

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

MARÍLIA GONSALES DA COSTA ARAUJO

**Classificação, Evolução e Controle das Feições Erosivas na Área de Implantação do Bairro
Jardim Botânico - São Pedro (SP).**

Orientador: Prof. Dr. Lázaro Valentin Zuquette

São Carlos
2008

CLASSIFICAÇÃO, EVOLUÇÃO E CONTROLE DAS FEIÇÕES EROSIVAS NA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO
DO BAIRRO JARDIM BOTÂNICO - SÃO PEDRO (SP).

Marília Gonsales da Costa Araujo

Monografia apresentada à Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de
São Paulo para conclusão de curso.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Lázaro Valentin Zuquette

São Carlos

2008

AGRADECIMENTOS

A todos que, de alguma forma, ajudaram-me a passar por mais essa etapa.

Aos meus familiares.

Ao pessoal da Geotecnia, que sempre me apoiou nas horas de dificuldade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela bola.

Agradecimento especial ao Professor Lázaro Valentin Zuquette pela orientação, confiança, dedicação e conselhos.

*Dentro de nós há uma coisa que não tem
nome. Essa coisa é o que somos.*

Se podes olhar, vê. Se podes ver, repara.

José Saramago

Resumo

A região de São Pedro (SP) apresenta uma série de problemas relacionados aos processos erosivos, os quais são decorrentes das características ambientais naturais e ações antrópicas. Este trabalho visou analisar a evolução dos processos erosivos e as medidas de controle aplicadas, assim como sugerir medidas de prevenção e mitigação em uma área onde se encontra implantado o bairro residencial Jardim Botânico. Para tanto, foram utilizadas fotos aéreas e imagens de satélite desde 1962 até 2005, visitas a campo para análise das condições de 2008, trabalhos anteriores com detalhes geológico-geotécnicos, informações obtidas junto a Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente e junto aos moradores do bairro. Como consideração final verificou-se que as medidas implementadas não consideraram as informações ambientais necessários, e, portanto os resultados foram aquém do desejado.

Palavras-chave: Processos erosivos, voçoroca, evolução, medidas de controle, prevenção e mitigação, São Pedro, São Paulo, Brasil.

Abstract

The region of São Pedro, located in the center portion of the state of São Paulo (Brazil) shows intense environmental problems related to the erosion processes due to natural environmental characteristics and land uses. This work presents the results obtained from assessment of the area of the bairro Jardim Botânico in terms of erosion features, prevention, control and mitigation measures adopted. In this study were used the aerial photos and satellite image from 1962 until 2005, and field works were carried out to evaluate the conditions for 2008. Data were obtained from previous geological and geotechnical studies, Municipal Environment and Agriculture institution (Secretária de Agricultura e Meio Ambiente) and people of the area. As conclusion it was verified that control and other measures adopted did not considered the necessary environmental information leading to inadequate results.

Key words: Erosion process, gully, evolution, control, prevention and mitigation measures, São Pedro, São Paulo, Brazil.

Lista de Figuras

Figura 01 - Os elementos componentes do meio podem estar mais estreitamente ligados em subconjuntos e os subconjuntos ligados entre si	6
Figura 02 - Declividades em encostas côncava e convexa	20
Figura 03 - Formas de encosta	21
Figura 04 - Sulcos (Bacia do Espraiado, São Pedro – SP – Novembro de 2007)	25
Figura 05 - Ravina (Bacia do Espraiado, São Pedro – SP – Novembro de 2007)	26
Figura 06 - Voçoroca (Bacia do Espraiado, São Pedro – SP. Novembro de 2007)	27
Figura 07 - Tipos de Erosão	28
Figura 08 - Ângulos de visão dos objetos A, B e C	32
Figura 09 - Esquema básico de funcionamento de um estereoscópio	33
Figura 10 - Estereoscópio de lente, com uma armação simples de metal que suporta o par de lentes simples (A) e estereoscópio de espelhos (B)	34
Figura 11 - Relações entre duas fotos com recobrimento longitudinal	34
Figura 12 - Relações entre duas fotos com recobrimento lateral	35
Figura 13 - Padrões básicos de drenagem	38
Figura 14 - Culturas em faixas: A. as faixas são irregulares; B. As faixas são regulares; C. as faixas tem pouca irregularidade	45
Figura 15 - Tipos principais de terraços	49
Figura 16 - Seções típicas de canais escoadouros: A- Parabolóide; B- Trapezoidal; C- Triangular	51
Figura 17 - Caixas de retenção	52
Figura 18 - Dissipador de energia por impacto	56
Figura 19 - Bacia de dissipação tipo mergulho	56
Figura 20 - Dreno cego	57
Figura 21 - Dreno com material sintético geotêxtil	58
Figura 22 - Dreno de bambu	58
Figura 23 - Barragem mista de madeira e gabiões como obra auxiliar de proteção	60
Figura 24 - Esquema de aplicação de pneus para estabilização de talude	61

