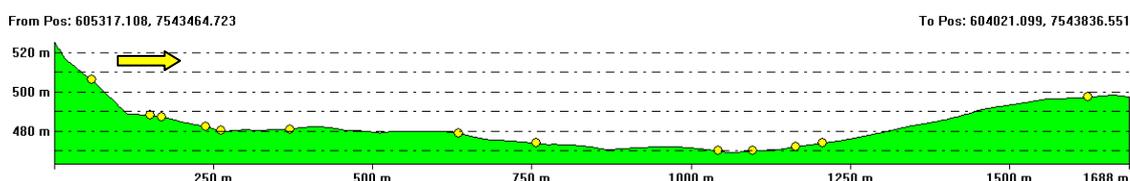
Observa-se que os trechos que escoam por gravidade livre feitos de ferro fundido estão localizados em áreas de aumento de declividade, ou subida do esgoto, quando se necessita maior resistência do tubo.

O último trecho de ferro fundido conecta-se com o primeiro de ferro dúctil, diminuindo o diâmetro em 150mm, devido ao aumento da declividade e, conseqüentemente, da velocidade do líquido.

Para o segundo trecho de ferro dúctil, aumenta-se o diâmetro em 200mm, já que há a descarga de esgoto vindo do conduto 3.10, e a velocidade adquirida anteriormente é suficiente para que o líquido supere um aumento na declividade, num desnível altimétrico de quase 30 metros, e alcance a estação de tratamento.

Todo trecho por gravidade forçada inicia seu percurso na cota altimétrica 525 metros (ponto de máxima elevação) e termina na estação de tratamento na altitude 497 metros, totalizando uma extensão de

aproximadamente 1,7 km, com uma diferença altimétrica de 28 metros (Figura 73).



**Figura 73:** Perfil topográfico do trecho forçado por gravidade do emissário 3.5.

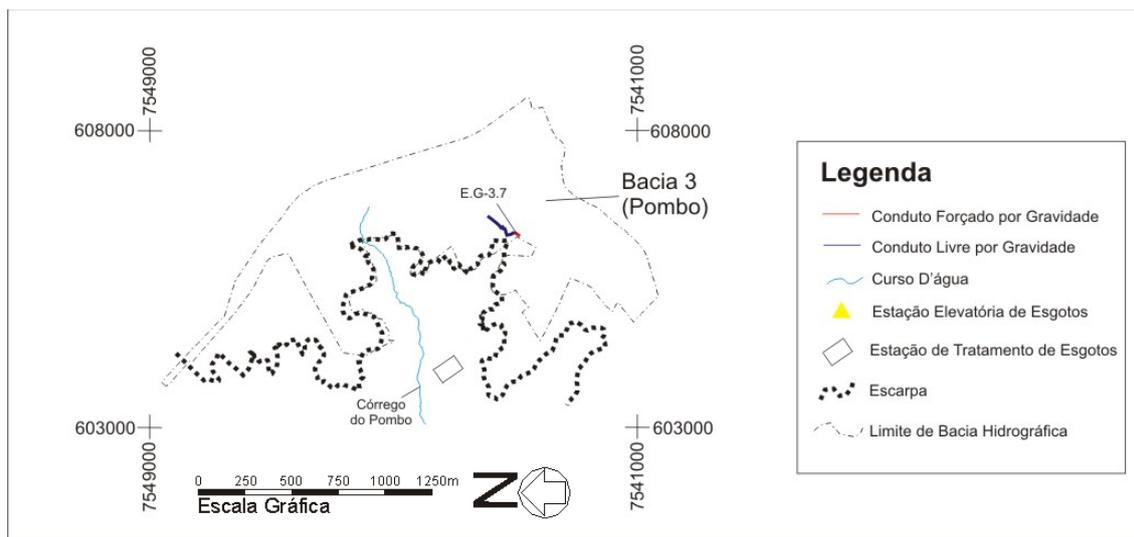
#### 2.1.4. Emissário 3.7

O emissário 3.7 (Figura 74), assim como o 3.4, não desce a escarpa e apresenta um único trecho em gravidade livre e um único em gravidade forçada. Com comprimento total de 750 metros, inicia seu trajeto na cota altimétrica de 633 metros (ponto de máxima elevação) e termina na altitude de 600 metros (ponto de mínima elevação), onde se encontra com o emissário 3.5 (trecho em gravidade livre). A diferença altimétrica apresentada é de 33 metros (Figura 75).

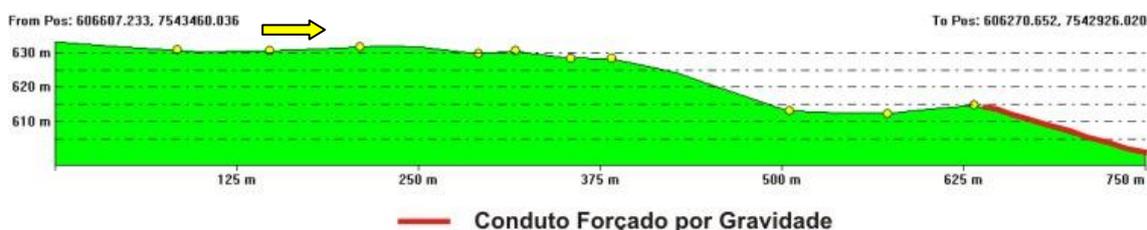
Ele é dividido em duas partes: 1ª parte: 633 metros com 150 mm, feito de PVC e escoa por gravidade livre; 2ª parte: 117 metros com 75 mm, feito de ferro dúctil e escoa por gravidade forçada.

O trecho do conduto feito de PVC, em sua maior parte, percorre um terreno relativamente plano, não necessitando, por esse motivo, ser de material resistente. Embora haja uma área em que existe ganho de declividade por um perfil convexo da vertente, numa diferença altimétrica de 30 metros, manteve-se o diâmetro de 150mm do conduto.

No início do trecho por gravidade forçada há aumento de declividade por um perfil retilíneo de vertente, numa diferença altimétrica de quase 13,5 metros. No entanto, diferentemente do trecho por gravidade livre, diminuiu-se o diâmetro para 75mm para que houvesse aumento de velocidade, suficiente para alcançar o conduto 3.5.

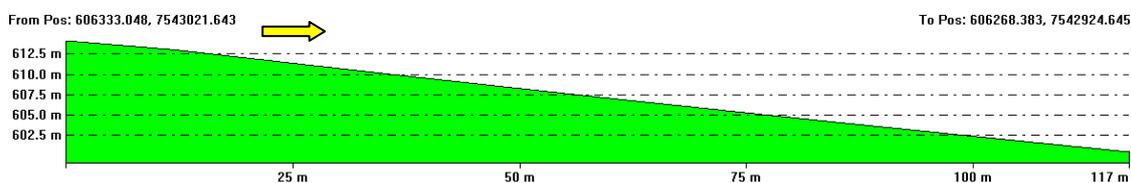


**Figura 74:** Localização do emissário 3.7. Organizado por Santos, 2009.



**Figura 75:** Perfil topográfico do emissário 3.7.

O trecho por gravidade forçada possui uma extensão total de 117 metros com 75mm de diâmetro. Seu início se dá na cota 614 metros (ponto de máxima elevação) e termina em 600 metros (ponto de mínima elevação), o que representa uma diferença altimétrica de 14 metros (Figura 76).



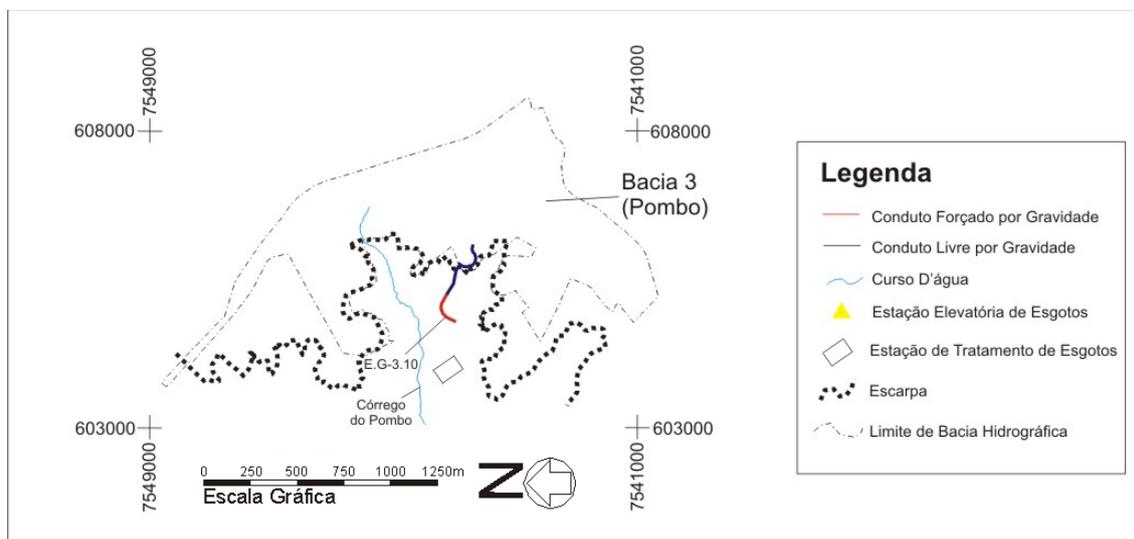
**Figura 76:** Perfil topográfico do trecho forçado por gravidade do emissário 3.7.

### 2.1.5. Emissário 3.10

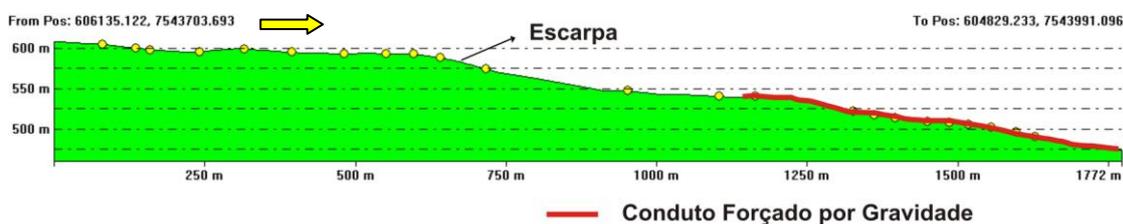
O emissário 3.10 (Figura 77) apresenta um trecho em gravidade livre e um em gravidade forçada. Com comprimento total de 1,772 km, inicia

seu percurso na cota altimétrica 608 metros (ponto de máxima elevação), desce a escarpa em 580 metros e termina encontrando o emissário 3.5 (trecho em gravidade forçada) em 473 metros (ponto de mínima elevação), o que significa uma diferença altimétrica de 135 metros (Figura 78).

Ele é dividido em cinco partes: 1ª parte: 60 metros com 150 mm, feito de ferro dúctil e escoa por gravidade livre; 2ª parte: 115 metros com 150 mm, feito de PVC e escoa por gravidade livre; 3ª parte: 990 metros com 200 mm, feito de PVC e escoa por gravidade livre; 4ª parte: 290 metros com 100 mm, feito de ferro dúctil e escoa por gravidade forçada; 5ª parte: 317 metros com 250 mm, feito de ferro dúctil e escoa por gravidade forçada.



**Figura 77:** Localização do emissário 3.10. Organizado por Santos, 2009.



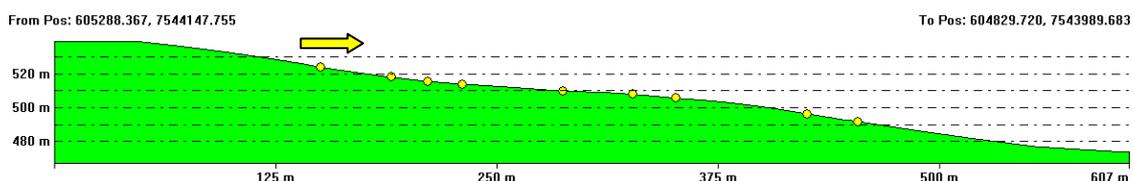
**Figura 78:** Perfil topográfico do emissário 3.10.

O emissário 3.10 apresenta uma das exceções dentro do sistema de afastamento. Possui um trecho em gravidade livre feito de ferro dúctil.

A descida da escarpa é feita por trecho em PVC por uma rampa de colúvio espessa com perfil concavizado. Conecta-se a jusante com tubo de

ferro dúctil. A primeira parte, com diâmetro de 100 mm, tem função de ganhar velocidade. No segundo trecho, aumenta-se o diâmetro em 150 mm, por receber contribuições de esgoto do emissário 3.12.

O trecho em gravidade forçada possui 607 metros de extensão e inicia seu percurso na cota altimétrica 539 metros (ponto de máxima elevação) e termina na cota 473 metros (ponto de mínima elevação), representando um desnível de 66 metros (Figura 79).

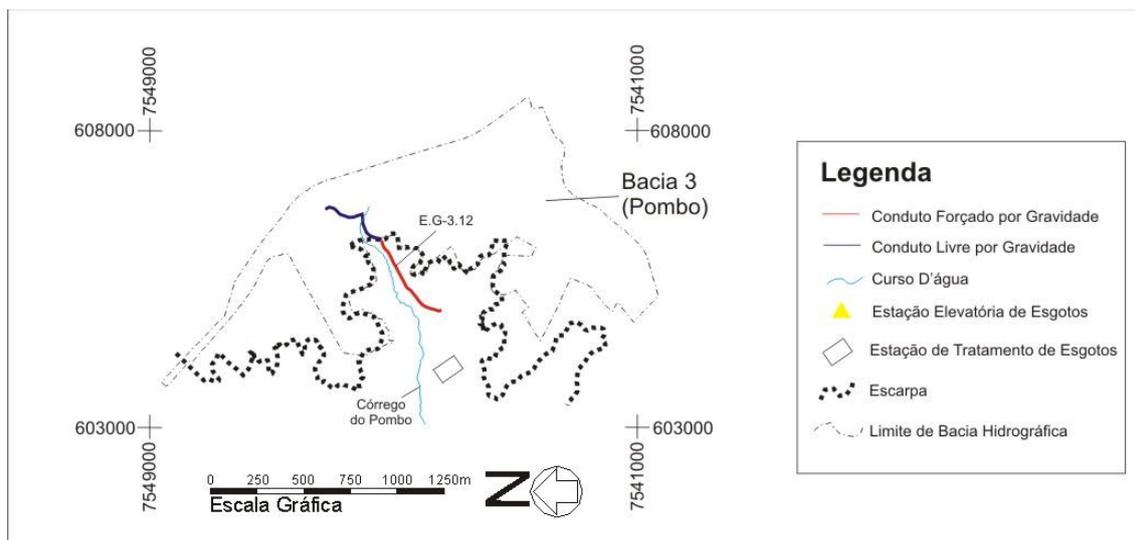


**Figura 79:** Perfil topográfico do trecho forçado por gravidade do emissário 3.10.

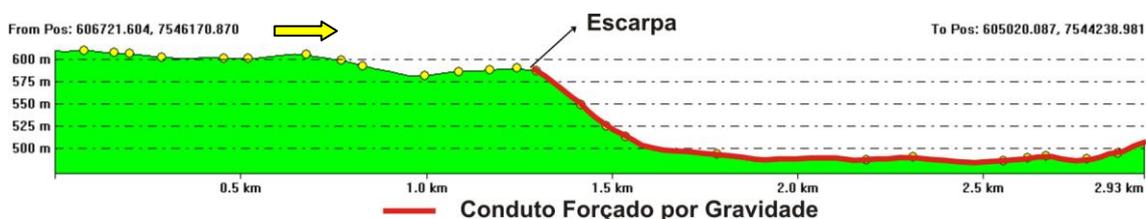
### 2.1.6. Emissário 3.12

O conduto 3.12 (Figura 80) possui extensão total de 2,93 km. Seu trajeto começa na cota 609 metros e termina em 507 metros se encontrando com o conduto 3.10, representando uma diferença altimétrica de 102 metros. No entanto, seu ponto de máxima elevação está em 610 metros e de mínima em 484 metros. Ele desce a escarpa em altitude aproximada de 571 metros, quando se inicia o trecho em gravidade forçada (Figura 81).

Ele é dividido em seis partes: 1ª parte: 70 metros com 150 mm, feito de ferro dúctil e escoa por gravidade livre; 2ª parte: 208 metros com 150 mm, feito de PVC e escoa por gravidade livre; 3ª parte: 632 metros com 200 mm, feito de PVC e escoa por gravidade livre; 4ª parte: 379 metros com 200 mm, feito de ferro dúctil e escoa por gravidade livre; 5ª parte: 5 metros com 250 mm, feito de PVC e escoa por gravidade forçada; 6ª parte: 1636 metros com 250 mm, feito de ferro dúctil e escoa por gravidade forçada.



**Figura 80:** Localização do emissário 3.12. Organizado por Santos, 2009.

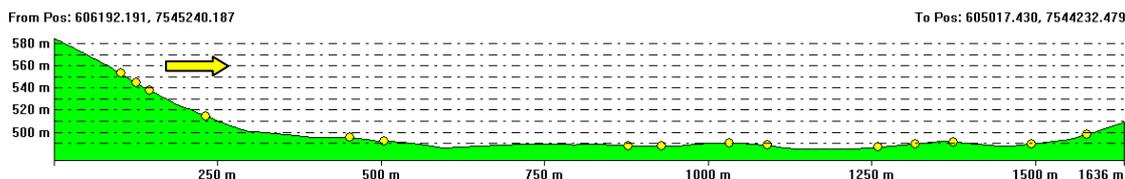


**Figura 81:** Perfil topográfico do emissário 3.12.

Igualmente ao emissário 3.10, apresenta dois trechos em gravidade livre feito de ferro dúctil. Além dessa exceção, existe outra: um trecho de 5 metros feito de PVC e em escoamento por gravidade forçada é que inicia a descida da escarpa.

O trecho por gravidade forçada tem o início do seu trajeto na cota 584 metros (ponto de máxima elevação) e seu término em 507, passando pelo ponto de mínima elevação em 484 metros, o que totaliza um comprimento de 1,636 km. Sua diferença altimétrica é de 77 metros (Figura 82).

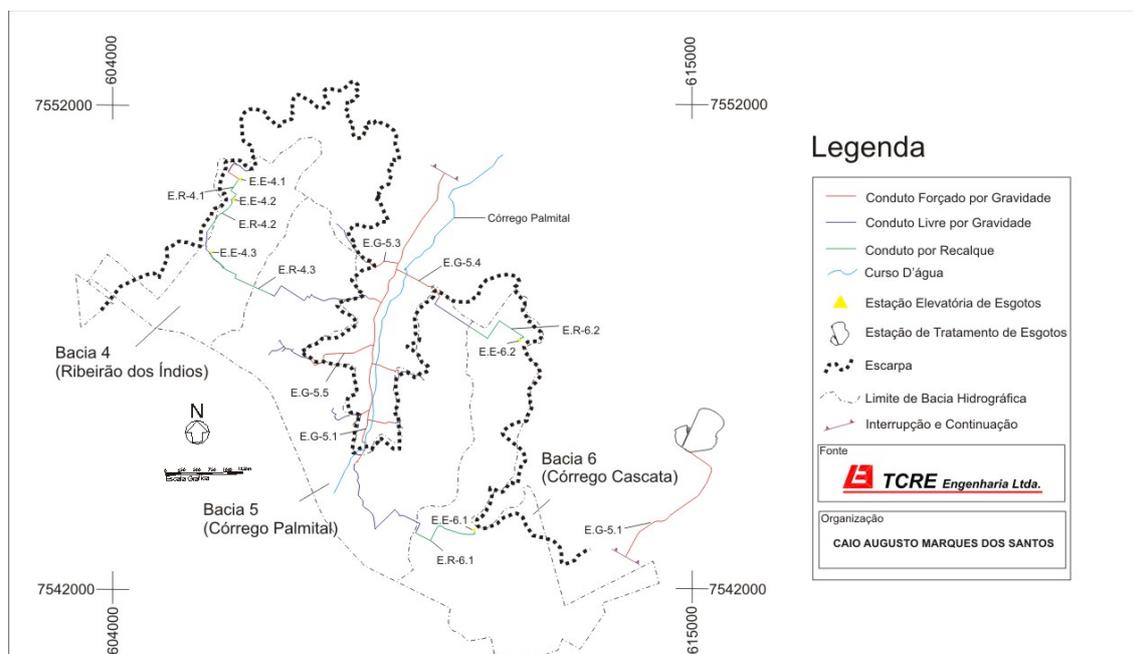
Ao término dos trechos em PVC, ele continua a descida da escarpa com 250 mm de diâmetro por rampa de colúvio espessa com perfil de vertente retilíneo.



**Figura 82:** Perfil topográfico do trecho forçado por gravidade do emissário 3.12.

### 3. Subsistema Palmital

O subsistema Palmital (Figura 83) será responsável por afastar e tratar os esgotos provenientes de sua própria bacia (Córrego Palmital), da bacia do Ribeirão dos Índios e da bacia do Córrego Cascata, todas localizadas na região oeste de Marília.



**Figura 83:** Subsistema Palmital e principais emissários.

Conterá com 15 emissários, responsáveis em transportar e tratar 43,82% dos esgotos da cidade. Terá seis estações elevatórias, das quais três se localizarão na bacia do Ribeirão dos Índios, uma na bacia do Córrego Palmital e duas na bacia do Córrego Cascata. A bacia Palmital, intermediária, receberá os esgotos por recalque provenientes da bacia do Ribeirão dos Índios, mais ao norte, e da bacia do Cascata, mais ao sul.

Os atuais lançamentos da bacia do Ribeirão dos Índios, todos juntos ao perímetro urbano, serão interceptados por condutos por gravidade, o que os conduzirá até três estações elevatórias (E.E-4.1, E.E- 4.2 e E.E-4.3) distintas e distantes entre si que, por recalque, fará a transposição dos esgotos para a bacia do Palmital, passando o afastamento a ser integrado ao sistema desta última bacia.

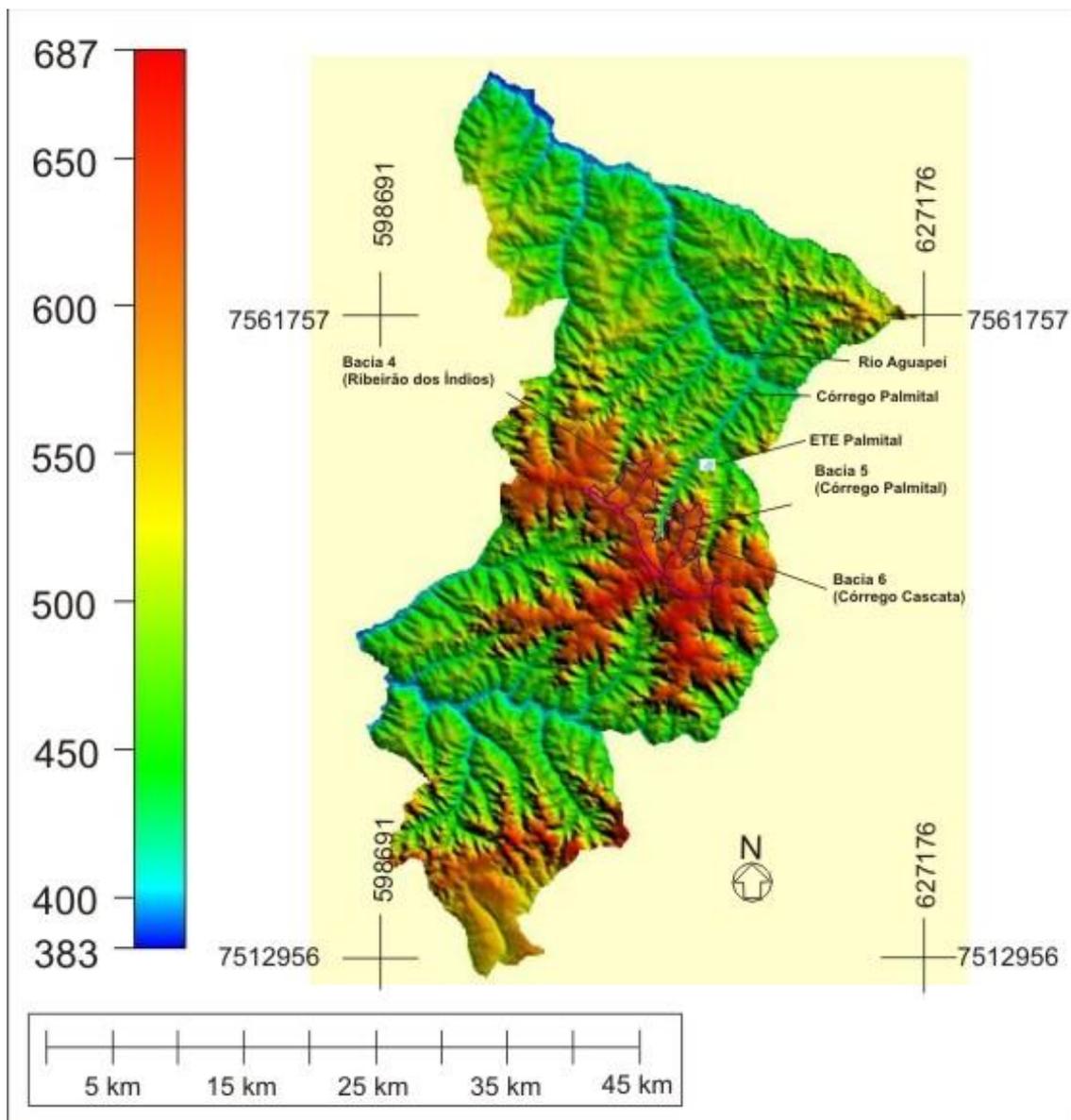
Igualmente, os lançamentos de esgotos da bacia do Cascata serão reunidos em duas estações elevatórias (E.E-6.1 e E.E-6.2) que, por recalque, conduzirão os esgotos para a bacia do Palmital, passando a integrar o sistema de afastamento dessa bacia.

Desse modo, captando os lançamentos de esgotos próprios da bacia do Palmital, bem como de outras duas bacias, o sistema de afastamento Palmital compreenderá um conduto principal no fundo de vale do córrego homônimo, ao qual se ligarão diversos condutos secundários em ambas as margens do curso d'água.

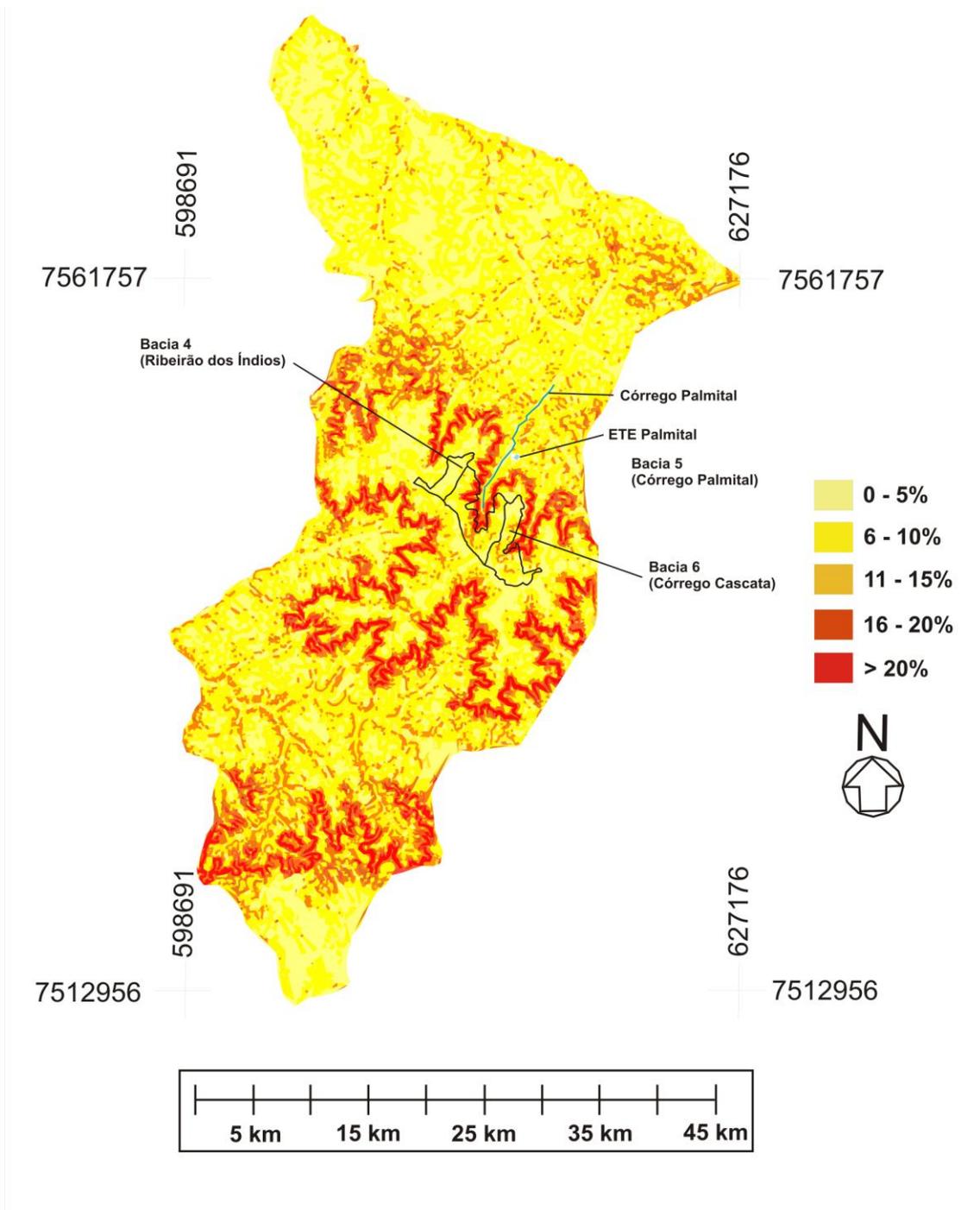
Em decorrência das condições morfológicas da bacia do Palmital, haverá a necessidade de ser implantada uma estação elevatória (E.E-5.1), seguida do respectivo conduto por recalque (E.R-5.1), que demandará o conduto principal, E.G-5.1.

É fundamental chamar a atenção para o fato da estação elevatória e seu respectivo emissário por recalque 5.1 não aparecerem na figura do subsistema, por não estarem presente na base digital cedida pela TCRE Engenharia Ltda.

Observando as Figuras 84 e 85, verifica-se que as características relacionadas as altitudes e declividades são iguais a do Subsistema Barbosa e Pombo: as altitudes decrescem e a declividades aumentam em direção as escarpas.



**Figura 84:** Localização do subsistema Palmital no mapa hipsométrico do município. Organizado por Santos, 2009.



**Figura 85:** Localização do subsistema Palmital no mapa clinográfico do município. Organizado por Santos, 2009.

O comprimento total aproximado dos emissários será de 33,6 km, sendo que 5,9 km são por recalque (Quadro 6).

<b>Subsistema</b>	<b>Emissário por recalque (m)</b>	<b>Emissário por gravidade (m)</b>
Palmital	5.843,25	27.748,82

**Quadro 6:** Comprimento dos emissários no Subsistema Palmital.

**Fonte:** INFRA Engenharia e Consultoria Ltda.

Na bacia do Córrego do Ribeirão dos Índios, onde existirão três estações elevatórias, o comprimento dos emissários por recalque será de 2,6 km; na bacia do Palmital, será de 300 metros e na bacia do Cascata de 2,9 km.

Percebe-se que nas bacias onde não haverá estações de tratamento necessita-se de maiores comprimentos de emissários por recalque, já que o esgoto terá que transpor os divisores de água (Quadro 7).

<b>Bacia</b>	<b>Emissário por recalque (m)</b>	<b>Emissário por gravidade (m)</b>
Ribeirão dos Índios	2.636,76	2.289,84
Palmital	300	23.122,57
Cascata	2.906,49	1.336,41

**Quadro 7:** Comprimento dos emissários por bacias.

**Fonte:** INFRA Engenharia e Consultoria Ltda.

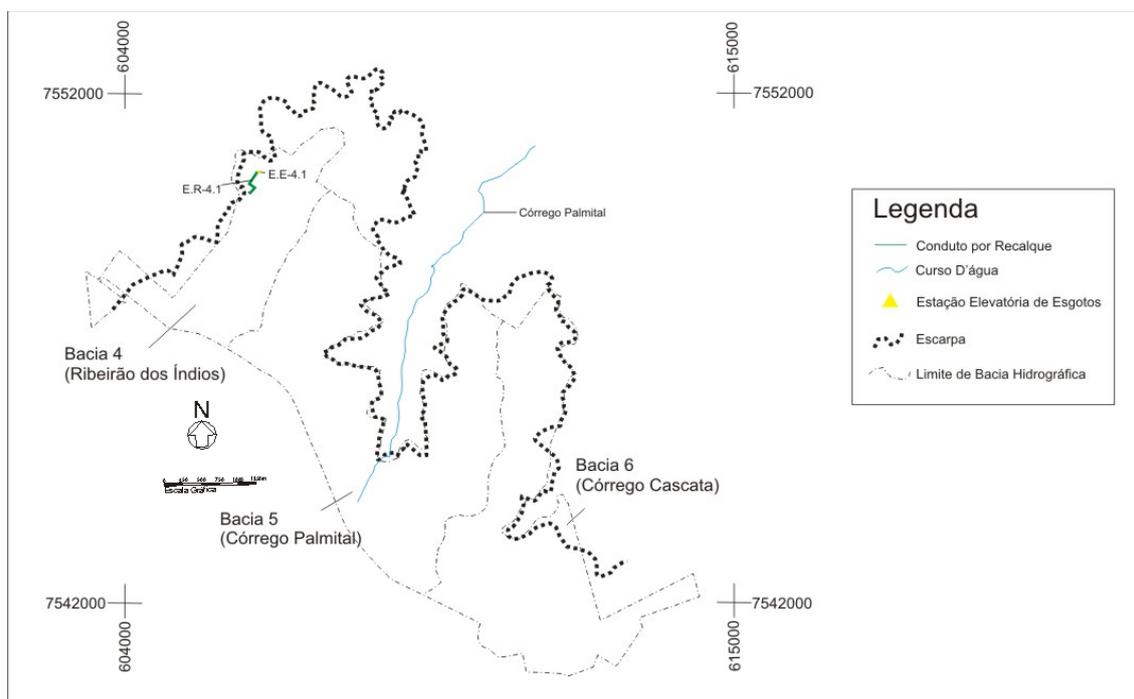
Assim como no tópico sobre o Subsistema Barbosa, aqui ele também é subdividido em dois. Um analisa as estações elevatórias e suas características aliadas ao relevo, e o outro é responsável pela análise dos emissários que descem as escarpas.

### **3.1. Estações Elevatórias**

#### **3.1.1. Estação Elevatória 4.1**

A estação elevatória 4.1 e respectivo emissário (Figura 86) terão uma linha de recalque de 473 metros, com diâmetro de 150 mm e feito de ferro

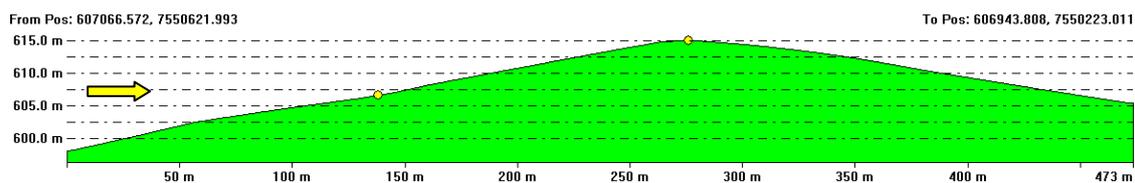
dúctil. Sua altura manométrica será de 29,1 metros, transportando uma vazão de recalque de 23,2 l/s com potência de bomba de 18,5 CV.



**Figura 86:** Localização da estação elevatória 4.1 e do seu respectivo emissário por recalque. Organizado por Santos, 2009.

O cálculo da altura manométrica da estação elevatória 4.1 envolve a diferença altimétrica de 8 metros existente entre a cota de partida do esgoto (597 metros - ponto de mínima elevação), até seu despejo na cota 605 metros, passando pela altitude de 615 metros (ponto de máxima elevação), o que totaliza uma extensão de 473 metros.

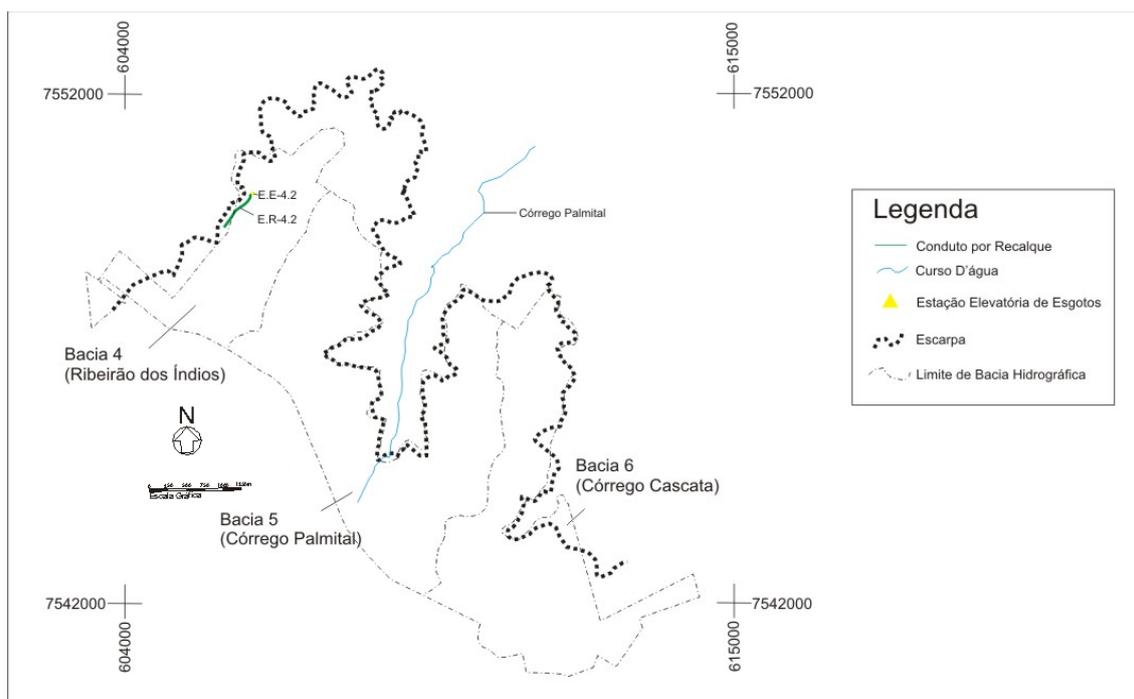
Analisando o perfil topográfico do conduto (Figura 87), o esgoto recalcado atinge sua máxima elevação numa subida linear de aproximadamente 270 metros, quando desce até a cota de chegada.



**Figura 87:** Perfil topográfico do emissário por recalque 4.1.

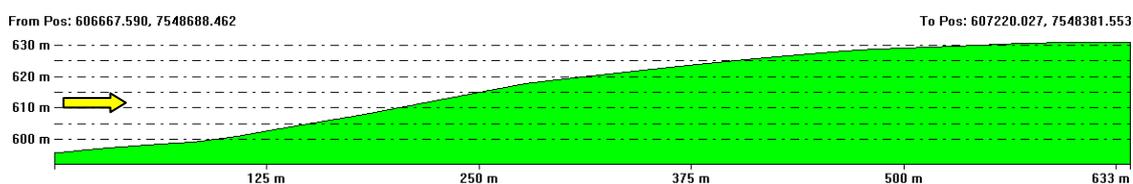
### 3.1.2. Estação Elevatória 4.2

A estação elevatória 4.2 e respectivo emissário (Figura 88) terão uma linha de recalque de 633 metros, com diâmetro de 200 mm e feito de ferro dúctil. Sua altura manométrica será de 26,35 metros, transportando uma vazão de recalque de 50 l/s com potência de bomba de 28,25 CV.



**Figura 88:** Localização da estação elevatória 4.2 e seu respectivo emissário por recalque. Organizado por Santos, 2009.