Figura 25 - Localização da área de estudo	62
Figura 26 - Fluxograma das etapas desenvolvidas durante o estudo	64
Figura 27 - <i>Landforms</i>	66
Figura 28 - Mapa de materiais inconsolidados	68
Figura 29 - Fotografia aérea de 1962, mostrando os principais usos e ocupações	72
Figura 30 - Fotografia aérea de 1972, mostrando os principais usos e ocupações	73
Figura 31 - Fotografia aérea de 1988, mostrando os principais usos e ocupações	73
Figura 32 - Fotografia aérea de 1995, mostrando os principais usos e ocupações	74
Figura 33 - Fotografia aérea de 2000, mostrando os principais usos e ocupações	75
Figura 34 - Imagem de satélite de 2005, mostrando os principais usos e ocupações	75
Figura 35 - Delimitação das feições erosivas e medidas de reabilitação de 1962	88
Figura 36 - Delimitação das feições erosivas e medidas de reabilitação de 1972	91
Figura 37 - Feição F1a, no ano de 1972	92
Figura 38 - Feições F2a, F3a e F4a, no ano de 1972	93
Figura 39 - Feições F5/6a, no ano de 1972	94
Figura 40 - Delimitação das feições erosivas e medidas de reabilitação de 1988	95
Figura 41 - Feição F1a, no ano de 1988	96
Figura 42 - Feição F5/6a, no ano de 1972	97
Figura 43 - Feições F3a e F4a, no ano de 1988	98
Figura 44 - Delimitação das feições erosivas e medidas de reabilitação de 1995	99
Figura 45 - Feições F1a e F2a, no ano de 1995	100
Figura 46 - Feições F7a e F8a, no ano de 1995	101
Figura 47 - Feição F13a; medidas de reabilitação R4d e R5d, no ano de 1995	102
Figura 48 - Delimitação das feições erosivas e medidas de reabilitação de 2000	105
Figura 49 - Feições F1a e F2a, no ano de 2000	106
Figura 50 - Expansão do residencial e medida de reabilitação R2d, ano de 2000	107
Figura 51 - Feições F13a e F1b, no ano de 2000	108

Figura 52 - Feições F7a e F8a, no ano de 1995	109
Figura 53 - Delimitação das feições erosivas e medidas de reabilitação de 2005	110
Figura 54 - Feição F1a e medida de reabilitação R1f, no ano de 2005	111
Figura 55 - Feição F1f e medida de reabilitação R3f, no ano de 2005	112
Figura 56 - Delimitação das feições erosivas, medidas de reabilitação e observações de 2008	113
Figura 57 - “A” destaca uma tubulação lançando esgoto na feição F1a. “B” mostra as tubulações subdimensionadas e destruídas – Julho de 2008	114
Figura 58 - Feição F1a ainda presente, mostrando cinzas de queimada e lixo depositado na área	114
Figura 59 - Feição F1f – Julho de 2008	115
Figura 60 - Em A está representada uma área recuperada, em B uma área bastante erodida, e em C uma área pouco modificada – Julho 2008	115
Figura 61 - Em A observa-se rocha exposta e a montante terraços foram feitos. B mostra o caminho preferencial das águas superficiais, após ganharem velocidade na encosta (A). Um terraço foi feito a jusante na tentativa de conter esse fluxo, o que não foi suficiente (C) – Julho 2008	117
Figura 62 - Tentativa de conter o escoamento superficial por meio de terraços – Julho de 2008	118
Figura 63 - Residências construídas na encosta, com alto risco de ocorrência de processos erosivos – Julho de 2008	119
Figura 64 - Canal que direciona a água de escoamento (A); entrada do canal (B); erosão a jusante do canal (C) – Julho de 2008	120
Figura 65 - Em A está representado o escoamento superficial, que é direcionado para um abertura (B), a partir do qual o fluxo é feito por um canal aberto, atingindo um ponto em que houve surgimento de uma feição (D) – Março de 2008	121
Figura 66 - Área estabilizada por aterramento da feição, em novembro de 2007	122
Figura 67 - Encosta a montante da feição erosiva, e mata ciliar do córrego	122
Figura 68 - Em A observa-se a deposição de entulho na área (Novembro de 2007). Em B ocorre extração de areia (Julho de 2008)	123