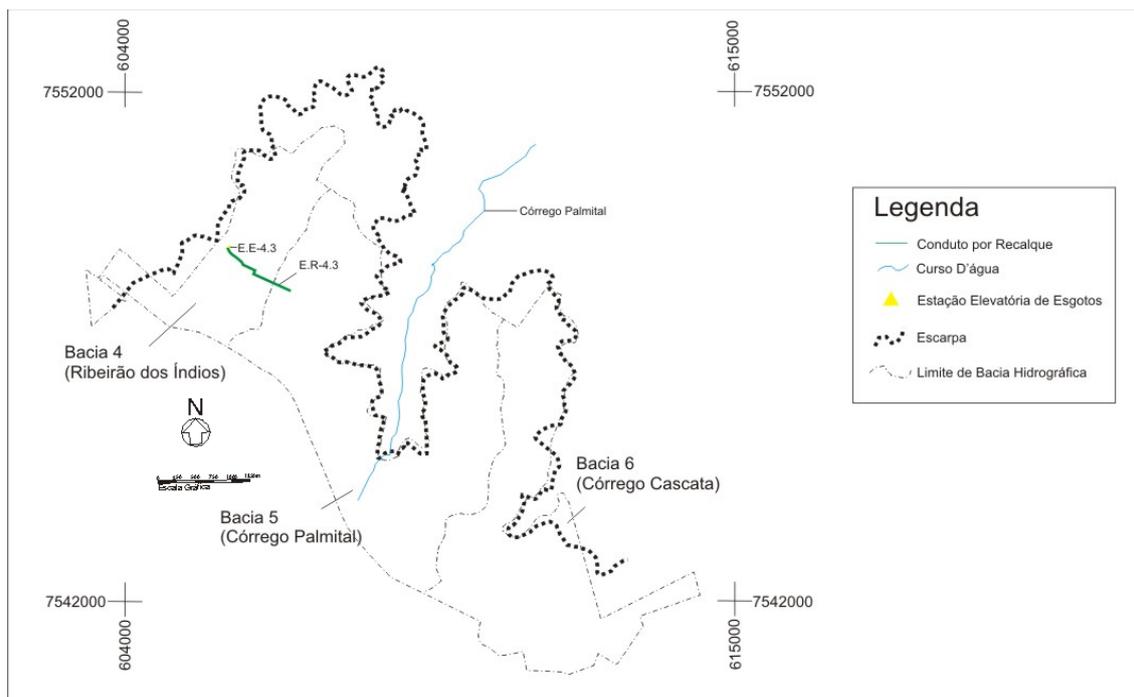
Pela análise do perfil topográfico (Figura 89), o cálculo da altura manométrica leva em consideração a diferença altimétrica de 35 metros envolvida entre a altitude de partida do recalque 595 metros (ponto de mínima elevação) e a de chegada 630 metros, num comprimento total de 633 metros. Percebe-se que em toda sua extensão há um recalque linear do esgoto, sendo desnecessário cálculo de desníveis, como no caso da estação 4.1.



**Figura 89:** Perfil topográfico do emissário por recalque 4.2.

### 3.1.3. Estação Elevatória 4.3

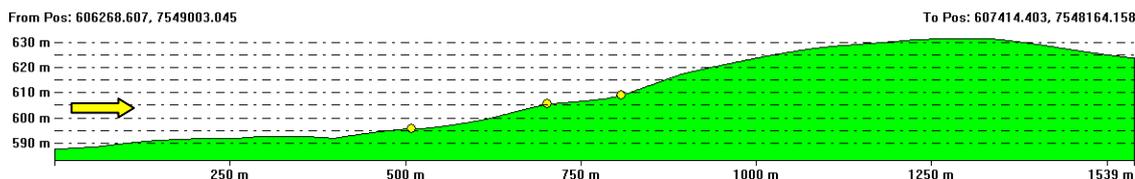
A estação elevatória 4.3 e respectivo emissário (Figura 90) terão uma linha de recalque de 1.539 metros, com diâmetro de 350 mm e feito de ferro dúctil. Sua altura manométrica será de 79 metros, transportando uma vazão de recalque de 117 l/s com potência de bomba de 180 CV.



**Figura 90:** Localização da estação elevatória 4.3 e seu respectivo emissário por recalque. Organizado por Santos, 2009.

Para o cálculo da altura manométrica levou-se em consideração a diferença altimétrica de 37 metros envolvida entre o ponto de partida do recalque na cota 587 metros (ponto de mínima elevação) e o de chegada em 624 metros, passando pelo ponto 631 metros (máxima elevação), numa extensão total de 1.539 metros, conforme ilustra o perfil topográfico da Figura 91.

Nota-se que após um recalque linear, já próximo de seu fim, inicia uma pequena descida, quando despeja seus líquidos num conduto que transporta seus esgotos em gravidade livre.



**Figura 91:** Perfil topográfico do emissário por recalque 4.3.

### 3.1.4. Estação Elevatória 5.1

Para essa estação elevatória não há mapa de localização nem perfil topográfico do emissário por recalque por eles não estarem presentes na base digital cedida.

O que existe são somente os dados básicos, o que impede uma descrição mais pormenorizada das características e suas relações com o relevo.

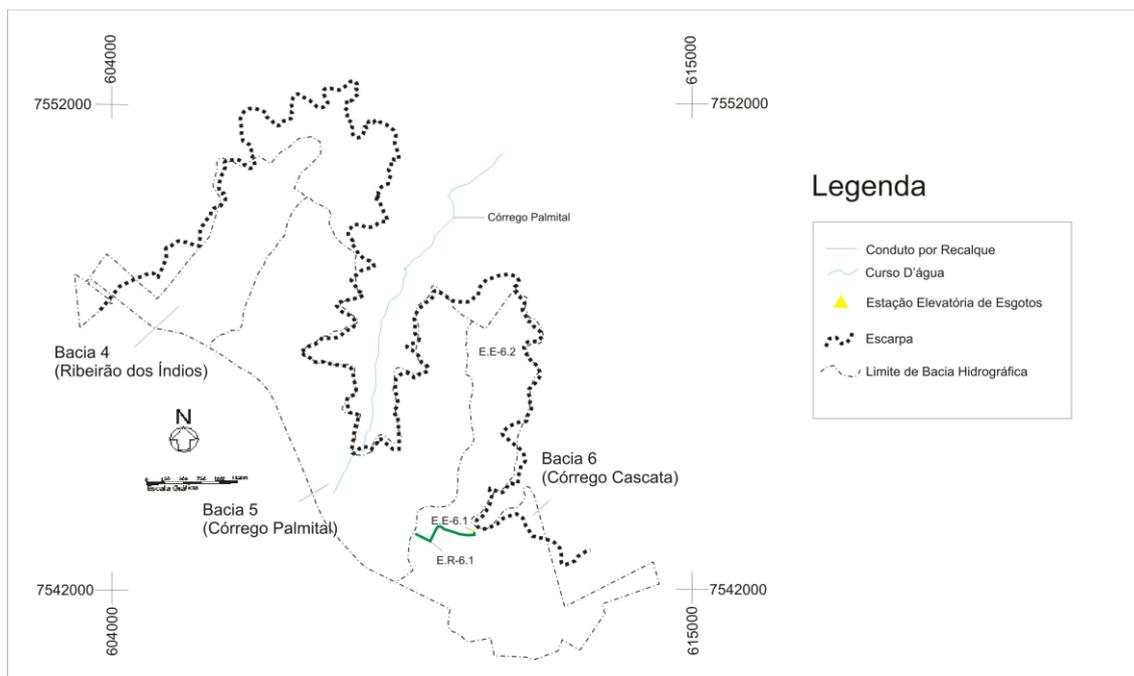
A estação elevatória 5.1 e respectivo emissário terão uma linha de recalque de 300 metros, com diâmetro de 350 mm e feito de ferro dúctil. Sua altura manométrica será de 15,7 metros, transportando uma vazão de recalque de 68 l/s com potência de bomba de 26,6 CV.

### 3.1.5. Estação Elevatória 6.1

Para a estação elevatória 6.1 e seu respectivo emissário (Figura 92) não há dados básicos sobre suas características, por não constar no projeto, devida a sua existência anteriormente a elaboração dos estudos.

Pela análise de seu perfil topográfico (Figura 93), o emissário tem seu ponto de partida na cota 624 metros (ponto de mínima elevação), e o de chegada em 665 metros, passando pelo ponto de máxima elevação em 665 metros.

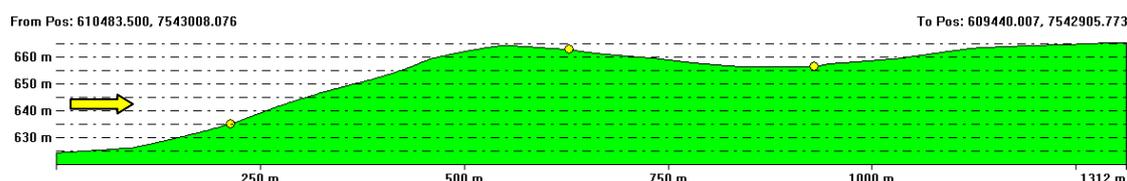
A potência das bombas terá que ser suficiente para que o esgoto vença uma diferença altimétrica de 41 metros e um desnível topográfico de aproximadamente 10 metros ao longo de uma linha de recalque de 1.312 metros.



**Figura 92:** Localização da estação elevatória 6.1 e seu respectivo emissário por recalque. Organizado por Santos, 2009.

Assim como os outros emissários por recalque, esse também será de ferro dúctil.

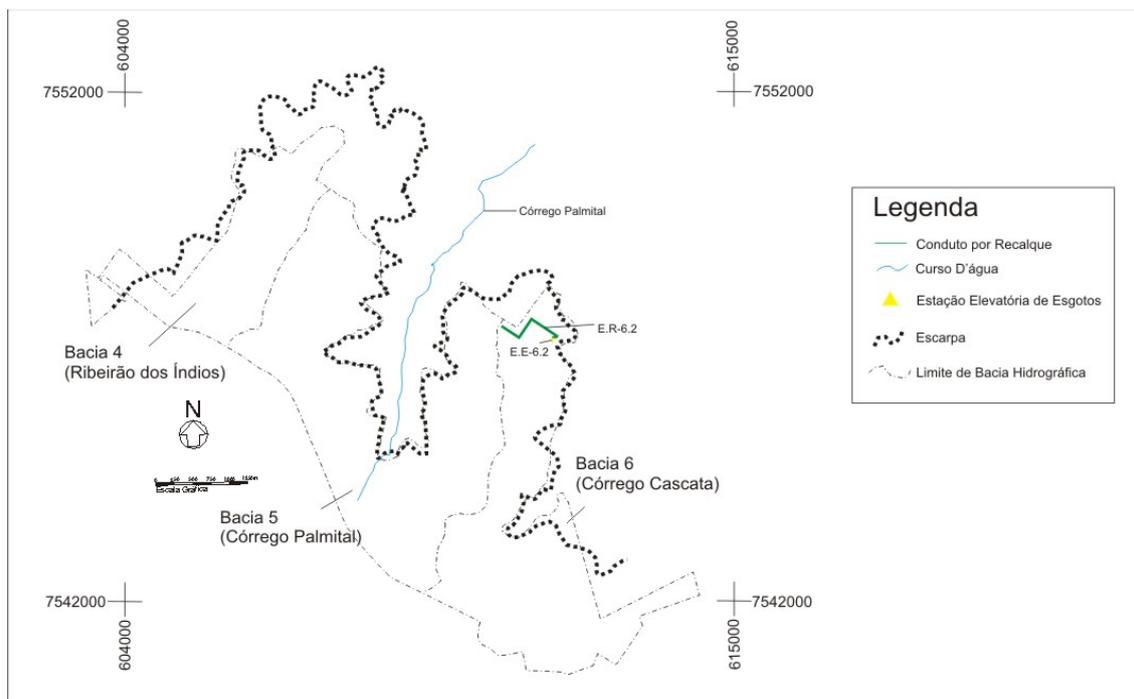
Sobre seu diâmetro não há como arriscar sua dimensão por não ter em mãos o dado acerca da vazão de transporte.



**Figura 93:** Perfil topográfico do emissário por recalque 6.1.

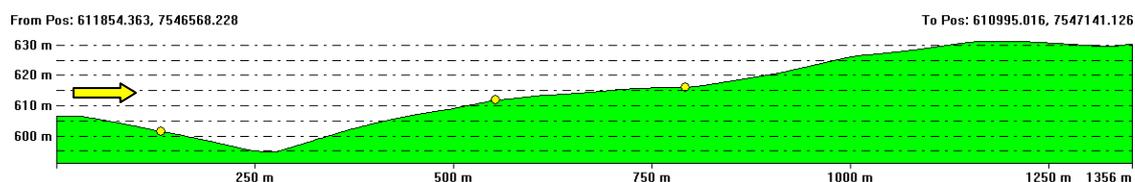
### 3.1.6. Estação Elevatória 6.2

A estação elevatória 6.2 e respectivo emissário (Figura 94) terão uma linha de recalque de 1.356 metros, com diâmetro de 150 mm e feito de ferro dúctil. Sua altura manométrica será de 48 metros, transportando uma vazão de recalque de 15 l/s com potência de bomba de 30 CV.



**Figura 94:** Localização da estação elevatória 6.2 e respectivo emissário por recalque. Organizado por Santos, 2009.

Ao se analisar o perfil topográfico (Figura 95), tem-se como ponto de partida a cota 606 metros, passando pelo de mínima elevação em 594 metros e no de máxima em 631 metros, até seu fim na altitude 630 metros. A diferença altimétrica considerada entre seu início e seu fim para o cálculo da altura manométrica é de 24 metros.



**Figura 95:** Perfil topográfico do emissário por recalque 6.2.

Ao se observar o Quadro 8 com as principais características das estações elevatórias do subsistema Palmital, para comparação dos fatores, analisa-se os casos das E.E. 4.1 e 4.2 por possuírem alturas manométricas semelhantes.

No caso específico dessas duas estações percebe-se que o fator diferença altimétrica não influi com tanto significado no cálculo da altura

manométrica. O que torna o valor da estação 4.1 maior que o da 4.2, apesar da primeira apresentar uma diferença altimétrica de apenas 7 metros, e a segunda 35,3 metros, é o fato do ponto de chegada do recalque não ser o de máxima elevação (ver novamente Figuras 87 e 89).

Comparando-se, agora, os casos das E.E. 4.2 e 5.1 no que se refere a potência das bombas, verifica-se que não é a vazão que influi tanto nos seus cálculos. Apesar da estação 5.1 apresentar maior vazão, sua potência de bomba é menor, pois a extensão da sua linha de recalque é metade da estação 4.2, necessitando de menor potência para vencer essa distância, embora tenha maior vazão.

Os materiais de que são feitos os emissários, assim como no subsistema Barbosa, são todos de ferro dúctil, material resistente capaz de suportar as pressões adquiridas pelos líquidos no processo de recalque.

Analisando os diâmetros dos emissários das E.E. 4.3 e 5.1 nota-se que são os mesmos valores, embora a linha de recalque da primeira seja aproximadamente cinco vezes maior e a vazão duas. A explicação desse fato está em se manter o diâmetro de 350mm para que o efluente atinja uma velocidade suficiente que alcance seu despejo, justamente em razão da grande extensão da linha de recalque e da vazão de transporte.

Observando os casos comparados, percebe-se que, assim como no Barbosa, não há como estabelecer regras de proporcionalidade entre os fatores para que haja parâmetros a ser seguidos nos cálculos. Os estudos e os valores devem ser estabelecidos conforme as especificidades de cada caso. O que baseia essa afirmação é o fato de cada estação elevatória e respectivo emissário se localizarem em morfologias de relevo com características específicas.

Nos próximos tópicos serão analisados os emissários que descem as escarpas, seja escoando por gravidade livre ou forçada.

	E.E. 4.1	E.E. 4.2	E.E. 4.3	E.E. 5.1	E.E. 6.1	E.E. 6.2
<b>Altura Manométrica (m)</b>	29,1	26,35	79	15,7	-	48
<b>Linha de Recalque (m)</b>	473	633	1.539	300	1.312	1.356
<b>Diâmetro dos Tubos (mm)</b>	150	200	350	350	-	150
<b>Potência das bombas (CV)</b>	18,5	28,25	180	26,6	-	30
<b>Vazão de Recalque (l/s)</b>	23,2	50	117	68	-	15
<b>Diferença Altimétrica (m)</b>	7,4	35,3	36,6	-	41,2	23,9

**Quadro 8:** Características dos conjuntos elevatórios do Subsistema Palmital.

**Fonte:** Exceto o dado Diferença Altimétrica, os outros são da INFRA Engenharia e Consultoria Ltda.

### 3.2. Emissários por Gravidade Livre e Forçada

Nesse tópico são analisadas as características dos emissários, num primeiro momento analisando-o como todo (seus trechos em gravidade livre e forçada) e, posteriormente, os trechos em gravidade forçada.

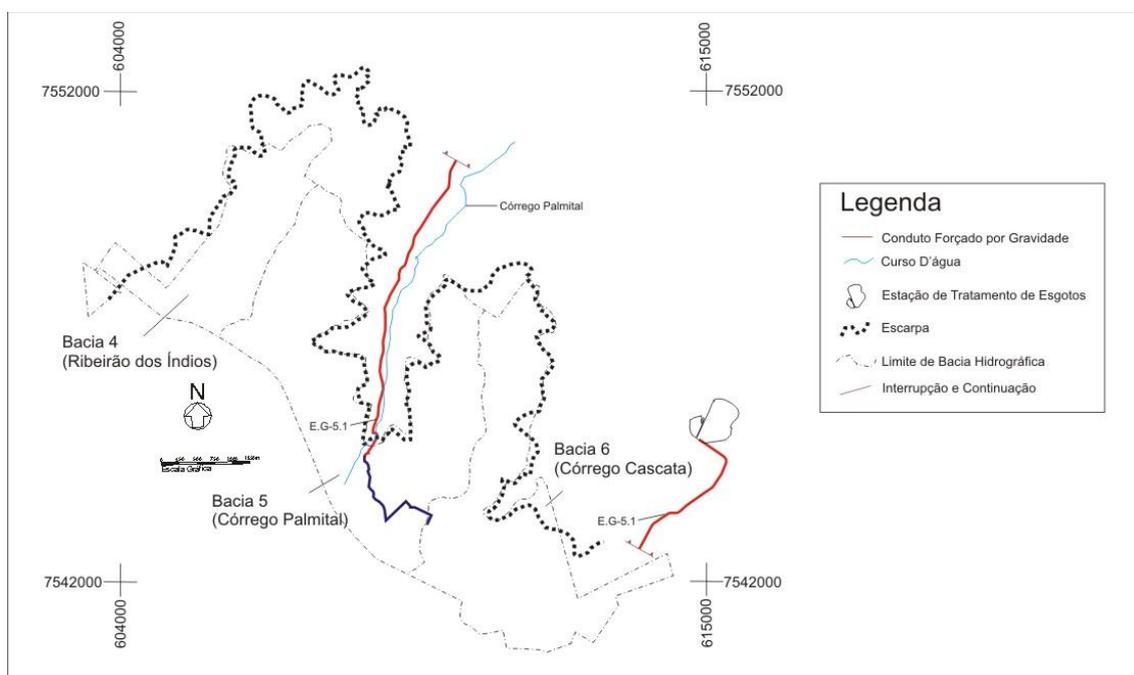
#### 3.2.1. Emissário 5.1

O emissário 5.1 (Figura 96) é o principal conduto dentro do subsistema Palmital. É ele quem recebe os esgotos dos demais emissários e os transportam até a estação de tratamento.

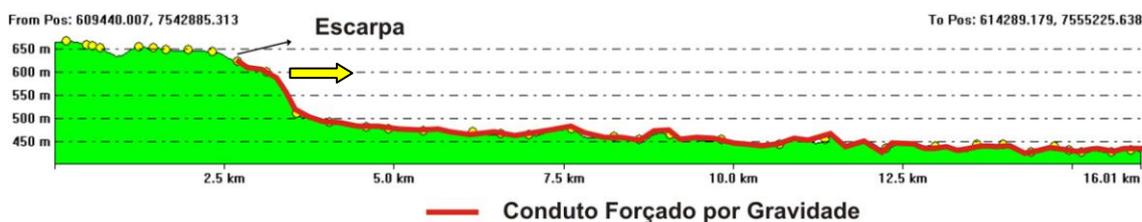
Possui um trecho em gravidade livre, iniciado na cota altimétrica de 665 metros (próximo ao divisor de águas), e finaliza na ETE em gravidade forçada na cota 428 metros, o que representa uma diferença altimétrica de 237 metros (Figura 97).

Sua extensão total é de 16,01 km, sendo que 13,95 km é de conduto por gravidade forçada. Ele inicia a descida da escarpa em 621 metros de altitude por uma rampa de colúvio de perfil convexizado pouco desenvolvida.

Ele é dividido em cinco partes: 1ª parte: 975 metros com 400 mm, feito de PVC e escoa por gravidade livre; 2ª parte: 456 metros com 300 mm, feito de PVC e escoa por gravidade livre; 3ª parte: 3485 metros com 300 mm, feito de ferro dúctil e escoa por gravidade forçada; 4ª parte: 2895 metros com 500 mm, feito de ferro dúctil e escoa por gravidade forçada; 5ª parte: 8192 metros com 600 mm, feito de ferro dúctil e escoa por gravidade forçada.



**Figura 96:** Localização do emissário 5.1. Organizado por Santos, 2009.

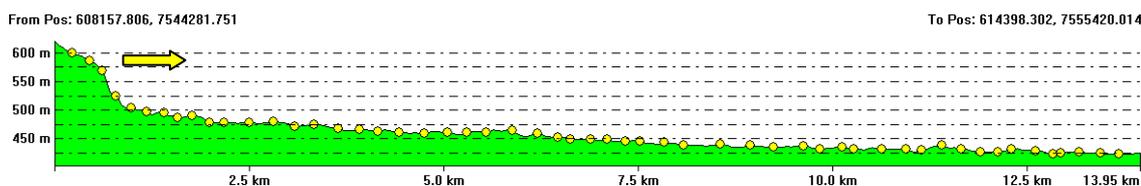


**Figura 97:** Perfil topográfico do emissário 5.1.

Seu trecho em gravidade forçada parte da cota 621 e alcança a estação de tratamento na cota 428 metros, representando uma diferença altimétrica de 193 metros (Figura 98).

As três últimas partes em que o emissário é dividido correspondem ao trecho forçado. Verifica-se um aumento nos diâmetros dos condutos devido às contribuições recebidas de outros emissários, aliada a velocidade atingida na descida da escarpa pelo conduto de 300 mm.

Ao longo de sua extensão passa por alguns desníveis topográficos, que representam pequenas colinas e fundos de vale secos.



**Figura 98:** Perfil topográfico do trecho forçado por gravidade do emissário 5.1.

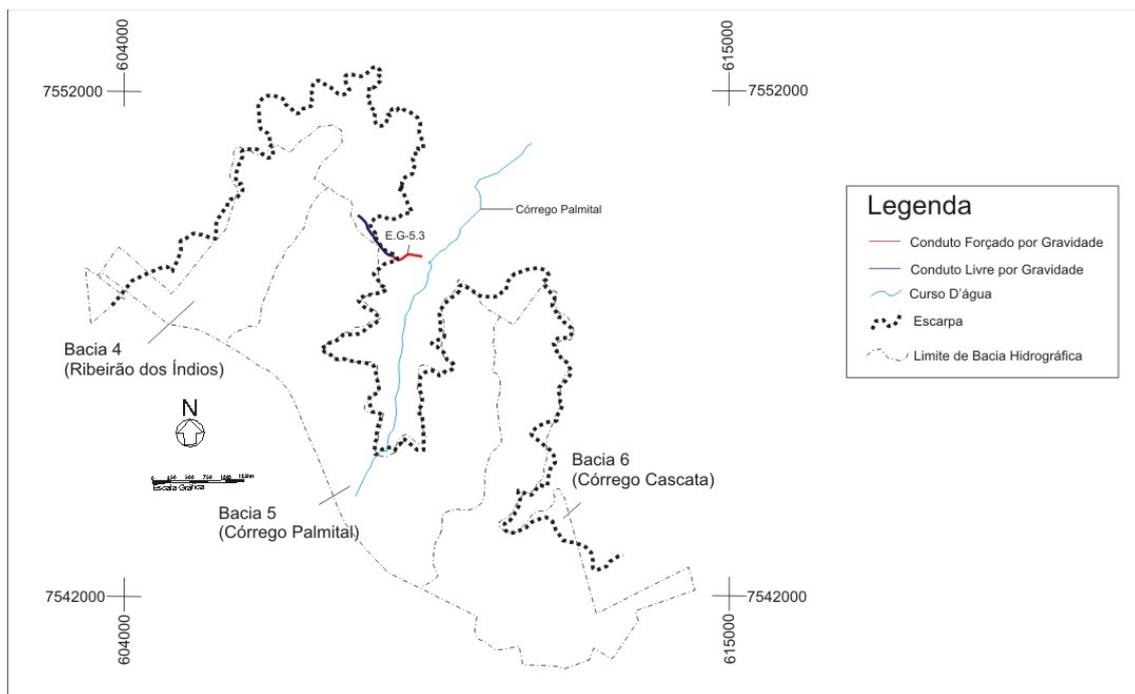
### 3.2.2. Emissário 5.3

O emissário 5.3 (Figura 99) escoa em seu maior trecho em gravidade livre. Possui uma extensão total de 2,06 km. Inicia seu trajeto na cota 598 metros, a descida da escarpa em 561 metros e despeja seus esgotos no emissário 5.1 na cota 456. De seu início até seu fim tem uma diferença altimétrica de 142 metros (Figura 100).

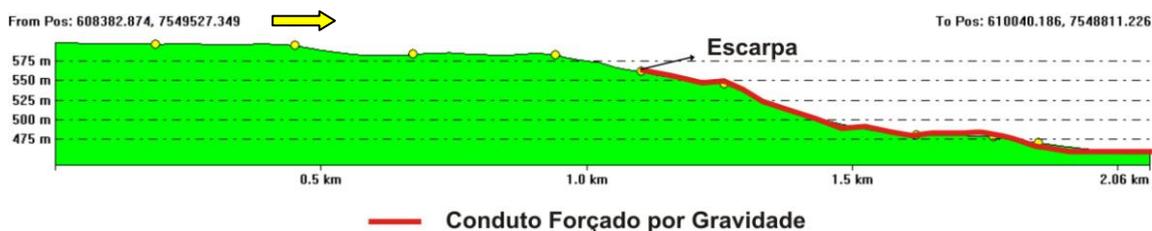
Para esse emissário não foram encontrados os dados sobre seus trechos no projeto cedido pela INFRA Engenharia e Consultoria Ltda.

Verifica-se pelo perfil que o trecho em gravidade livre percorre um terreno relativamente plano, o que poderia demandar material menos resistente como o PVC, com diâmetro podendo variar entre 150 e 200 mm dependendo da vazão.

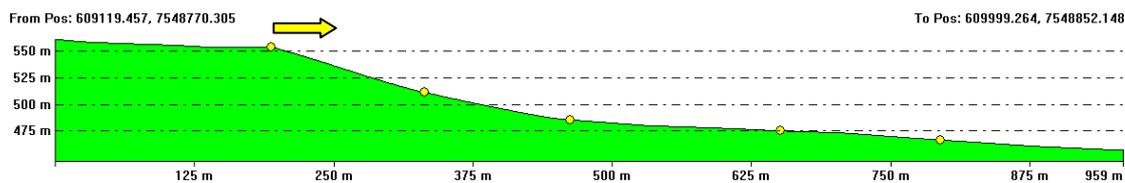
Ao término do trecho em gravidade livre, inicia-se a descida da escarpa por uma rampa de colúvio de perfil tendendo de retilíneo a côncavo, até atingir o emissário 5.1, vencendo uma diferença altimétrica de 105,1 metros (Figura 101). Esse aumento de declividade demanda um material mais resistente, como o ferro dúctil, de diâmetro que possibilite uma velocidade suficiente para que o esgoto alcance seu destino.



**Figura 99:** Localização do emissário 5.3. Organizado por Santos, 2009.



**Figura 100:** Perfil topográfico do emissário 5.3.



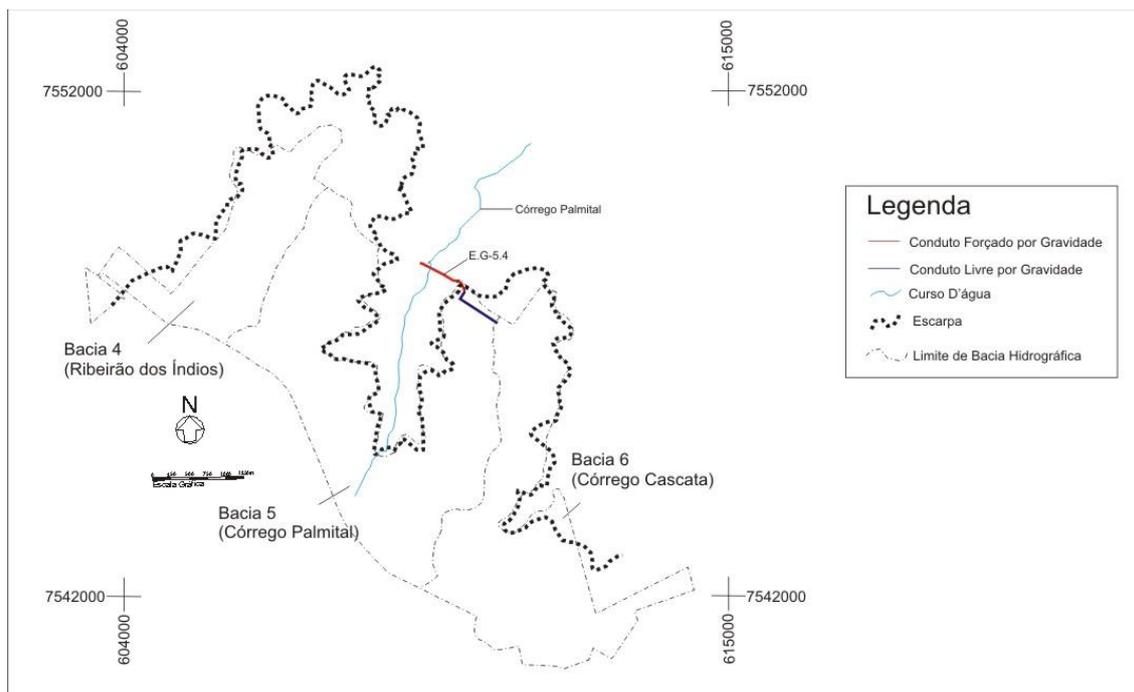
**Figura 101:** Perfil topográfico do trecho por gravidade forçada do emissário 5.3.

### 3.2.3. Emissário 5.4

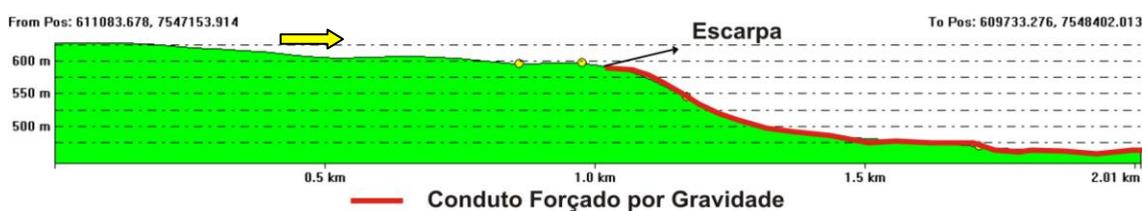
O emissário 5.4 (Figura 102) inicia seu percurso na cota 628 metros, passa pelo ponto de mínima elevação em 459 metros, até despejar seus esgotos no emissário 5.1 na cota 464 metros. Entre seu início e seu fim há diferença altimétrica de 164 metros (Figura 103).

Ele é dividido em três partes: 1ª parte: 772 metros com 200 mm, feito de PVC e escoa por gravidade livre; 2ª parte: 272 metros com 150 mm, feito de ferro dúctil e escoa por gravidade livre; 3ª parte: 957 metros com 100 mm, feito de ferro dúctil e escoa por gravidade forçada.

Nota-se que o segundo trecho, apesar de ser feito de ferro dúctil, escoa em gravidade livre.



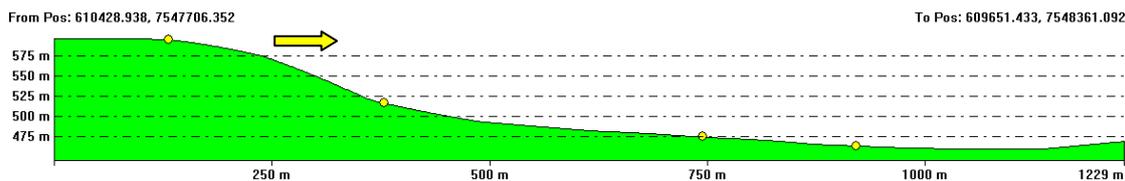
**Figura 102:** Localização do emissário 5.4. Organizado por Santos, 2009.



**Figura 103:** Perfil topográfico do emissário 5.4.

O trecho em gravidade forçada inicia seu trajeto na cota 595 metros (na escarpa) e termina na cota 469 metros, o que representa uma diferença altimétrica de 126 metros (Figura 104).

Verifica-se pelo perfil topográfico uma descida de escarpa por uma rampa de colúvio convexizada e bem desenvolvida.

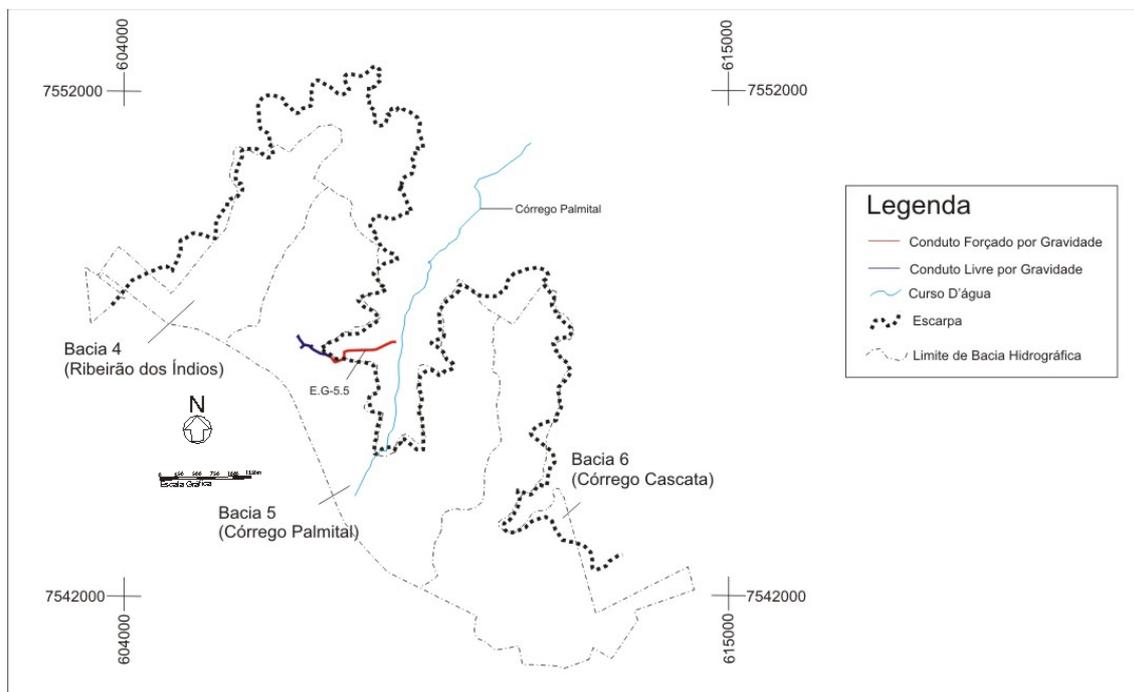


**Figura 104:** Perfil topográfico do trecho por gravidade forçada do emissário 5.4.

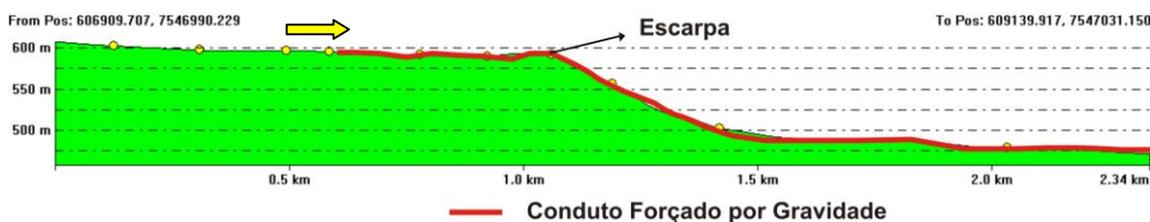
### 3.2.4. Emissário 5.5

O emissário 5.5 (Figura 105) inicia seu percurso na cota 607 metros (ponto de máxima elevação) e termina no emissário 5.1 na cota 470 metros (ponto de mínima elevação). Essa diferença altimétrica é de 137 metros (Figura 106).

O trecho em gravidade forçada é dividido em duas partes: 1ª parte: 1267 metros com 200 mm e feito de ferro dúctil; 2ª parte: 425 metros com 300 mm e feito de ferro dúctil.



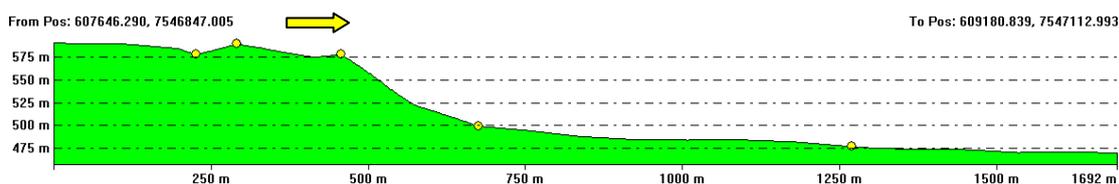
**Figura 105:** localização do emissário 5.5. Organizado por Santos, 2009.



**Figura 106:** Perfil topográfico do emissário 5.5.

O trecho em gravidade forçada começa na cota 591 metros (ponto de máxima elevação) e termina na cota 470 metros (ponto de mínima elevação). A diferença altimétrica entre esses dois pontos é de 121 metros (Figura 107).

Nota-se pelo perfil topográfico uma descida da escarpa por uma rampa de colúvio concavizada.



**Figura 107:** Perfil topográfico do trecho por gravidade forçada do emissário 5.5.

Em todos os emissários analisados percebe-se nitidamente um grande desnível topográfico, representado pela escarpa, e dois trechos relativamente planos nos perfis, um antes e um depois dessa forma de relevo.

Os trechos planos após o término da rampa de colúvio representam áreas próximas, ou a própria planície aluvial do córrego Palmital. Os anteriores escoam aproveitando a declividade natural do terreno.

Quanto aos diâmetros dos condutos, principalmente aqueles que fazem a descida do esgoto pela escarpa, esses são calculados em função da diferença altimétrica e a vazão de transporte, já que o efluente deve descer a uma velocidade suficiente para alcançar seu ponto de chegada.

Diante dessas grandes diferenças altimétricas, a maioria dos trechos que descem as escarpas até chegarem a seus pontos finais, são feitos de ferro dúctil. Necessita-se desse material resistente devido à pressão que o líquido exerce no conduto ao passar por grandes declividades.

No quinto e último capítulo aborda-se as características do sistema de tratamento de esgoto e suas relações com o relevo.

## CAPÍTULO 5

### O RELEVO E O SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

---

#### **1. Morfodinâmica das Paisagens: Condicionantes Geomorfológicos, Geológicos/Hidrogeológicos e Pedológicos para Seleção de Áreas**

Vários fatores são avaliados durante o processo de seleção de áreas para instalação de estações de tratamento de esgoto, no entanto, conforme os objetivos do trabalho dar-se-ão enfoque aos aspectos geomorfológicos, geológicos/hidrogeológicos e pedológicos.

Esses elementos servem de parâmetro nas avaliações de locais para construção tanto de aterros de resíduos sólidos, quanto para estações de tratamento de esgoto, principalmente no sentido de se evitar ao máximo a contaminação de solos e águas superficiais e subterrâneas.

De acordo com Gusmão (2009), o fator relevo influencia a avaliação de áreas de duas maneiras a serem ponderadas: declividade e comprimento de encosta. A relação existente entre esse dois fatores está diretamente ligada a possíveis ocorrências de erosões, em que se tem 12% como grau limite para se considerar um terreno muito propenso à erosão; maiores velocidades de erosão podem ser esperadas em relevos acidentados; e de que a declividade ganha importância quanto maior for o comprimento de rampa. Além desses dois elementos, Tressoldi e Consoni (1998) somam áreas sujeitas a inundações e suscetíveis a escorregamentos e subsidências.