Lista de Tabelas

Tabela 01 - Classificação do relevo com relação ao ângulo de declividade e gradiente	20
Tabela 02 - Principais métodos utilizados na delimitação de feições erosivas	30
Tabela 03 - Propostas de práticas de controle de processos erosivos em áreas rurais	41
Tabela 04 - Propostas de práticas de controle de processos erosivos	53
Tabela 05 - Critérios de descrição das escarpas	65
Tabela 06 - Critérios de descrição das encostas	65
Tabela 07 - Caracterização dos elementos de terreno em termos de suas declividades	66
Tabela 08 - Descrição do perfil de alteração	68
Tabela 09 - Categorias de formas de uso e ocupação do solo e problemas/ processos do meio físico	70
Tabela 10 - Classificação das feições erosivas de 1962	78
Tabela 1: Classificação das feições erosivas de 1972	80
Tabela 2: Classificação das feições erosivas de 1988	82
Tabela 3: Classificação das feições erosivas de 1995	84
Tabela 4: Classificação das feições erosivas de 2000	86
Tabela 5: Classificação das feições erosivas de 2005	87

Sumário

1. Introdução	1
2. Justificativa	2
3. Objetivos	3
4. Revisão Bibliográfica	3
4.1 A função social da propriedade	3
4.2 O processo de urbanização	4
4.2.1 Urbanização e o Meio Ambiente.....	5
4.3 Planejamento	5
4.3.1 Competências Legais	9
4.3.2 Instrumentos de gestão ambiental	11
4.3.2.1 Zoneamento Ambiental	12
4.3.2.2 Plano Diretor	13
4.3.2.3 Avaliação de Impacto Ambiental (AIA): Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV).....	15
4.4 Erosão	16
4.4.1 Fatores condicionantes da erosão	17
4.4.1.1 Fatores Naturais.....	17
4.4.1.2 Fatores Antrópicos	23
4.4.2 Tipos de Feições Erosivas	24
4.4.2.1 Erosão Laminar.....	24
4.4.2.2 Erosão Linear.....	24
4.5 Erosão Urbana	28
4.6 Delimitação de Feições Erosivas	29
4.7 Sensoriamento Remoto	31
4.7.1 Fotogrametria e Fotointerpretação	31
4.7.2 Estereoscopia	31
4.7.3 Ortofoto.....	35

4.8	Elementos de Reconhecimento	36
4.8.1	Tom Fotográfico	36
4.8.2	Cor	36
4.8.3	Textura	37
4.8.4	Padrão	37
4.8.5	Forma	38
4.8.6	Tamanho	38
4.8.7	Relação com Aspectos Associados	39
4.8.8	Vegetação e Uso da Terra	39
4.9	Controle da Erosão	39
4.9.1	Área Rural	41
4.9.1.1	Práticas Vegetativas	42
4.9.1.2	Práticas Edáficas	46
4.9.1.3	Práticas Mecânicas	46
4.9.1.4	Técnicas Complementares	51
4.9.2	Área Urbana	53
4.9.2.1	Micro-drenagem	54
4.9.2.2	Macro-drenagem	55
4.9.2.3	Complementares	57
5.	Caracterização da Área	61
5.1	Localização e acesso	61
5.2	Geologia	62
5.3	Hidrologia	62
5.4	Clima	63
5.5	Vegetação	63
6.	Metodologia	63
7.	Resultados e Discussão	65

7.1	<i>Landforms</i>	65
7.2	Materiais Inconsolidados	67
7.3	Uso e Ocupação	70
7.4	Classificação das Feições Erosivas.....	76
35	Erro! Indicador não definido.
7.5	Evolução das Feições Erosivas e Medidas de Reabilitação	89
7.6	Feições Atuais	104
7.7	Sugestões de Medidas de Controle e Prevenção	123
8.	Conclusões	124
9.	Referências Bibliográficas	125

1. Introdução

Segundo BARROW (1991), degradação de áreas pode ser definida como a perda de utilidade ou potencial utilidade ou a redução, perda ou modificação de aspectos ou organismos que não podem ser repostos. Porém definição precisa é impossível, dados os vários fatores que podem ser responsáveis.

Erosão de solo é a remoção de material do solo pela água ou vento em taxas mais elevadas que a de formação do mesmo. Ela é, geralmente, a culminação de um processo de degradação (BARROW, op. cit).