Gusmão (2009) ao citar Zuquete (1987) e McBean *et. al.* (1995) afirma que a faixa de declividade ideal situa-se entre 2 e 5%. Complementa, ainda, que declividades abaixo de 2 a 3% não são indicadas, pois irregularidades existentes na superfície do solo passam a atuar como “sifões” facilitando a infiltração da água no solo e, também, dificultam o escoamento da água fazendo com que a mesma permaneça estagnada no perfil do solo. Tal acúmulo pode produzir uma mancha ao redor de uma possível fonte poluidora, ao invés de escoar sentido aos pontos mais baixos. Por outro lado, declividades acima de 5% implicam em maior velocidade de escoamento, provocando uma maior erodibilidade do solo.

De modo geral, os locais escolhidos para a instalação e construção das ETEs situam-se em vertentes de colinas amplas de perfil retilíneo/convexo a uma altitude aproximada de 450 metros, de modo que ocuparão áreas próximas aos topos em direção aos fundos de vale. Suas morfologias tendem de plana a suavemente ondulada, com declividades variando de 0 a 5%, conforme o mapa clinográfico do município.

Ao se observar as morfologias dos terrenos podem-se fazer inferências acerca das dinâmicas de escoamento das águas superficiais e subterrâneas. Devido às formas dos perfis apresentados pelas vertentes se localizarem próximos aos topos das colinas, as águas tendem a escoar em forma de lençol e/ou de modo disperso. Além disso, as áreas escolhidas não se localizam em terraços fluviais ou planície de inundação, fato esse que colabora para que sejam evitadas inundações e, conseqüentemente, poluição de águas superficiais próximas.

Sobre os condicionantes geológicos, segundo Tressoldi e Consoni (1998) estão relacionados a: zonas de alto risco sísmico; zonas de falhamentos regionais; zonas cársticas e de subsidência; estratigrafia, tipos litológicos, heterogeneidades e anisotropias (condição de variabilidade de propriedades físicas de um corpo rochoso ou mineral segundo direções diferentes) do maciço rochoso; estruturas geológicas, como planos de acamamento, fraturas, falhas e dobras; características do manto de alteração e dos solos superficiais, como capacidade de troca de cátions, conteúdo de matéria orgânica, composição geoquímica, principalmente a presença de óxidos-hidróxidos, fosfatos e carbonatos, espessura, granulometria e estruturas.

O substrato rochoso das áreas é o arenito da Formação Marília. De acordo com Tressoldi e Consoni (1998), no grupo das rochas sedimentares, os arenitos e conglomerados desprovidos de matriz argilosa e de cimentação, apresentam condutividades hidráulicas elevadas, ou seja, favorecem a migração de contaminantes. Porém, a alta concentração do carbonato de cálcio (agente cimentante da formação Marília), em níveis que superam 60%, é um fator que pode colaborar para a retenção de poluentes por tornar a ligação entre os sedimentos extremamente coesos, portanto, com nível de dureza elevado.

Estando diretamente ligados as características geológicas, há os condicionantes hidrogeológicos. Para sua análise, segundo Gusmão (2009), é necessário dispor dos seguintes dados:

**Ocorrência e tipo de aquífero (livre ou confinado):** sua existência é ponto inicial para se verificar a vulnerabilidade à contaminação por poluentes. Sabemos que os freáticos são mais susceptíveis à contaminação por fontes superficiais, o que não ocorre com os aquíferos confinados que têm as camadas confinantes como barreiras protetoras naturais.

**Litologia do aquífero (arenito, basalto, calcário, cascalho):** Os calcários não são indicados devido à presença de macroporos e grutas de dissolução. Os cascalhos são desaconselhados devido a instabilidade causada pela presença de macroporos, além da facilidade com que o poluente percolaria. As rochas ígneas fraturadas também não são adequadas por favorecerem a percolação do poluente. Os arenitos desprovidos de agente cimentante também não são indicados.

**Áreas de recarga e descarga, profundidade do nível de água (flutuações):** a área de recarga de um aquífero é onde se processa sua alimentação através da infiltração da água das chuvas e dos rios. Geralmente nessas áreas encontra-se o aquífero exposto, ou coberto por material muito permeável. Nessas áreas é completamente desaconselhável a instalação de aterros e lagoas. A área de descarga é onde o aquífero transmite água à superfície, através de fontes (nascentes), ou através de drenagem.

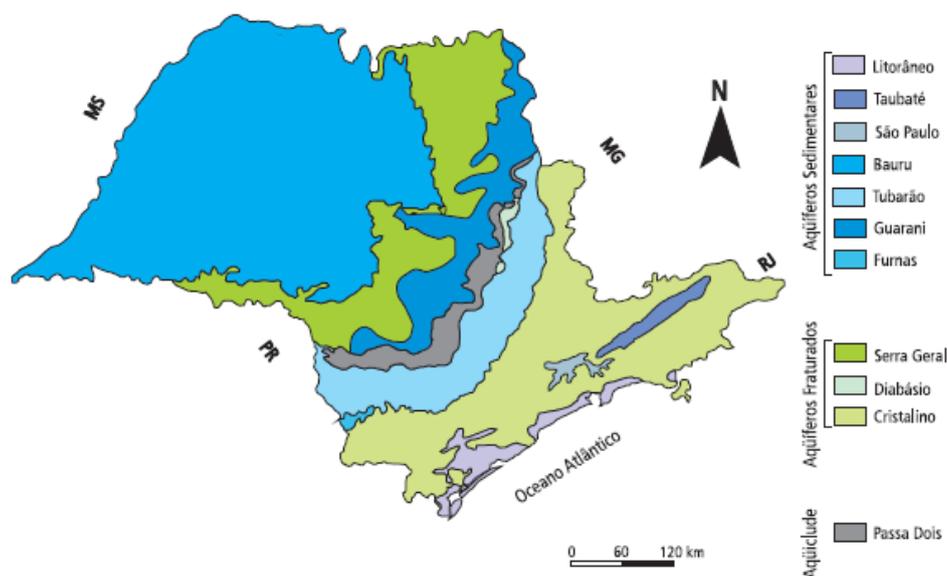
**Profundidade do nível de água (flutuações) e Variação do nível da água:** o conhecimento da profundidade do nível de água é de fundamental importância, porque se trata da distância máxima que o contaminante terá de percorrer até atingir a zona saturada.

Considera-se a profundidade do aquífero freático de grande importância, pois pode representar a distância que o contaminante terá que percorrer até atingir a zona saturada (GUSMÃO, 2009). Segundo o referido autor citando Leite (1995), quando o material inconsolidado presente na área apresenta-se adequado à retenção de contaminantes, é recomendável que o nível da água esteja a 20 m de profundidade. Gusmão (2009) referindo-se a Lee e Jones-Lee (1998) observa que aterros localizados em áreas com o aquífero freático pouco profundo pode desenvolver o chamado gradiente

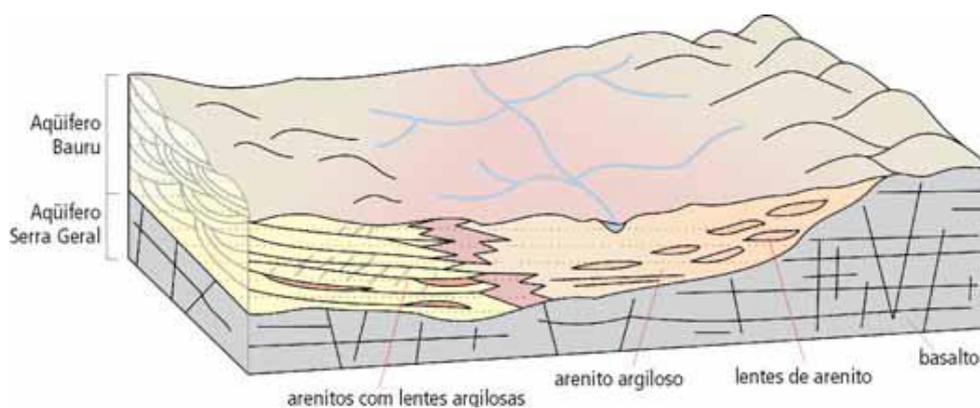
reverso, em que a água subterrânea pode atingir os resíduos sólidos (o mesmo valendo para os esgotos).

Outro problema associado ao nível do aquífero freático é a sua variação. De acordo com CETESB (1993) *apud* Gusmão (2009), grandes variações em seus níveis podem ocasionar a ruptura hidráulica dos solos, ou seja, o solo perde a resistência e a estabilidade devido às pressões de percolação da água.

Nas áreas das estações, assim como em toda cidade há a ocorrência do aquífero Bauru. Trata-se de um aquífero livre, portanto, com área de recarga e aflorante por toda sua extensão e superfície, fato que aumenta o risco de poluição por atividades desenvolvidas sobre essa unidade hidrogeológica (Figuras 108 e 109). Utiliza-se ilustração do estado de São Paulo por não possuir mapa ocorrência de aquíferos em escala local. Tressoldi e Consoni (1998) afirmam que, juntamente com o aquífero Tubarão, o Bauru também favorece o transporte de contaminantes.



**Figura 108:** Principais unidades aquíferas do Estado de São Paulo. **Fonte:** As Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo, 2008.



**Figura 109:** Modelo hidrogeológico conceitual do Aquífero Bauru. **Fonte:** As Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo, 2008.

A respeito dos aspectos pedológicos, Gusmão (2009) apresenta três fatores de elevada importância. O primeiro, ao citar Mota (2003), é o fato de o solo ser usado como base para lançamento dos esgotos e na execução de diques para sua contenção nas lagoas de tratamento. A permeabilidade tem influência na barreira que a impermeabilização do fundo das lagoas exige a fim de evitar a contaminação de águas superficiais e subterrâneas. O segundo se refere ao material localizado abaixo e nas adjacências das lagoas serem adequados à construção da mesma, proporcionando uma fundação adequada. E por fim, o solo condiciona a taxa de percolação e o comportamento (retenção ou mobilidade) dos contaminantes.

O autor referido apresenta dois elementos geotécnicos relativos aos solos: compressibilidade e recalques. O autor afirma ser a compressibilidade a propriedade dos solos em mudar de forma ou volume quando submetidos a forças externas. Nos solos finos essa propriedade é mais elevada do que nos solos grossos, porque a estrutura granular é mais ampla e complexa e os grãos, escamosos ou alongados, sofrem deformações por flexão ou dobramento. Quando eles são submetidos à pressão, as águas têm dificuldade de sair dos poros para fora do solo em razão da baixa permeabilidade. Assim, parte da pressão aplicada é absorvida pela estrutura do solo e parte é suportada pelo líquido. À medida que a drenagem for se desenvolvendo, os vazios irão diminuindo e, conseqüentemente, os recalques se desenvolvendo.

Ainda se referindo a fatores geotécnicos, há o aspecto colapsividade de solos a ser considerado nos estudos de seleção de áreas.

Freire *et. al.* (1999, p. 84) ao citarem Sousa Pinto (1998) apresentam uma definição para solos colapsíveis destacando que

[...] são solos não saturados que apresentam uma rápida e considerável redução de volume quando submetidos a um aumento brusco de umidade, sem que varie a tensão total a que estão submetidos. São vários os fatores que influenciam no comportamento de colapso dos solos devido à inundação: estado de tensão, teor de umidade, peso específico aparente seco, teor de finos, plasticidade, etc. Obviamente os maiores valores dos potenciais de colapso estão associados a menores graus de compactação e maiores desvios do teor de umidade em relação à umidade ótima.

“O acréscimo do teor de umidade juntamente ou não com aumento de tensão, sofrem um rearranjo estrutural seguido de diminuição de volume” (GUIMARÃES NETO E FERREIRA, 1998 *apud* FREIRE *et. al.* 1999, p. 84). Fatores que colaboram para a colapsividade são estruturas instáveis, não saturadas, porosas e com partículas ligadas por pontes de argilas, colóides, óxidos de ferro, etc.

A topografia dos locais favorecem a pedogênese, isto é, colaboram para que os solos sejam bem desenvolvidos, condicionando a formação de latossolos. Em decorrência da baixa declividade, os agentes intempéricos têm oportunidade de agir sem que os sedimentos oriundos do intemperismo sejam carregados, originando, assim, um solo bastante espesso. Por possuir homogênea distribuição das argilas pelo perfil, apresenta boa drenagem interna, o que facilita a dispersão de poluentes que percolam na zona não-saturada, todavia, a presença de argila é um fator que pode contribuir para a retenção dos contaminantes e para a colapsividade do solo.

Sobre os Latossolos, Kertzman e Diniz (1995, p. 24) afirmam serem:

[...] Solos espessos, com perfis de alteração de dezenas de metros, homogêneos, porosos, com aspecto maciço, porém friável quando seco. São solos típicos de áreas planas ou de colinas suaves e dos topos dos morrotes com declividades entre 1 e 10%. Apresentam grande capacidade de infiltração da água superficial, graças ao grande volume de poros e do tamanho desses poros.

Assim, a espessura do perfil de solo aliado a sua porosidade, matém uma relação diretamente proporcional à zona não-saturada, o que

resulta em menor flutuação do nível de água, maiores distâncias a serem percorridas pelos poluentes, o tempo transcorrido e a absorção obtida até ele atingir águas subterrâneas (aquífero confinado ou aquífero freático), o que possibilita a retenção dos contaminantes próximo a fonte de poluição (TRESSOLDI e CONSONI, 1998).

Contudo, em decorrência das grandes extensões das áreas, as estações tendem, conforme avançarem em direção aos fundos de vale, a localizarem-se em solos de menor espessura, sobre neossolos litólicos. Nesse tipo de solo, pela pouca espessura do manto de alteração, o custo das fundações aumenta devido a perfuração em rocha ser bem maior em comparação com os latossolos. E no caso de percolação de poluentes, a migração destes tende a ser acelerada por causa do contato com a rocha, pois se muda bruscamente a granulometria, fazendo com que o contaminante não mais flua verticalmente, mas horizontalmente.

A permeabilidade e a grande espessura, que são características dos latossolos, tornam-se, por um lado, aspectos positivos a instalação das estações, por outro, sob o ponto de vista geotécnico, eles podem se tornar um fator negativo. Segundo Kertzman e Diniz (1995) o principal problema advém de seu uso inadequado, quando se provoca a concentração de água em grandes volumes no solo que, se atingida a saturação, os latossolos perdem a estrutura e sofrem colapso, o que provoca abatimentos no terreno.

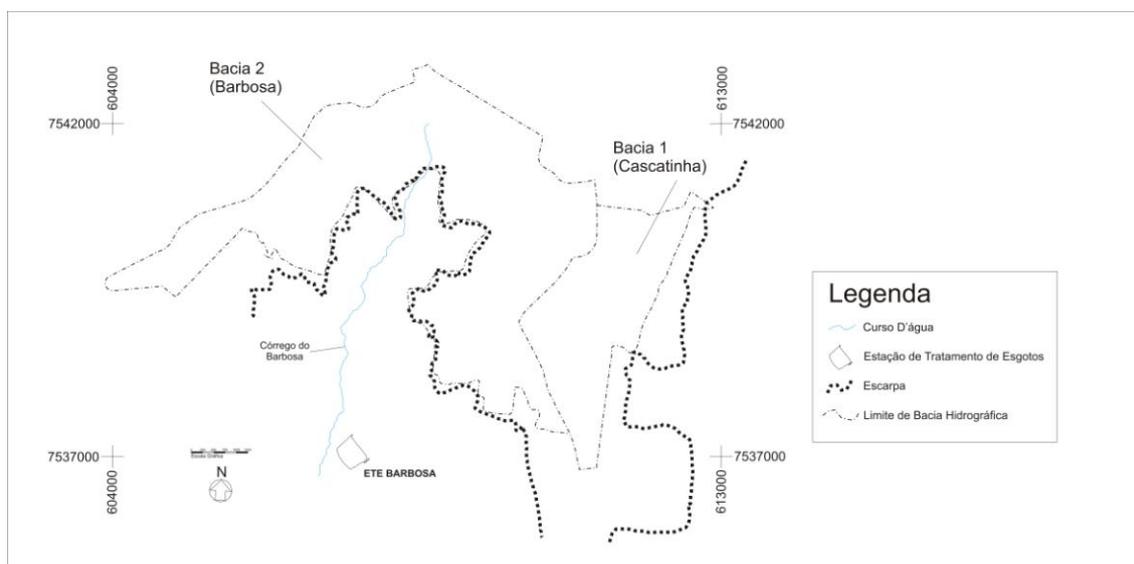
Sobre a colapsividade dos solos das áreas, há alguns aspectos já citados que se leva a acreditar numa possibilidade rara de ocorrência: pela posição no relevo e baixa declividade não está sujeita a inundações oriundas de águas superficiais; pela permeabilidade e porosidade, em combinação com sua espessura e declividade das áreas, o escoamento de subsuperfície (variações e flutuações do nível do aquífero freático) tende a ser disperso, portanto sem concentrações, embora, apresente uma zona não saturada relativamente grande; apesar de apresentar distribuição homogênea de argila ao longo do perfil, suas concentrações, de modo geral, não ultrapassam 30%.

Outro aspecto relevante é a possibilidade quase nula de ocorrência de erosões e movimentos de massa, devido ao comprimento de rampa ser pouco extenso, a declividade não favorecer ganhos de velocidade no escoamento e o solo ser profundo e não estar em contato com a rocha.

Feitas as caracterizações das morfodinâmicas das paisagens e seus condicionantes, os próximos tópicos tratam especificamente das características de cada estação.

## 2. Estação de Tratamento de Esgotos Barbosa

A estação de tratamento do subsistema Barbosa será implantada num sítio marginal distante cerca de 5 km do perímetro urbano e com área de 42 ha (Figura 110).



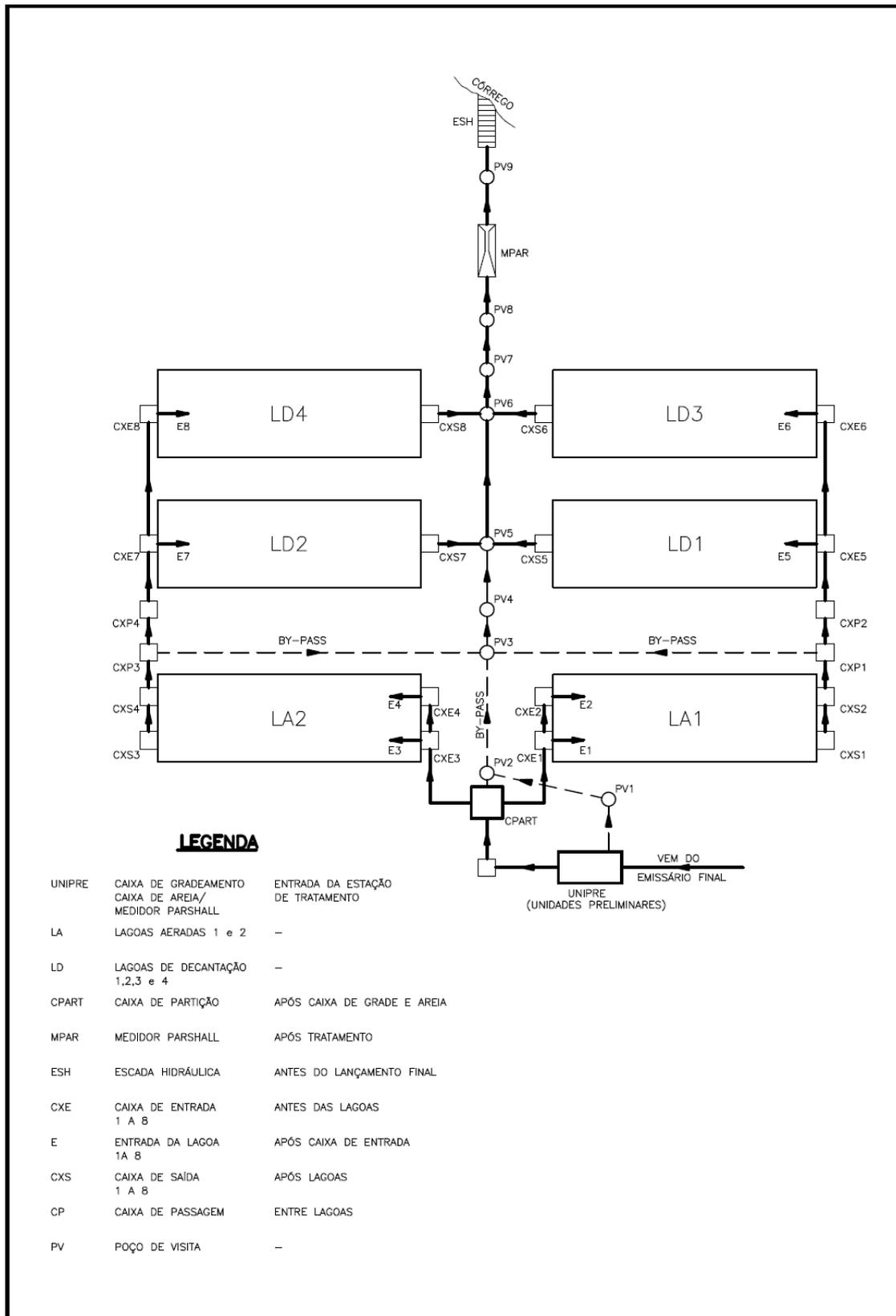
**Figura 110:** Localização da estação de tratamento Barbosa.

Conforme projeto da INFRA Engenharia e Consultoria Ltda., foram previstas 2 lagoas anaeróbias (em paralelo), seguidas de 1 lagoa facultativa e 1 lagoa de maturação em série. Entretanto, considerando o parecer da CETESB, através da Licença de Instalação nº 11001621, emitida em 25/10/2005, quando se aventou a possibilidade de interferência com o tratamento das águas captadas no Rio do Peixe para abastecimento público da cidade de Marília (função da presença de algas no efluente final), optou-se por alterar a concepção do sistema, com implantação de lagoas aeradas aeróbias seguidas de lagoas de decantação.

De acordo com essa nova concepção, previu-se a implantação, em etapa única e para atendimento até o final do plano, 2 lagoas aeradas aeróbias (em paralelo), seguidas de 4 lagoas de decantação (em paralelo).

Têm-se, assim, em vista das necessidades de tratamento dos esgotos afluentes à ETE, do seu porte, do terreno disponível e das facilidades operacionais e do custo de implantação, as seguintes unidades (Figura 111):

- Gradeamento através de grade fina com abertura de 12 mm, de limpeza mecanizada, com uma grade média de limpeza manual de reserva;
- Desarenação através de caixas de areia do tipo tanque quadrado, com remoção mecanizada da areia;
- Tratamento biológico aeróbio, através de lagoas aeradas com nitrificação, seguidas de lagoas de decantação;
- Pós-aeração em escadas de aeração;
- Desaguamento do lodo removido das lagoas de decantação através de leitos de secagem modificados ou decanter centrífugo, com previsão de implantação cerca de 5 anos após o início de operação da ETE.



**Figura 111:** Perfil esquemático, sem escala, da estação de tratamento Barboza. **Fonte:** TCRE Engenharia Ltda.

## **2.1. Dimensão das Unidades do Sistema**

Inserir-se esse tópico para cada caso com o intuito de, através das medidas das unidades, demonstrar as extensões das áreas que as estações ocuparão (larguras e comprimentos) e idéia do tamanho das fundações por meio de suas profundidades.

Ele é todo baseado em informações contida nos textos da INFRA Engenharia e Consultoria Ltda.

### **Gradeamento**

A finalidade do gradeamento é a retenção de sólidos e fibras que poderiam danificar outros equipamentos pertencentes ao sistema.

O canal de gradeamento possui largura de 1,10m com profundidade de 1,30m.

### **Caixas de Areia**

Após o gradeamento e medição de vazão, o esgoto passará por um sistema de desarenação constituído de 2 caixas de areia do tipo caixa quadrada, mecanizadas, para uso concomitante, com dimensões de 4,88m x 4,88m. Esse sistema possui raspador, transportador e lavador de areia.

O sistema foi dimensionado para remover pelo menos 95%, em massa, das partículas com diâmetro igual ou superior a 0,2mm, com densidade  $2,65 \text{ g/cm}^3$ .

O dimensionamento das caixas de areia foi efetuado para que se obtivesse taxa de escoamento superficial compreendida entre 600 e 1300  $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$ .

### **Caixa de Partição de Vazões**

O efluente das caixas de areia será encaminhado a uma caixa de partição de vazões (2,40 x 4,00 x 2,60-profundidade), equipada com 2 vertedores de parede fina com largura total de 1,80m, em dois segmentos de 0,90m cada.

### **Lagoas Aeradas Aeróbias**

O esgoto já submetido ao tratamento preliminar será encaminhado, igualmente dividido, a duas lagoas aeradas, implantadas em uma única etapa, com funcionamento em paralelo.

O esgoto entrará em cada lagoa através de duas tubulações submersas com diâmetro de 600mm e feito em ferro dúctil.

Os vertedores de saída serão equipados com pranchões de 1,80m de largura (2 segmentos de 0,90 m cada) por 0,10m de altura, que permitirão a variação do nível d'água de 10 em 10cm, dotando o sistema de grande flexibilidade operacional.

O nível nas lagoas deverá variar entre 4,50m (máximo) e 4,00m (mínimo). Cada lagoa aerada aeróbia possui volume útil de  $48.451\text{m}^3$ , com as seguintes dimensões: **coroamento** – 95,50m (largura) x 145,00m (comprimento); **linha d'água** - na profundidade de máxima (4,50m) – 93,00m (largura) x 142,50 (comprimento); **base** – 70,50m (largura) x 120,00m (comprimento); **borda livre** – 0,50m (para a profundidade máxima de operação).

### **Lagoas de Decantação**

O esgoto aerado nas lagoas será conduzido, através de tubulações submersas de 500mm de diâmetro feito em ferro dúctil, a 4 lagoas de decantação que funcionarão em paralelo.

As lagoas deverão ter proteção no fundo e nos taludes internos. O volume útil de cada lagoa é de  $9.078\text{m}^3$ , com as seguintes dimensões: **coroamento** – 30,00m (largura) x 145,00m (comprimento); **linha d'água** - na profundidade máxima (4,50m) – 27,50m (largura) x 142,50m (comprimento); **base** - 5,00m (largura) x 120,00m (comprimento); **borda livre** – 0,50m (para a profundidade máxima).

## 2.2. O Local de Instalação e Arredores



### Legenda

 Área aproximada de localização da ETE

 Emissário

 Escarpas

 Rampas de Colúvio

**Figura 112:** Imagem de localização da área e arredores da estação de tratamento Barbosa. **Fonte:** Google Earth 4.3.





**Figura 113:** Fotos da área escolhida para instalação da estação de tratamento Barbosa.

Observa-se na imagem a ocorrência de processos erosivos próximos ao local da ETE. Para a implantação da estação, torna-se necessário a contenção dessas erosões, que tendem a evoluir em direção as áreas da construção. O risco em atingi-las é a possibilidade de causar instabilidade do solo e se tornar caminho favorável ao escoamento de poluentes.

Há ainda a proximidade com o curso d'água e sua planície aluvial. Os sedimentos nesses locais tendem a ser arenoso, o que facilita a percolação do poluente. Além disso, a espessura do solo nessas áreas é pequena, o que exige fundações em rocha, podendo haver contato com as variações do nível do aquífero freático.

### **2.3. O Projeto de Geotecnia**

Assim como o tópico anterior, esse também se baseia nos textos da empresa responsável pela elaboração dos projetos, INFRA Engenharia e Consultoria Ltda. Ele é inserido com o objetivo de mostrar alguns aspectos geotécnicos que foram analisados, bem como os pareceres técnicos obtidos.

Para a elaboração do projeto de geotecnia foram necessárias as execuções de sondagens à percussão e de ensaios geotécnicos de caracterização e de compactação dos solos.

Os ensaios geotécnicos de caracterização e de compactação dos solos foram realizados em outubro de 2006 e em fevereiro de 2007.

Os ensaios realizados em outubro de 2006 são de compactação, granulometria, limite de liquidez e limite de plasticidade, a partir de amostra de solo retirada no local.

A empresa INFRA Engenharia e Consultoria também contratou um laboratório para dar suporte ao projeto elaborado em 1994, quando foram realizados ensaios de granulometria, de compactação e de limites de liquidez e plasticidade.

Em fevereiro de 2007 foram executados novos ensaios com amostras retiradas a profundidades entre 0,80m e 1,50m dentro da camada coluvionar do subsolo.

### **2.3.1. O Parecer Geotécnico**

O parecer é referente às condições geotécnicas do terreno no local da futura construção da ETE Barbosa – Subsistema Barbosa. Ele é baseado nos documentos de levantamentos topográficos da área, bem como em relatório de investigações geológicas e geotécnicas realizadas.

O objetivo do parecer é avaliar as condições técnicas do local referentes à geomorfologia e geotecnia, com vistas na definição das bases para a elaboração do projeto das obras de terra, incluindo os cortes, aterros e fundações.

Segundo o parecer, o local ocupa, principalmente, uma área de terrenos elevados, sendo que as saias do aterro ocuparão parcialmente as encostas em direção ao fundo dos vales. Os terrenos superficiais, na parte topograficamente mais elevada, são constituídos de sedimentos arenosos do Arenito da Formação Marília, sendo recobertos por camadas de sedimentos coluvionares.

As camadas dos sedimentos coluvionares compreendem solos arenosos de baixa resistência ao cisalhamento, alta compressibilidade, alta permeabilidade e podem apresentar comportamento colapsível quando saturados pela água.

Esse fato descrito pelo responsável técnico do parecer comprova se tratar de um solo espesso, poroso e com zona não-saturada relativamente

grande, portanto, característico das áreas mais planas e elevadas do local de instalação da ETE.

Os solos escavados destes depósitos apresentam bom comportamento quando compactados, adquirindo propriedades de alta resistência ao cisalhamento e média a baixa permeabilidade.

Nas áreas de baixada dos córregos ocorrem depósitos aluvionares arenosos, com terrenos de baixa resistência, compressíveis, sendo o nível de água elevado. Nessas condições esses terrenos não apresentam condições satisfatórias para fundações dos aterros.

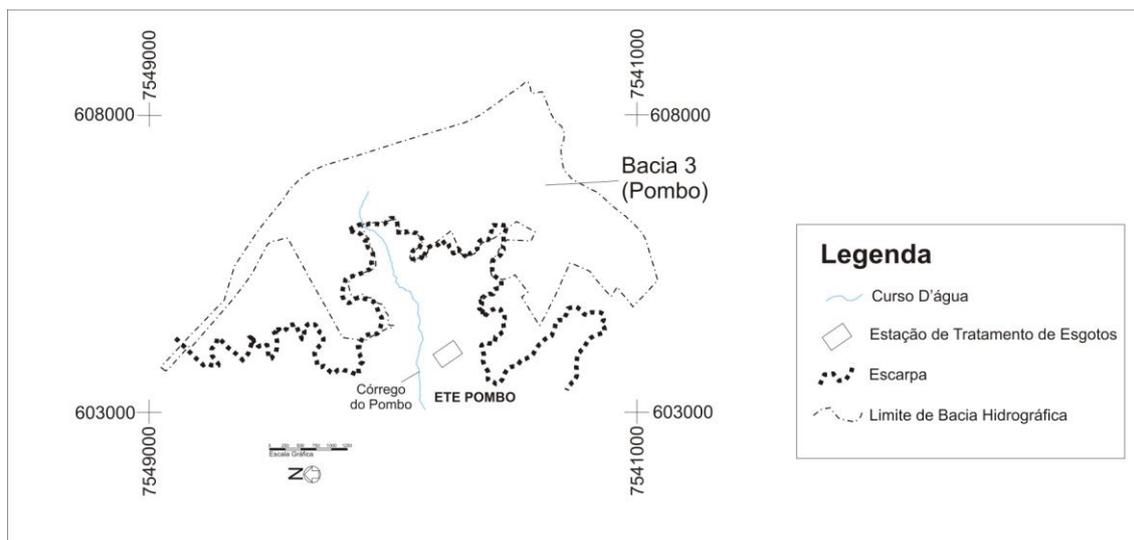
Os desenhos de seções geotécnicas realizadas com base nos levantamentos topográficos e interpretadas com base nas sondagens mostram que parte dos cortes e aterros ficarão em áreas de terreno coluvionar e partes em solos residuais dos arenitos (Neossolos Litólicos).

As áreas das obras de terra construídas sobre o depósito coluvionar estarão sujeitas a problemas de recalques, em razão da compressibilidade desse material e, nesse caso poderão sofrer fissuramentos, através dos quais ocorrerão infiltrações nos terrenos subjacentes, podendo provocar colapsos nas estruturas dos solos e, conseqüentemente riscos de erosões regressivas.

Anexa segue cópia do parecer com as medidas sugeridas para serem adotadas para implantação.

### **3. Estação de Tratamento de Esgotos Pombo**

A estação de tratamento do subsistema Pombo se localizará na margem esquerda do córrego homônimo, próxima à denominada estrada do Pombo, que será o acesso ao sítio escolhido (Figura 114). A distância do início da estrada até a estrada rural secundária que leva ao local da ETE mede aproximadamente 4 km e à direita pela estrada rural mede mais 1 km. O local é uma propriedade rural com área necessária para a construção de 27 ha.



**Figura 114:** Localização da estação de tratamento Pombo.

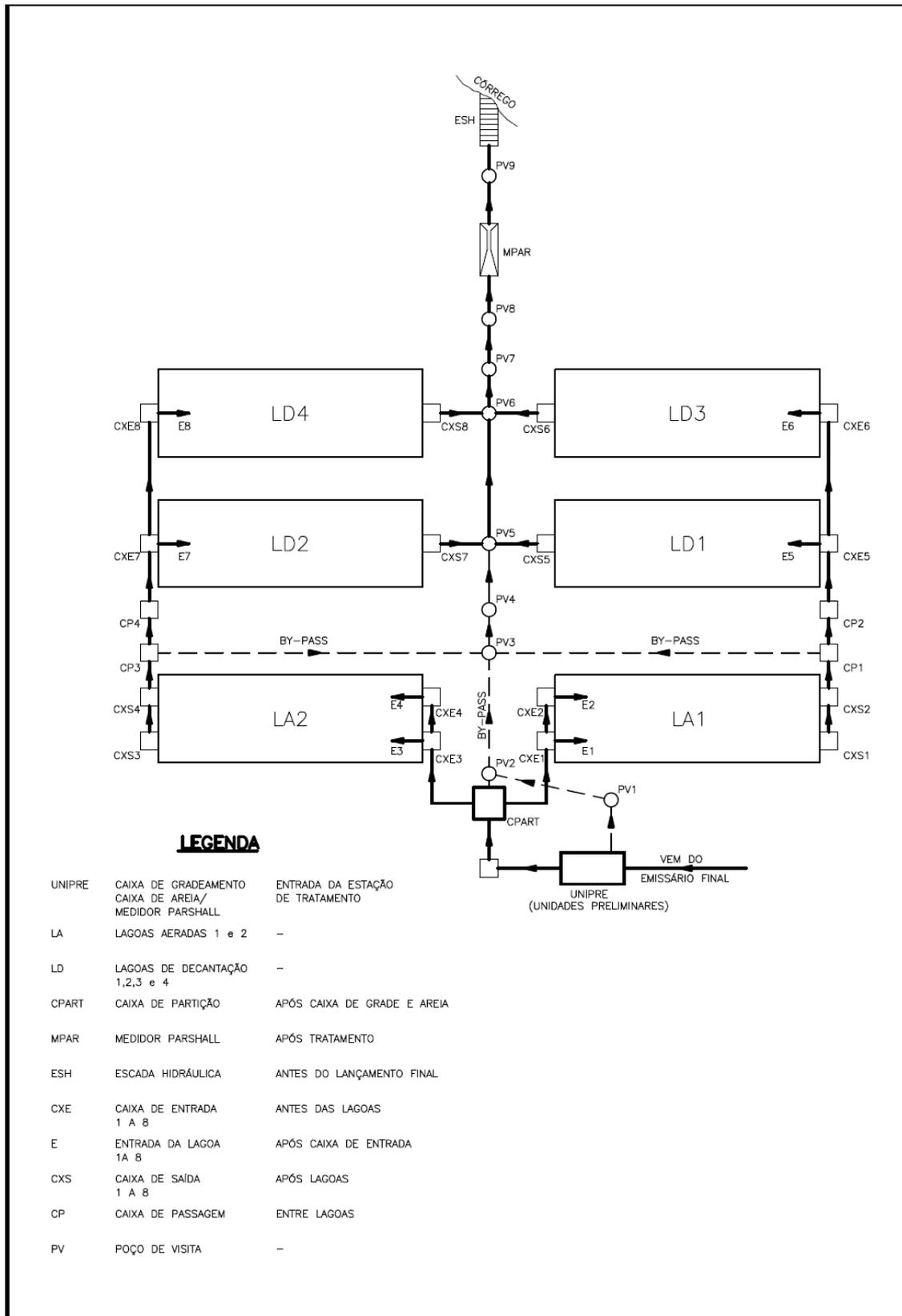
Conforme projeto da INFRA Engenharia e Consultoria Ltda., foram previstas 2 lagoas anaeróbias (em paralelo), seguidas de 4 lagoas facultativas (também em paralelo). Entretanto, considerando o parecer da CETESB, através da Licença de Instalação nº 11001610, emitida em 07/10/2005, quando foram feitas observações e restrições a respeito do sistema adotado, optou-se por alterar a concepção do sistema, com implantação de lagoas aeradas aeróbias seguidas de lagoas de decantação.

Conforme essa nova concepção, previu-se a implantação, em etapa única e para atendimento até o final do plano, 2 lagoas aeradas aeróbias (em paralelo), seguidas de 4 lagoas de decantação (em paralelo).

Assim, em vista das necessidades de tratamento dos esgotos afluentes à ETE Pombo, do seu porte, do terreno disponível e das facilidades operacionais e do custo de implantação, foi escolhido sistema de tratamento dos esgotos através de lagoas aeradas seguidas de lagoas de decantação, com aeração do efluente final em escadas de aeração. O sistema de tratamento de esgotos terá as seguintes unidades (Figura 115):

- Gradeamento através de grade fina com abertura de 12 mm, de limpeza mecanizada, com uma grade média de limpeza manual de reserva;
- Desarenação através de caixa de areia do tipo tanque quadrado, com remoção mecanizada da areia;

- Tratamento biológico aeróbio, através de lagoas aeradas, com nitrificação, seguidas de lagoas de decantação;
- Pós-aeração em escadas de aeração;
- Desaguamento do lodo removido das lagoas de decantação através de leitos de secagem ou decanter centrífugo a ser implantado cerca de 5 anos após o início de operação da ETE.



**Figura 115:** Perfil esquemático, sem escala, da estação de tratamento Pombal.  
**Fonte:** TCRE Engenharia Ltda.

### 3.1. Dimensão das Unidades do Sistema

#### **Gradeamento**

O canal de gradeamento possui largura de 1,10m, com profundidade de 1,30m.

#### **Caixas de Areia**

Após o gradeamento e medição de vazão, o esgoto passará por um sistema de desarenação constituído de 2 caixas de areia do tipo caixa quadrada, mecanizadas, para uso alternado, com dimensões de 4,88m x 4,88m; Esse sistema possui raspador, transportador e lavador de areia.

O dimensionamento das caixas de areia foi efetuado para que se obtivesse taxa de escoamento superficial compreendida entre 600 e 1300 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia.

#### **Caixa de Partição de Vazões**

O efluente das caixas de areia será encaminhado a uma caixa de partição de vazões (2,40 x 4,00 x 2,60-profundidade), equipada com 2 vertedores de parede fina, com largura total de 1,80m em dois segmentos de 0,90m cada.

#### **Lagoas Aeradas Aeróbias**

O esgoto entrará em cada lagoa através de duas tubulações submersas com diâmetro 500 mm e feito em ferro dúctil.

Os vertedores de saída serão equipados com pranchões de 1,80m de largura (2 segmentos de 0,90 m cada) por 0,10m de altura, que permitirão a variação do nível d'água de 10 em 10cm, dotando o sistema de grande flexibilidade operacional.

O nível nas lagoas deverá variar entre 4,50m (máximo) e 4,00m (mínimo).