Os processos erosivos podem ocorrer devido às condições naturais do meio ambiente, acelerados ou induzidos por atividades antrópicas. É comum a ocorrência de feições erosivas decorrentes de uma associação das três condições consideradas anteriormente, parte iniciando como um processo natural e aceleradas por atividades antrópicas, assim como outra parte induzidas pelas atividades antrópicas. As áreas afetadas por processos erosivos normalmente apresentam 3 tipos de continuidade de uso, sendo o primeiro que ocorre o abandono das mesmas e em decorrência dá-se a continuidade do processo e a progressão tanto das feições quanto da intensidade e freqüência; o segundo quando a área sofre um controle dos deflagradores e, portanto o processo erosivo e as feições estabilizam-se, e tem-se em seguida o desenvolvimento de vegetação, levando para uma condição de estabilidade ou dormência, e o terceiro que ocorre quando a área passa por um processo de recuperação e controle com a definição de um novo uso em sua continuidade. Apesar do grande numero de voçorocas e da sua importância ambiental, diversos autores dentre os quais POESEN et al (2003), LI et al (2004) e VALENTIN; POESEN; LI (2005) os estudos específicos ainda são escassos, principalmente relativos a avaliação dos resultados das tentativas de recuperação e controle visando um uso em continuidade. No sentido de avaliar a eficiência e as medidas adotadas para recuperação e uso foi estudado o caso do bairro do Jardim Botânico, na cidade de São Pedro, localizada na porção central do estado de São Paulo enquadra-se perfeitamente na terceira condição onde um grupo de feições erosivas de portes diversos passou por atividades de controle e recuperação com o objetivo de instalação de uma zona residencial. As atividades desenvolvidas após uma regularização do terreno sem nenhum critério técnico envolvendo a prática de cortes e escavações de parte da área e aterro das feições erosivas. Como não foi desenvolvido nenhum estudo prévio pelo loteador, as feições erosivas foram reativadas e a partir deste ponto buscou-se um controle do processo erosivo sempre com resultados deficientes e com modificações do micro e meso relevo, como pode ser observada para os diferentes períodos estudados.

Nenhuma das diversas tentativas de controle obteve sucesso, e atualmente as feições surgem induzidas pelo direcionamento do fluxo de águas superficiais condicionado pela associação das obras viárias e a geometria do relevo. Ressalta-se que as feições ocorrem em parcelas da área pertencente a proprietários que adquiriram do loteador e que tem exigido investimentos dos moradores para sua correção. Tal fato revela aspectos importantes relativos a este tipo de área, que é a irresponsabilidade do município na aprovação do empreendimento e do proprietário pela venda de um imóvel com alto passivo ambiental, sem considerar os aspectos técnicos necessários dentre eles os relativos à geologia e geotecnia.

2. Justificativa

O economista CAVALCANTI (2004) cita BRANCO (1999), o qual diz que “modos de organização econômica predadores dos recursos finitos da biosfera revelam-se cada vez mais insustentáveis, uma vez que, no âmbito da realidade dos processos naturais, que oferece a moldura última que abriga a economia, só pode durar para sempre aquilo que se comporta de acordo com os princípios de funcionamento do sistema natural (dentre os quais desponta a frugalidade)”. Como consequência dessa visão cúpida e imediatista surgem os imensuráveis danos ambientais, como a degradação de áreas.

BARROW (1991) comenta que degradação de áreas é freqüentemente vista como uma consequência do desenvolvimento. Contudo, ROBERTS (1989) e BUNNEY (1990) acreditam que tal fenômeno não é novo, e nem o desenvolvimento recente é uma preocupação para isso. Escritores gregos e romanos comentavam a respeito de erosão do solo, desmatamento, e outros problemas. DIAMONDS (2005), em seu livro Colapso, mostra de forma precisa como civilizações históricas e modernas declinaram e vêm declinando a partir da incúria em relação ao meio ambiente.

BERTONI; LOMBARDI NETO (1993), seguindo a mesma linha de raciocínio, afirmam que a erosão foi um dos fatores mais importantes que causaram a queda das primeiras civilizações e impérios. Os desertos do Norte da China, Pérsia (atual Irã), Mesopotâmia e Norte da África são locais cuja população excedia o poder de recuperação do solo, esgotando-o.

Os processos erosivos fazem parte da evolução natural do meio físico e da alteração do relevo. Contudo, se tornam um sério problema ambiental e econômico quando a atividade antrópica faz com estes ocorram mais rapidamente do que sob circunstâncias naturais. Assim, quando deflagrados passam a ser comandados por diversos fatores naturais relacionados às características da chuva, da topografia, do tipo de material geológico e da cobertura vegetal (SILVA, 2003).

A ocupação urbana desordenada e irregular pode causar problemas decorrentes, provocando o desequilíbrio dos sistemas ambientais, causando pesado ônus ao Poder Público e riscos às populações (VALÉRIO FILHO *et al*, 2005).

3. Objetivos

Uma vez que os processos erosivos são um grave problema ao município de São Pedro, acarretando em pesado ônus ao Poder Público, à população, e ao meio natural em si, este trabalho teve como objetivo estudar os processos erosivos ao longo dos anos, assim como as técnicas de reabilitação aplicadas. A região de estudo é uma área da Bacia do Córrego do Espriado, a qual foi palco de uma infinidade de atividades antrópicas, praticadas de forma pouco controlada, cuja consequência são anos de degradação.

Como objetivos específicos, podem-se destacar:

- Aplicação de ferramentas computacionais importantes para estudos geológicos e ambientais, como AutoCad Map e ENVI;
- Estudar os processos erosivos, suas causas, consequências e medidas de controle;
- Avaliar a técnica de fotointerpretação para análise temporal de processos erosivos;
- Avaliar a eficiência de medidas de controle e reabilitação.

4. Revisão Bibliográfica

4.1 A função social da propriedade

ATTANASIO JÚNIOR (2005) disserta sobre a concepção da função social da propriedade do jurista francês Leon Deguit. Segundo este, a propriedade individual é protegida pelo direito em razão do benefício social que resulta de sua utilização, ou seja, a propriedade privada é protegida na medida em que cumpra a sua função social, e seja utilizada de forma produtiva, aumentando a riqueza em benefício de toda a sociedade.

O autor prossegue, dizendo que, dada a nova concepção, ao se apropriar de um recurso natural como, por exemplo, a superfície do solo urbano, o proprietário terá o direito de utilizá-lo, mas terá o dever de mantê-lo ecologicamente equilibrado. Por outro lado, a sociedade terá o dever de respeitar a utilização do proprietário, mas terá o direito de exigir dele que esta utilização mantenha o ambiente ecologicamente equilibrado.

MILARÉ (2005) acrescenta ainda que, em conformidade com isso, a nova Lei Civil Brasileira acabou por contemplar a função ambiental como elemento marcante do direito de propriedade, ao prescrever que tal direito “deve ser exercitado em consonância com as suas finalidades econômicas e sociais e de modo que sejam preservados, de conformidade com o estabelecimento em lei especial, a flora, a fauna, as belezas naturais, o equilíbrio ecológico e o patrimônio histórico e artístico, bem como evitada a poluição do ar e das águas” (Lei 10.406/2002, art.1.228, §1º).

A propriedade imobiliária cumpre sua função social quando é utilizada para as atividades necessárias ao desenvolvimento das cidades, e tem seu uso e intensidade de aproveitamento compatíveis com a segurança e a saúde da vizinhança, com a preservação do meio ambiente e com a capacidade dos equipamentos e serviços públicos (SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO, 1992, apud BOTTARI, 2005).

4.2 O processo de urbanização

De acordo com o relatório *Situação da população mundial 2007: Desencadeando o potencial do crescimento urbano* (UNFPA, 2007), a partir de 2008, mais da metade dos atuais 6,6 bilhões de habitantes do planeta viverá em cidades. Até 2030, a população urbana aumentará para 5 bilhões, ou 60% do total.

No Brasil, de 1960 a 2000, aqueles que viviam nas cidades passaram de 40 para 80%, ao mesmo tempo em que a população crescia de cerca de 80 milhões para 180 milhões (CYMBALISTA, 2007).

Essas mudanças no sistema urbano brasileiro, segundo TEODÓZIO (2003), estão associadas às diversas etapas do seu desenvolvimento socioeconômico afetado, principalmente, pela industrialização. Habitantes de locais mais rústicos rumam às cidades, até os dias de hoje, com a esperança de encontrar emprego e uma melhor qualidade de vida.

A urbanização da sociedade brasileira tem constituído, sem dúvida, um caminho para a modernização, mas, ao mesmo tempo, vem contrariando aqueles que esperavam ver, nesse processo, a superação do Brasil arcaico, vinculado à hegemonia da economia agroexportadora. O processo de urbanização recria o atraso a partir de novas formas, como contraponto à dinâmica de modernização. As características do Brasil urbano impõem tarefas desafiadoras, e os arquitetos e planejadores urbanos não têm conhecimento acumulado nem experiência para tratá-las. A dimensão da tragédia urbana brasileira está a exigir o desenvolvimento de respostas que devem partir do conhecimento da realidade empírica para evitar a formulação das "idéias fora do lugar" tão características do planejamento urbano no Brasil (MARICATO *et al.*, 2000, apud MARICATO, 2000).

4.2.1 Urbanização e o Meio Ambiente

Segundo MAFFRA ; MAZZOLA (2007), apesar de não serem de origem tectônica, os desastres naturais ocorrem no Brasil. Eles tendem a estar relacionados a fenômenos climáticos, potencializados pela ação do Homem. Como desastres naturais mais comuns estão as enchentes, a seca, a erosão e os escorregamentos ou deslizamentos de terra, pois são responsáveis por um número elevado de perdas humanas e materiais.