Cada lagoa aerada aeróbia possui volume útil de 24.953m<sup>3</sup>, com as seguintes dimensões: **coroamento** – 72,50 m (largura) x 107,50 m (comprimento); **linha d'água** - na profundidade de máxima (4,50m) – 70,00 m (largura) x 105,00 m (comprimento); **base** – 47,50 m (largura) x 82,50 m

(comprimento); **borda livre** – 0,50m (para a profundidade máxima de operação).

### **Lagoas de Decantação**

O esgoto aerado nas lagoas será conduzido, através de tubulações submersas de 400 mm de diâmetro e feito em ferro dúctil, a 4 lagoas de decantação, que funcionarão em paralelo.

As lagoas deverão ter proteção no fundo e nos taludes internos. O volume útil de cada lagoa é de 5.084 m<sup>3</sup>, com as seguintes dimensões: **coroamento** – 27,00m (largura) x 107,50m (comprimento); **linha d'água** - na profundidade máxima (4,50m) – 24,50m (largura) x 105,00m (comprimento); **base** - 2,00 m (largura) x 82,50 m (comprimento); **borda livre** – 0,50m (para a profundidade máxima).

### 3.2. O Local de Instalação e Arredores



**Figura 116:** Imagem de localização da área e arredores da estação de tratamento Pombo. **Fonte:** Google Earth 4.3.



**Figura 117:** Fotos da área escolhida para instalação da estação de tratamento Pombo.

### **3.3. O Projeto de Geotecnia**

Para a elaboração do projeto de geotecnia foram necessárias as execuções de sondagens a percussão e de ensaios geotécnicos de caracterização e de compactação dos solos.

Os ensaios geotécnicos de caracterização e de compactação dos solos com três amostras deformadas (amostra deformada é aquela em que há a destruição de estrutura na operação de coleta, embora mantidas as proporções e dimensões de seus constituintes) foram realizados em janeiro de 2008 e, os mesmos ensaios, com uma amostra indeformada, foram realizados em fevereiro de 2008.

Tais ensaios são de compactação, granulometria, limite de liquidez e limite de plasticidade e de permeabilidade, a partir de amostras de solo retiradas no local.

### **3.3.1. O Parecer Geotécnico**

O parecer técnico é referente às condições geotécnicas do terreno no local da futura construção da ETE Pombo – Subsistema Pombo. Ele é baseado nos documentos de levantamentos topográficos da área, bem como em relatórios de investigações geológicas e geotécnicas referente a sondagens à percussão realizadas.

O objetivo do parecer é avaliar as condições técnicas do local referentes à geomorfologia e geotecnia, com vistas na definição das bases para a elaboração do projeto das obras de terra, incluindo os cortes, aterros e fundações.

Segundo o parecer, o local de implantação da futura ETE Pombo compreende área de terrenos elevados, sendo que as saias dos aterros ocuparão parcialmente as encostas em direção ao fundo do vale.

Os resultados das sondagens a percussão mostraram que os terrenos são constituídos de solos residuais arenosos do Arenito da Formação Marília (Neossolos Litólicos), ocasionalmente recobertos por camadas de sedimentos coluvionares de pequena espessura. As camadas dos solos residuais compreendem terrenos arenosos de média à elevada resistência ao cisalhamento, revelando baixa compressibilidade e média permeabilidade. Os solos escavados destes depósitos devem apresentar bom comportamento quando compactados, adquirindo propriedades de alta resistência ao cisalhamento e média à baixa permeabilidade.

As observações feitas pelo responsável técnico pelo parecer apontam ser o solo de pouca espessura, de baixa porosidade (granulometria fina) e zona não-saturada relativamente pequena (fato que diminuem as chances de colapsos do solo).

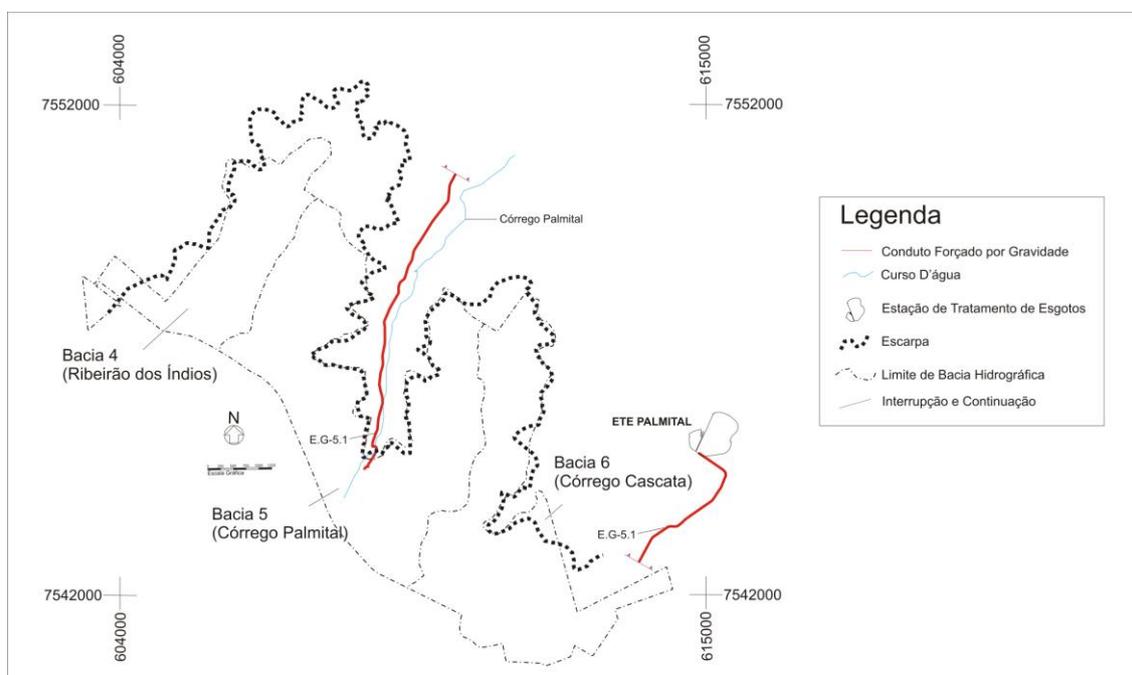
Os desenhos de seções geotécnicas realizadas com base nos levantamentos topográficos e, interpretados com base nas sondagens,

mostram que parte dos cortes e aterros ficarão em áreas de terrenos residuais de arenitos.

Anexa segue cópia do parecer com as medidas sugeridas para serem adotadas para implantação.

#### 4. Estação de Tratamento de Esgotos Palmital

A estação de tratamento de esgoto Palmital se localizará na margem esquerda do Ribeirão Cincinatina, o qual aflui como formador do córrego Palmital, a jusante do distrito de Dirceu (Figura 118). A área escolhida dista cerca de 7 km da cidade e é uma propriedade rural em terreno de pastagens abrangendo 74 ha.



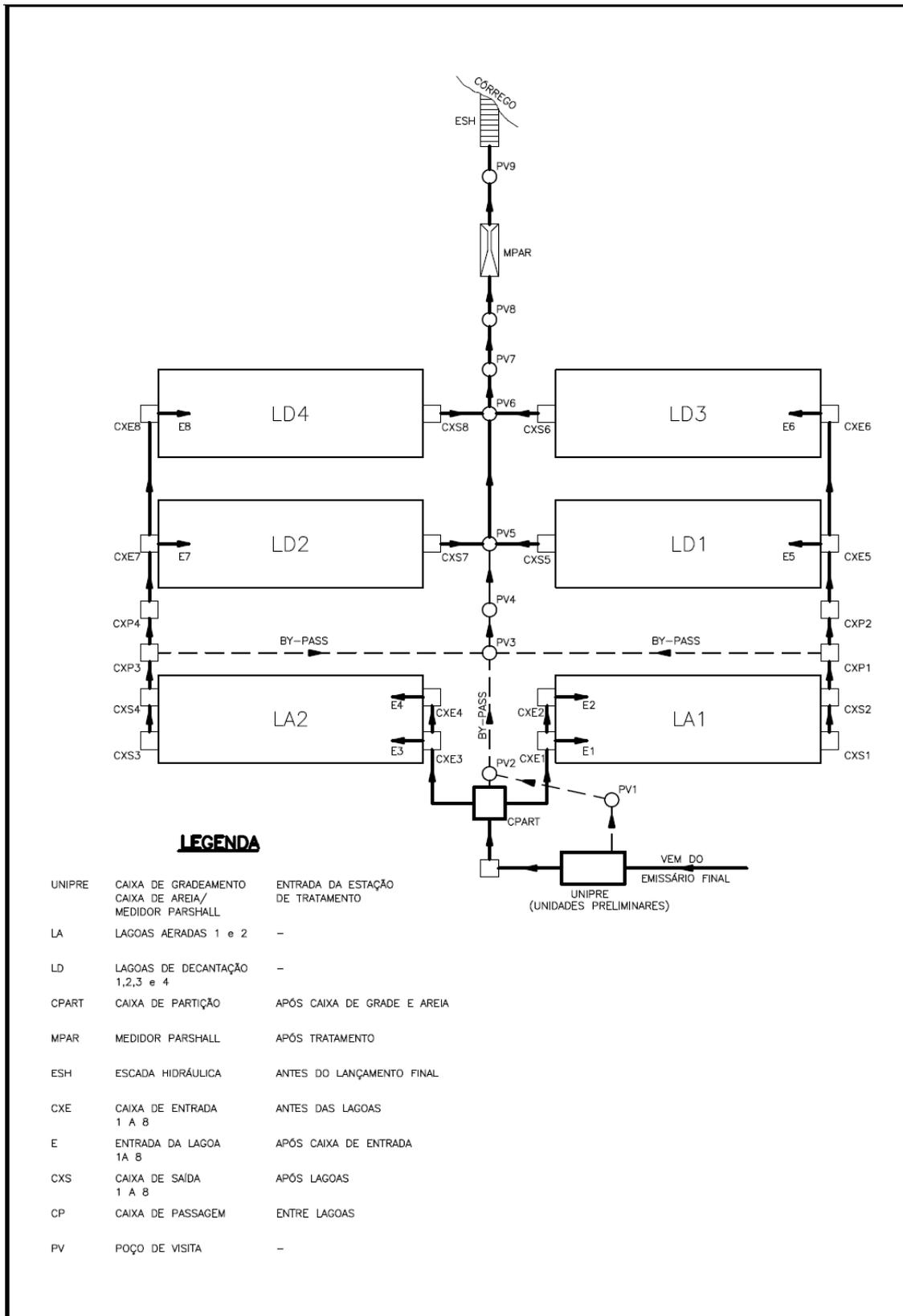
**Figura 118:** Localização da estação e tratamento Palmital.

Conforme projeto da INFRA, foram previstas 2 lagoas anaeróbias (em paralelo), seguidas de 4 lagoas facultativas (também em paralelo). Entretanto, considerando o parecer da CETESB, através da Licença de Instalação nº 11001577 emitida em 14/09/2005, quando foram feitas observações e restrições a respeito do sistema adotado, optou-se por alterar a concepção do sistema, com implantação de lagoas aeradas aeróbias seguidas de lagoas de decantação.

Conforme essa nova concepção, previu-se a implantação, em etapa única e para atendimento até o final do plano, de 2 lagoas aeradas aeróbias (em paralelo), seguidas de 4 lagoas de decantação (em paralelo).

Assim, em vista das necessidades de tratamento dos esgotos afluentes à ETE Palmital de Marília, do seu porte, do terreno disponível e das facilidades operacionais e do custo de implantação, foi escolhido sistema de tratamento dos esgotos através de lagoas aeradas seguidas de lagoas de decantação com aeração do efluente final em escadas de aeração. O sistema de tratamento de esgotos terá as seguintes unidades (Figura 119):

- Gradeamento através de grade fina com abertura de 12 mm, de limpeza mecanizada, com uma grade média de limpeza manual de reserva.
- Desarenação através de caixas de areia do tipo tanque quadrado, com remoção mecanizada da areia.
- Tratamento biológico aeróbio, através de lagoas aeradas, com nitrificação, seguidas de lagoas de decantação.
- Pós-aeração em escadas de aeração.
- Desaguamento do lodo removido das lagoas de decantação através de decanter centrífugo a ser implantado cerca de 5 anos após o início de operação da ETE.



**Figura 119:** Perfil esquemático, sem escala, da estação de tratamento Palmital. **Fonte:** TCRE Engenharia Ltda.

## 4.1. Dimensão das Unidades do Sistema

### Gradeamento

O canal de gradeamento possui largura de 1,10m, com profundidade de 1,30m.

### Caixas de Areia

Após o gradeamento e medição de vazão o esgoto passará por um sistema de desarenação constituído de 2 caixas de areia do tipo caixa quadrada, mecanizadas, para uso em paralelo, com dimensões de 4,88m x 4,88m. Esse sistema possui raspador, transportador e lavador de areia.

O dimensionamento das caixas de areia foi efetuado para que se obtivesse taxa de escoamento superficial compreendida entre 600 e 1300 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia.

### Caixa de Partição de Vazões

O efluente das caixas de areia será encaminhado a uma caixa de partição de vazões (2,40 x 4,00 x 2,60-profundidade), equipada com 2 vertedores de parede fina, com largura total de 1,80m, em dois segmentos de 0,90m cada.

### Lagoas Aeradas Aeróbias

O esgoto entrará em cada lagoa através de duas tubulações submersas com diâmetro de 500mm e feito em ferro dúctil.

Os vertedores de saída serão equipados com pranchões de 1,80m de largura (2 segmentos de 0,90 m cada) por 0,10m de altura, que permitirão a variação do nível d'água de 10 em 10cm, dotando o sistema de grande flexibilidade operacional.

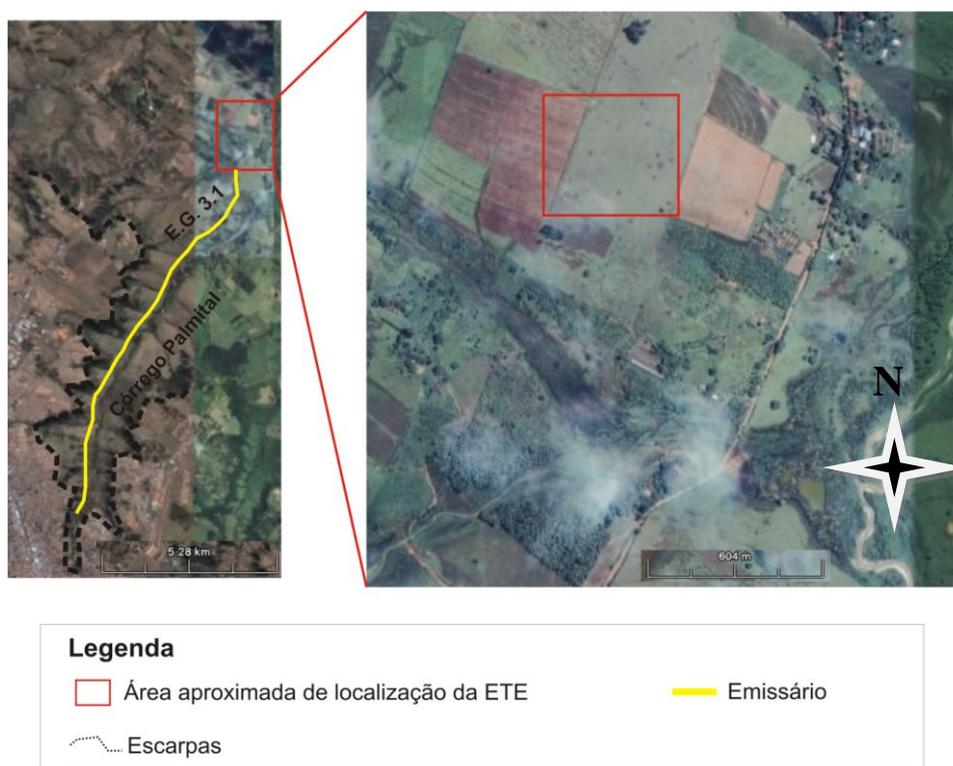
O nível nas lagoas deverá variar entre 4,50m (máximo) e 4,00m (mínimo). Cada lagoa aerada aeróbia possui volume útil de 57.711m<sup>3</sup>, com as seguintes dimensões: **coroamento** – 102,4m (largura) x 158,0m (comprimento); **linha d'água** - na profundidade de máxima (4,50m) – 99,9m x 155,5m (comprimento); **base** – 77,4m (largura) x 133,0m (comprimento); **borda livre** – 0,50m (para a profundidade máxima de operação).

### Lagoas de Decantação

O esgoto aerado nas lagoas será conduzido, através de tubulações submersas de 500mm de diâmetro feito em ferro dúctil, a 4 lagoas de decantação, que funcionarão em paralelo.

As lagoas deverão ter proteção no fundo e nos taludes internos. O volume útil de cada lagoa é de  $11.337\text{m}^3$ , com as seguintes dimensões: - **coroamento** – 32,0m (largura) x 158,0m (comprimento); **linha d'água** - na profundidade máxima (4,50m) – 29,5m (largura) x 155,5m (comprimento); **base** - 7,0m (largura) x 133,0m (comprimento); **borda livre** – 0,50m (para a profundidade máxima).

#### 4.2. O Local de Instalação e Arredores



**Figura 120:** Imagem de localização da área e arredores da estação de tratamento Palmital. **Fonte:** Google Earth 4.3.



**Figura 121:** Fotos da área escolhida para instalação da estação de tratamento Palmital.

A área de instalação da ETE Palmital foi fotografada de longe por não ter conseguido o acesso a área.

Os itens relativos ao Projeto de Geotecnia e Parecer Geotécnico não foram realizados por não terem sido fornecidos até o presente. Entretanto, acredita-se que não se difira muito das outras duas áreas, pela semelhança dos locais do ponto de vista geomorfológico, geológico/hidrogeológico e pedológico.

## Considerações Finais

---

Pretendeu-se nesse trabalho, ao longo de cinco capítulos, demonstrar a estreita e íntima relação existente entre o relevo da cidade de Marília-SP e seu projeto de afastamento e tratamento de esgoto, por meio não só de referências teóricas, mas também com o máximo de evidências práticas (mapas geomorfológico, hipsométrico, clinográfico, perfis topográficos, fotos, figuras, quadros etc).

Utilizaremos esse espaço, com finalidades conclusivas do trabalho, não só para fazermos nossas considerações finais, mas também o usaremos como um último capítulo, confirmando através de dados as influências do relevo, e fazendo apontamentos quanto à escolha das áreas das estações.

Chega-se ao fim dessa dissertação, porém não do debate acerca do tema, acreditando-se ser a geomorfologia, um dos elementos primordiais em todas as etapas de concepção de um sistema de afastamento e tratamento de esgoto. Afirma-se isso não só para o caso estudado, mas, baseado nele, estendo-a a todas outras experiências semelhantes.

O relevo influencia essas grandes obras de Engenharia não apenas nos aspectos físicos que o envolve (geologia, pedologia, hidrogeologia, etc.) no processo de avaliação de áreas, mas também em aspectos políticos (presente nas etapas de decisão entre autoridades e órgãos responsáveis a respeito da viabilidade e os locais dentro do município para a construção), econômicos (no sentido de que, dependendo das áreas escolhidas para construção das estações e lugares por onde passarem tubulações, o custos de implantação, operacionalização e de materiais aumentam significativamente), sociais (em possíveis casos dos locais escolhidos serem próximos ao perímetro urbano, desapropriações de propriedades privadas, riscos de contaminação por doenças advindas da contaminação de águas, etc.) e ambientais (contaminação de solos e águas).

Acredita-se, também, que entender a geomorfologia de uma cidade onde será implantado um sistema de afastamento e tratamento de esgoto vai além de descrições morfométricas e morfológicas detalhadas das

formas de relevo. É necessário tentar compreender suas gêneses de formação e dinâmicas de evolução, no sentido de se buscar os “porquês” e não as simples observações dos fatos. Com isso, implantar técnicas e medidas de construção cada vez mais eficazes e condizentes com a realidade.