O estudo, com base na Pesquisa de Informações Básicas Municipais de 2006 – MUNIC (IBGE, 2007), mostra que no Brasil os maiores desastres relacionam-se a inundações, escorregamentos e erosão e que esses processos estão fortemente associados à degradação de áreas frágeis, potencializada pelo desmatamento e ocupação irregular.

MOTA (1981) afirma que as alterações introduzidas pelo Homem no ambiente são sempre procedidas de forma rápida e variada, não permitindo, muitas vezes, que haja a recuperação normal da natureza. Para ele, algumas áreas são de características desfavoráveis à implantação de cidades, entretanto, com o desenvolvimento tecnológico, muitos obstáculos naturais podem ser vencidos pelo Homem. Porém, isso pode apresentar alto custo econômico e alterações ecológicas de grande porte.

Para o autor supracitado, algumas das modificações sobre o meio ambiente devido à urbanização são:

- Alterações no ambiente terrestre, necessárias à implantação da cidade;
- Utilização dos recursos naturais, como fonte de matéria e energia;
- Lançamento, no ambiente, de resíduos biológicos humanos ou provenientes de atividades industriais.

4.3 Planejamento

O ambiente em que vivemos é formado de sistemas, que podem ser descritos como um conjunto de elementos – solo, água, vegetação, campos agrícolas - que mantêm relações entre si. As ligações entre os elementos do sistema resultam em um grau de organização, num certo espaço e num determinado tempo. Quando as atividades antrópicas interferem em um dado elemento estrutural, desencadeiam-se alterações por toda cadeia a que esse elemento pertence e pode-se alterar a organização. Em outras palavras, o estado de um elemento é condicionante e determinante do estado de outro elemento, e, assim, sucessivamente. Além disso, é importante perceber que, em um meio, os elementos podem estar preferencialmente ligados em conjuntos pequenos, que

novamente se agrupam formando conjuntos maiores e assim por diante (Figura 1). Em suma, no meio habitado pode-se observar vários sistemas, que podem ser formados de subconjuntos (subsistemas), com vários graus de organização entre eles e com diversos elos de ligação funcional. É nessa condição que usa-se o termo complexidade do meio, ou seja, quando constata-se uma heterogeneidade de elementos estruturais e ligações funcionais de diversas ordens de intensidade dentro e entre os subsistemas. Algumas vezes, a heterogeneidade medida pela quantidade de elementos que compõem o sistema é pequena numa dada região, mas ele apresenta um amplo espectro de respostas quando sofre um distúrbio. As autoras apontam, então, para a importância de se observar a diferença entre sistema complexo e sistema de comportamento complexo (SANTOS; CALDEYRO, 2007).

Desta maneira, concluem, quando se está planejando o ambiente, deve-se, pelo menos, perguntar: em que ponto do sistema se está interferindo, a consequência para a cadeia da perturbação em uma dessas ligações, qual a consequência para a cadeia, se essa ligação é frágil, qual a relação entre esses elos da cadeia, a persistência e a resiliência do meio planejado, qual o grau de desorganização que se está induzindo, e se é um sistema de comportamento complexo.

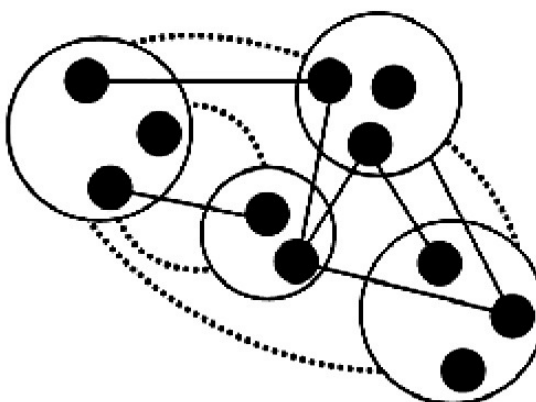


Figura 1: Os elementos componentes do meio podem estar mais estreitamente ligados em subconjuntos e os subconjuntos ligados entre si (SANTOS; CALDEYRO, 2007)

SANTOS; CALDEYRO (2007) acreditam que medir a qualidade ambiental seja fazer um juízo de valor sobre o estado dos atributos do meio (como água, ar, solo) em relação à sua influência ou à sua capacidade de atender às condições necessárias para a vida num determinado espaço e tempo. Elas enfatizam, então, a importância de se considerar diversos aspectos (econômico, social, ambiental, etc.) para que se considere o sistema a organização, a heterogeneidade ou a complexidade do lugar, ou seja, a dinâmica de funcionamento do espaço em que se vive.