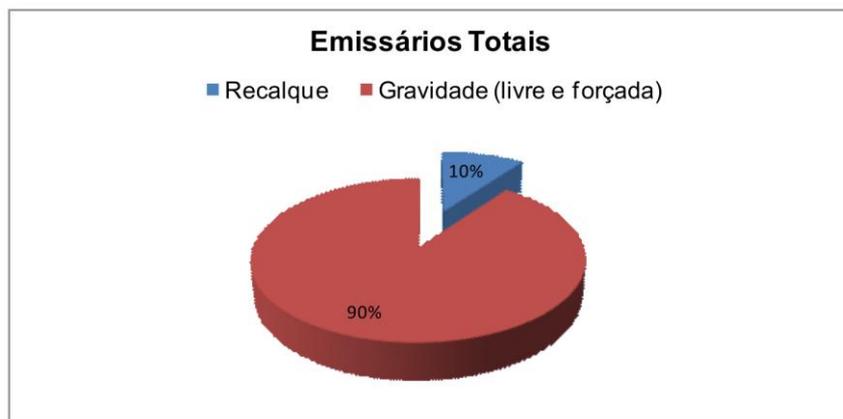
É entender, por exemplo, não só o fato de que a construção dos emissários acompanha as escarpas pelas rampas de colúvio, e que essas rampas são compostas de sedimentos das mais diversas granulometrias, mas também que as mesmas são resultados da deposição de sedimentos erodidos e intemperizados oriundos de áreas mais elevadas.

Por meio da tentativa de se entender a gênese de formação do relevo da cidade, percebeu-se que compreendê-la isoladamente é tarefa quase impossível. Foi necessário buscar possíveis ligações da geomorfologia local com a geomorfologia regional. Desse modo, constatou-se que ela guarda relações com a Bacia Sedimentar do Paraná (morfoestrutura), Planalto Ocidental Paulista (morfoescultura) e Planalto Residual de Marília (morfoescultura) através de aspectos morfogenéticos, morfoclimáticos, tectodinâmicos e litoestratigráficos.

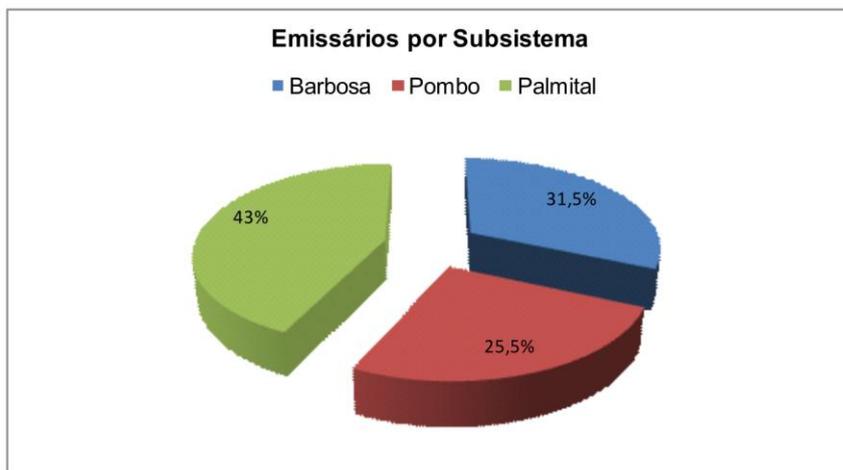
Elaborou-se um conjunto de gráficos com o intuito de mostrar que na construção do Sistema de Afastamento a empresa responsável pela obra mostrou preocupação em se utilizar ao máximo o sentido natural de escoamento do terreno para a locação dos emissários. Sobre a relação do relevo com os emissários, o vínculo, de modo geral, encontra-se quando o primeiro, principalmente pela declividade, condiciona o material de que é feito o conduto e seu tipo de escoamento (gravidade livre ou forçada e por recalque). Ou seja, a tendência, no momento em que há ganhos de declividade é o líquido escoar em gravidade forçada e o material ser feito de ferro dúctil, por outro lado, com baixa declividade, o escoamento é por gravidade livre e o material ser feito de PVC. O último caso são os emissários por recalque. Esses são sempre de ferro dúctil, não importando a declividade que irão vencer.

A Figura 122 ilustra, do universo total de emissários, uma quantidade nove vezes maior de emissários por gravidade (livre e forçada) do que por recalque. A existência de 10% de emissários por recalque decorre da necessidade de transposição esgotos.

A Figura 123 mostra as porcentagens de emissários por subsistema. Verifica-se uma quantidade maior no Palmital devido esse subsistema tratar esgotos produzidos em três bacias.



**Figura 122:** Porcentagem de emissários por gravidade e recalque dentro do Sistema de Afastamento de Esgoto.



**Figura 123:** Porcentagem de emissários por subsistema.

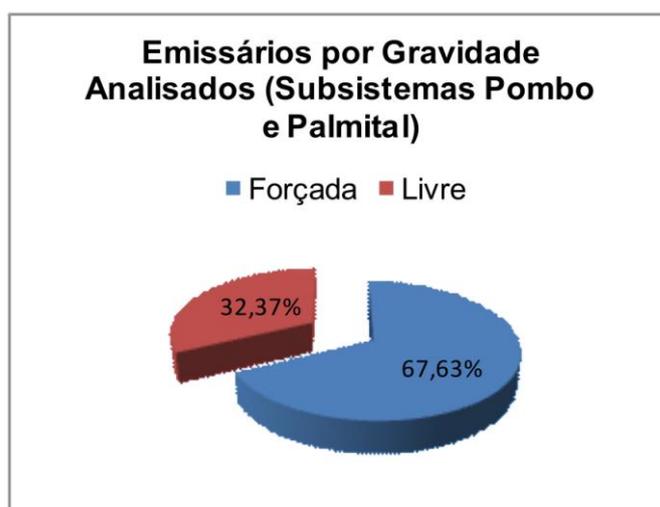
As Figuras 124, 125 e 126 ilustram as porcentagens de emissários por gravidade livre e forçada e por recalque em cada subsistema. Nota-se que no Palmital, por afastar esgotos de três bacias, a quantidade de emissários por recalque chega a quase 18%.

A partir da Figura 127, as porcentagens baseiam-se somente nos emissários analisados no capítulo quatro. Esse mostra ao se somar os emissários do subsistema Pombo e Palmital, uma quantia duas vezes maior de

emissários que escoarão por gravidade forçada. Isso é reflexo da necessidade que o relevo condiciona de se vencer declividades elevadas, principalmente quando se aproximam das escarpas, onde a declividade tende a aumentar consideravelmente.



**Figuras 124, 125 e 126:** Porcentagem de emissários por gravidade (livre ou forçada) e recalque em cada subsistema.



**Figura 127:** Porcentagem dos emissários analisados do subsistema Pombo e Palmital por gravidade livre ou forçada.

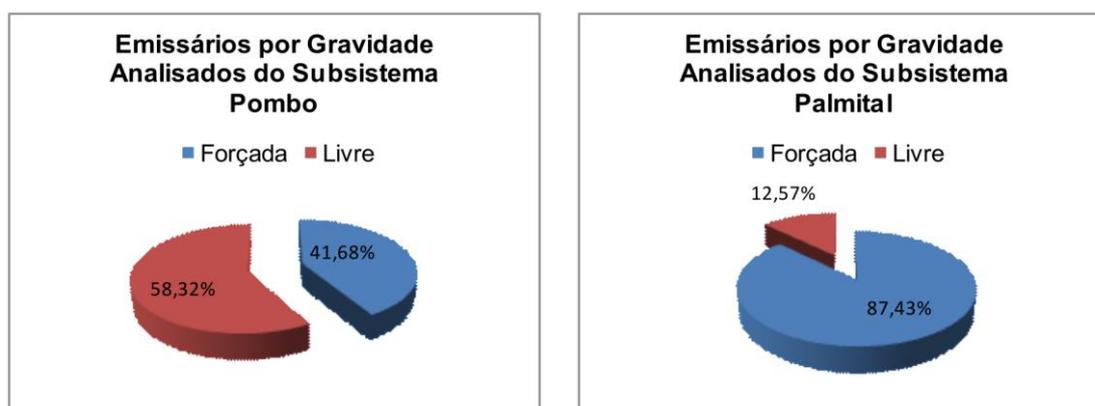
As Figuras 128 e 129 mostram as porcentagens de emissários por gravidade livre ou forçada individualizados nos subsistemas Pombo e Palmital. Verifica-se que quando separados, os gráficos ilustram realidades distintas. No Pombo há o predomínio de emissários por gravidade livre, de onde se conclui o relevo ter proporcionado menores declividades para locação dos emissários. Do lado oposto aparece o caso do Palmital, em que quase 90% deles são por

gravidade forçada.

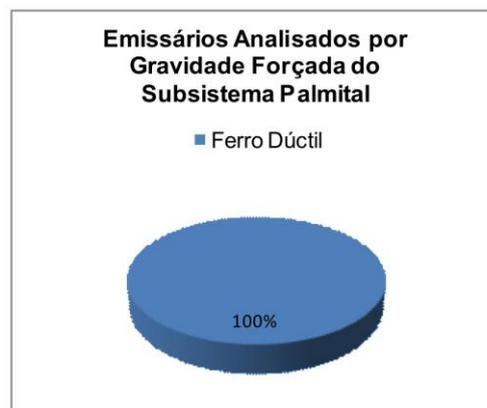
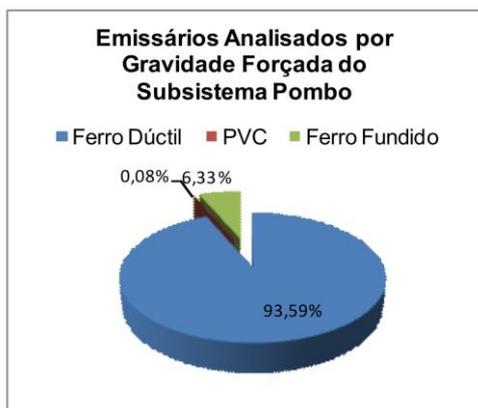
Os gráficos 130, 131, 132 e 133 ilustram as porcentagens dos materiais dos emissários por gravidade forçada e livre individualizados em cada subsistema.

Observa-se que as porcentagens (Figuras 130 e 131) de emissários feitos de ferro dúctil em escoamento por gravidade forçada representam quase 95% do total no Pombo e 100% no Palmital. A explicação encontra-se no fato de que em declividades acentuadas há ganhos de velocidade do líquido, aumentando a pressão no conduto, requerendo maior resistência do material.

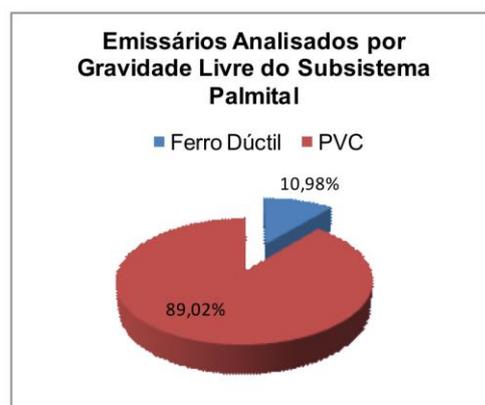
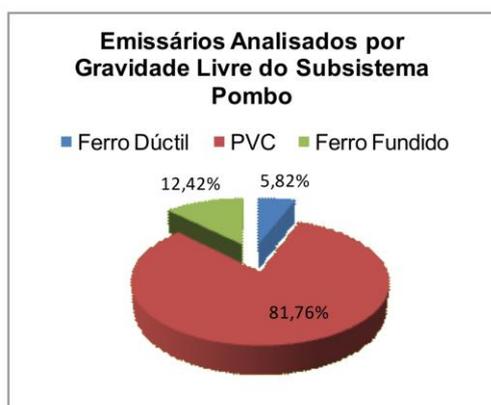
Caso contrário (Figuras 132 e 133) se verifica nos materiais dos emissários que escoarão em gravidade livre, em que quase 92% no subsistema Pombo e quase 90% no Palmital são feitos de PVC. O líquido ao escoar, devido a baixas declividades, atinge pressões capazes de serem suportadas por esse tipo de material.



**Figuras 128 e 129:** Porcentagem de emissários por gravidade livre ou forçada individualizados para o subsistema Pombo e Palmital.



**Figuras 130 e 131:** Materiais dos emissários por gravidade forçada analisados individualizados para o subsistema Pombo e Palmital.



**Figuras 132 e 133:** Materiais dos emissários por gravidade livre analisados individualizados para o subsistema Pombo e Palmital.

Acerca da relação do relevo com o sistema de tratamento, percebe-se que o projeto apresentado pela prefeitura buscou várias alternativas de áreas e números de estações, tendo escolhido três estações em três bacias, das seis existentes na cidade.

Embora tenham sido feitas algumas restrições pelos pareceres geotécnicos apontando as devidas medidas a serem adotadas para o bom funcionamento das ETEs, a partir da análise feita nesse trabalho, acredita-se, do ponto de vista geomorfológico, os locais escolhidos dos subsistemas terem sido adequados.

Nossa afirmação baseia-se na análise do relevo e quanto à disponibilidade de outras áreas. Acreditamos não haver outras áreas propícias

à instalação desse tipo empreendimento sem serem nos vales intra-escarpas. Razões: a) proximidade com residências; b) declividades elevadas ou quase nulas nas vertentes e nos topos; c) aumentaria o número de estações elevatórias; d) não haveria tanta oportunidade de se aproveitar o escoamento por gravidade quanto se tem com as estações nos vales intra-escarpas, pois elas representam o nível de base local, ou seja, todo escoamento (subterrâneo e superficial) segue sentido a eles.

Fica claro assim, diante do exposto, a importância da geomorfologia como elemento natural a ser considerado, primordialmente, no momento em que passa a ser reconhecido com recurso para a instalação de grandes obras de engenharia.

## Referências Bibliográficas

---

ABREU, A. A. **A teoria geomorfológica e sua edificação**: análise crítica. Rev. IG, São Paulo, v.4, n. 1-2, p.5-23, jan/dez, 1983.

AB'SABER, A. N. A geomorfologia no Brasil. Notícias Geomorfológicas, Campinas, nº 2, p. 1-8, 1958.

AB'SABER, A. N. **Os baixos chapadões do Oeste Paulista**. Geomorfologia, São Paulo, nº 17, p. 1-8, 1969.

ARAÚJO, R. As unidades do sistema. In: NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário**: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. São Paulo: Edgard Blucher, 2003, p. 43-85.

ARAÚJO, R. O Sistema de esgoto sanitário. In: NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário**: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. São Paulo: Edgard Blucher, 2003, p. 37-43.

BERNARDES, J. A.; FERREIRA, F. P. de. Sociedade e natureza. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **A questão ambiental**: diferentes abordagens. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global. IN: PASSOS, M. M. (org.) **Uma Geografia Transversal e de travessias**: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Maringá: Ed. Massoni, 2007.

BIGARELLA, J. J. **Origem e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. Florianópolis: Editora da UFSC (vol. 3), 2007.

CAMPOS, J. R (coordenador). **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 464 p. Projeto ProSab.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991.

CASSETI, V. **Elementos de geomorfologia**. Goiânia: Editora da UFG, 2001.

CRUZ, O. **A Serra do mar e o litoral na área de Caraguatatuba**: contribuição a geomorfologia tropical litorânea. São Paulo: Instituto de Geografia da USP, 1974. 156p.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M.; GESICKI, A. D. Argilominerais do grupo Caiuá. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, vol. 24, p. 90-96, 1994.

FOSTER, J. B. **A Ecologia de Marx**: Materialismo e Natureza. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2005.

FREIRE, E. P. et al. **Estudo do Grau de Colapsividade da Argila Laterítica de Alfenas**. R. Un. Alfenas, Alfenas, 5:81-92, 1999.

GUERRA, A. T. & GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário Geológico-Geomorfológico**. Bertrand, Rio de Janeiro, 2001.

GUSMÃO, C. A. [www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/gusmao.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/gusmao.pdf)  
**Proposta de matriz de fatores que interferem na escolha de áreas destinadas a unidades de tratamento de esgotos sanitários tipo lagoas de estabilização.**

HUMBOLDT, A. Von. Cosmos. Ensayo de una descripción física del mundo. In: MENDOZA, J. G., JIMENEZ, J. M., CANTERO, N. O. (orgs). **El pensamiento geográfico. Estudio Interpretativo y Antología de Textos (De Humboldt a las tendencias radicales)**. Madri: Alianza Editorial, 1982.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa geológico do Estado de São Paulo: 1:500.000**. São Paulo: IPT, vol. I, 1981, p. 46-8; 69 (Publicação IPT 1184).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo: 1:1.000.000**. São Paulo: IPT, vol. II, 1981, p. 6; 7; 21; 70-2; (Publicação IPT 1183).

IRITANI, M. A., EZAKI, S. **As Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente-SMA, 2008.

KERTZMAN, F. F., DINIZ, N. C. Processos do Meio Físico Modificados por Obras de Engenharia e pelo Uso do Solo. IN: BITAR, O. Y. (Org.) **Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Geologia, p. 17-148, 1995.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

MONTEIRO, C. A. de F. **De tempos e ritmos: entre o cronológico e o meteorológico para a compreensão geográfica dos climas**. IV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Rio de Janeiro, 2000.

MOTA, S. **Urbanização e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

NUNES, J.O.R., et al. **A influência dos métodos científicos na Geografia Física**. São Paulo, Terra Livre, ano 22, v. 2, n. 27, 2006. p. 119-130

NUNES, J. O. R. **Uma contribuição metodológica ao estudo da dinâmica da paisagem aplicada a escolha de áreas para construção de aterro sanitário em Presidente Prudente**. Presidente Prudente, 2002. 211 p. Tese (Doutorado em Geografia com ênfase em Desenvolvimento Regional e Planejamento Ambiental) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.

OLIVEIRA, J. B. de; CAMARGO, M. N. de; ROSSI, M.; FILHO, B. C. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico; Rio de Janeiro: Embrapa – Solos, 1999.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de Geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1983.

PORTO-GONÇALVES, C. W. **A Globalização da Natureza e a Natureza da Globalização**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução a Química Ambiental**. Editora Bookman, 2004, p. 29-33.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: Editora UFC, 2004.

ROSS, J. L. S. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Rev. Geografia**. São Paulo, IG-USP, 1992.

ROSS, J. L.S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 1996.

ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Edusp, 1996.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia aplicada aos EIAs - RIMAs. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. p.291-336.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n.10, p.41-56, 1997.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil**: subsídios para o Planejamento Ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SANTOS, C. A. M. **Formas de relevo da cidade de Marília-SP**. Presidente Prudente, 2006 (FCT/Unesp, Monografia).

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão emoção**. São Paulo: Hucitec, 1996.

SPINDEL, A. **O que é Socialismo**. São Paulo: Brasiliense, 1984.

SUDO, H. **Bacia do alto Santo Anastácio – estudo geomorfológico**. São Paulo, 1980. 235p. Tese (Doutorado em Geografia Física com ênfase em Geomorfologia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

SUERTEGARAY, D. M. A. **A trajetória da natureza**: Um estudo geomorfológico sobre os areais de Quaraí-RS. São Paulo, 1988. 243p. Tese (Doutorado em Geografia Física com ênfase em Geomorfologia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

SUERTEGARAY, D. M. A. Espaço geográfico uno e múltiplo. In: SUERTEGARAY, D. M. A.; BASSO, L.; VERDUM, R. (orgs). **Ambiente e lugar no urbano**: a Grande Porto Alegre. Porto Alegre: UFRGS, 2000.

SUERTEGARAY, D. M. A e NUNES, J. O .R. **A natureza da Geografia Física na Geografia**. Revista Terra Livre, nº 17, 2º semestre/2001. São Paulo, Associação dos Geógrafos Brasileiros.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Geografia Física e Geomorfologia**: uma (re)leitura. Ijuí: Unijuí, 2002.

TRESSOLDI, M.; CONSONI, A. J. Disposição de Resíduos. IN: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

TROLL, C. El paisaje geográfico y su investigación. In: MENDOZA, J. G. et al. **El pensamiento geográfico**. Madrid: Alianza Editorial, 1982. p. 323-329.

ZALÁN, P. V. et al. Sinéclises Intracratônicas. In: GABAGLIA, G. P. R.; MILANI, E. J. **Origem e Evolução de Bacias Sedimentares**. Rio de Janeiro: Ed. Gávea, 1990, p. 135-197.

ZANDONADI, J. C. **Novas Centralidades e novos habitats:** caminhos para a fragmentação urbana em Marília-SP. Presidente Prudente, 2008, 236p. (Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências e Tecnologia/UNESP).

# 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](#)