Uma melhor qualidade ambiental só será obtida quando o processo de ocupação e de interferências dos usos humanos for considerado harmônico com os arranjos e funções imprescindíveis das dinâmicas naturais (THOMAZLELLO, 2007).

O avanço das altas taxas de poluição e as conseqüências danosas que elas produziram e produzem na população e na própria natureza contribuíram para que o problema deixasse de ser visto como mero atentado às relações de vizinhança, para que fosse considerado como de feição publicística, a exigir do Estado uma postura de controle sobre determinadas atividades, especialmente as que se apresentam com características poluidoras, levando ao ponto de só serem iniciadas após serem analisados os efeitos que produzirão no meio ambiente para o que se submeterão a um processo de autorização prévia (DELGADO, 2000).

Para MOTA (1981), o disciplinamento do uso do solo pode ser feito visando à preservação do meio ambiente e, portanto, como uma medida preventiva contra a poluição, de forma a garantir um ecossistema urbano equilibrado e melhor qualidade de vida. Para isso, é preciso que se conheçam os mecanismos de ocorrência das diversas modalidades de poluição e de mitigação para aplicá-las ao planejamento territorial.

O autor discorre sobre o planejamento urbano visando à preservação do meio ambiente, e sua bibliografia será aqui detalhada. Para ele, o planejamento deve compreender as seguintes fases:

1. Levantamento de Dados;
2. Diagnóstico;
3. Formulação de Objetivos;
4. Elaboração de Plano de Uso do Solo;
5. Execução; e
6. Avaliação.

O levantamento de dados consiste na coleta de informações da situação existente na área de estudo, devendo abordar:

- a) Condições climáticas: precipitação, insolação, direção e velocidade dos ventos, condições atmosféricas.
- b) Topografia: levantamentos dos terrenos e planialtimétricos, declividade dos terrenos e posição dos vales e elevações.
- c) Geologia: tipos e características do solo, níveis do lençol freático, solos problema.
- d) Hidrologia: recursos hídricos superficiais e subsuperficiais, além de áreas de recarga; ciclo hidrológico, drenagem, áreas sujeitas a inundações.
- e) Outros recursos naturais: vegetação, áreas de valor paisagístico e ecológico.

- f) Qualidade ambiental existente: condições de poluição, padrões de qualidade ambiental, legislação em vigor.
- g) Infra-estrutura sanitária existente e/ou projetada: abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, coleta, transporte, tratamento e/ou destino final de resíduos sólidos, drenagem das águas pluviais.
- h) Uso do solo existente e/ou projetado: zoneamento, lei de loteamento (Lei nº 6.766/69) e planos diretores.

IWASA ; FENDRICH (1998) ressaltam a importância da coleta de dados, cuja ausência ou inconsistência leva à ineficiência ou ao insucesso de projetos.

Com os dados obtidos é possível fazer um diagnóstico da situação ambiental existente. A elaboração do plano poderá, então, ser feita considerando-se a situação presente, os objetivos anteriormente estabelecidos e, certamente, a aptidão de cada área em sustentar certos papéis, sejam atividades industriais, lotes residenciais, preservação; ou seja, analisa-se a capacidade suporte das áreas.

Em seguida vem a fase de execução, que deve ser permanentemente acompanhada de avaliação, para adoção de ajustes que se fazem necessários, afinal, nenhum plano deve ser rigidamente inflexível, e é imperativo que ele se adapte às circunstâncias, mas jamais ignorando a preservação ambiental.

IWASA; FENDRICH (1998) recomendam importantes diretrizes para implantação de loteamentos, especialmente em locais com terrenos de alta suscetibilidade aos processos erosivos.

Na concepção do projeto:

- Manter desocupadas as cabeceiras e linhas de drenagem natural, utilizando-as como áreas verdes;
- Evitar que o projeto de drenagem conduza as galerias à concentração das águas pluviais nas cabeceiras da drenagem natural, sem a devida proteção e dissipação da energia;
- Traçado viário deve evitar ruas longas situadas perpendicularmente às curvas de nível;
- Evitar concepções de projeto que impliquem movimentos de terras nas proximidades das drenagens naturais;
- Procurar situar as vias principais paralelamente às curvas de nível;
- Prever, nas extremidades inferiores dos loteamentos, nos locais de lançamento das águas pluviais, estruturas de dissipação que impeçam a ocorrência de processos erosivos.

Na implantação do projeto:

- Os loteamentos devem ser implantados por sub-bacias de drenagem;
- A implantação deve ser realizada de jusante para montante;
- As obras de terraplanagem devem ser realizadas simultaneamente com as obras de drenagem e de proteção superficial;
- Durante a execução das obras, as redes de drenagem devem estar devidamente protegidas contra o assoreamento e a obstrução;
- Nos movimentos de terra de grande porte, devem-se prever sistemas provisórios de drenagem;
- Evitar a execução das obras de terra e implantação do sistema de drenagem nos períodos chuvosos.

A manutenção:

- Os sistemas de drenagem devem ser periodicamente inspecionados, realizando-se os reparos das partes destruídas e a desobstrução e o desassoreamento dos coletores;
- Os lotes vazios devem ser mantidos com cobertura vegetal;
- As vias de circulação e os demais espaços públicos devem ser mantidos limpos, equacionando-se o problema do lixo.

4.3.1 Competências Legais

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (CF, art. 225). Incube ao Município, sendo este integrante do Poder Público:

I - preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;

II - preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético;

III - definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos;

IV - exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;

V - controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;

VI - promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente;

VII - proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade.

Para o atendimento dessas atribuições e obrigações, as quais dependem, muitas vezes, de regulamentação por lei, convergem as regras específicas de competências fixadas pela Constituição, possibilitando, no caso do Município, o exercício de suas capacidades em prol do meio ambiente dentro do território onde exerce sua autonomia (MILARÉ, 2005).

O artigo 30 da Constituição Federal vigente ampliou os poderes dos municípios para tratar das questões ambientais de interesse local, indicando como sua competência “legislar sobre assuntos de interesse local” (inciso I), “suplementar a legislação federal sobre assuntos de interesse local” (inciso II), e “promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, parcelamento e da ocupação do solo urbano” (inciso VIII).

A Política Nacional de Meio Ambiente, instituída pela Lei 6.938 de 1981 e, portanto, anterior à atual Constituição, A Política Nacional do Meio Ambiente, instituída pela Lei 6.938/81, tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando a assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes os princípios:

I - ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo;

II - racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;

III - planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais;

IV - proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas;

V - controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;

VI - incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais;

VII - acompanhamento do estado da qualidade ambiental;

VIII - recuperação de áreas degradadas;

IX - proteção de áreas ameaçadas de degradação;

X - educação ambiental a todos os níveis de ensino, incluindo a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente.

Até a atual Constituição Federal, o Brasil nunca teve uma política de desenvolvimento urbano. Segundo a Carta Magna, compete à União “instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano,

inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos” (CF. art. 21, XX). Além disso, em seus artigos 182 e 183, a Constituição Federal estabelece uma política constitucional para as cidades. No entanto, apenas em 2001 houve a regulamentação desses artigos, por meio do Estatuto da Cidade (Lei 10.257).

Tal lei “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” (Parágrafo Único). “A política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana” (Art. 2º), mediante uma série de diretrizes, entre elas a “ordenação e controle do uso do solo” (Art. 2º, VI), com o intuito de evitar “a deterioração das áreas urbanizadas” (Art. 2º, VI, f), e “a poluição e a degradação ambiental” (Art. 2º, VI, g).

4.3.2 Instrumentos de gestão ambiental

SOUZA (2000) apud RANIERI (2000) define o termo “gestão ambiental” como sendo o conjunto de procedimentos cuja adoção vise à conciliação do desenvolvimento e da qualidade ambiental. Para TOLBA (1987) apud RANIERI (2000), o objetivo da gestão ambiental é promover a realização das necessidades humanas considerando os potenciais e as limitações dos sistemas ambientais.

No contexto da gestão ambiental fica evidente, portanto, a necessidade do ordenamento ou disciplinamento da ocupação do território como um procedimento de regulação das ações humanas no sentido de adequá-las às características do meio ambiente (RANIERI, 2000). O autor, citando MAZOLLENLIS, afirma ainda que o disciplinamento do uso e ocupação do solo é encarado como um entrave à geração de emprego e de lucro, quando a orientação hegemônica da sociedade é a do crescimento econômico tradicional. Por outro lado, tal disciplinamento pode garantir o uso continuado dos recursos naturais – que passarão a assumir o caráter de bens dotados de valor econômico – se o meio ambiente for considerado como elemento estratégico dentro das políticas de desenvolvimento. O autor ainda cita MILARÉ, o qual expande essa idéia, afirmando que as políticas ambientais não devem representar obstáculos ao desenvolvimento, mas, ao contrário, devem servir como instrumento do desenvolvimento ao proporcionar a gestão racional dos recursos naturais que constituem sua base material.

Apesar de os Municípios legislarem sobre questões de interesse local, reconhecem-se as dificuldades de se distinguir interesses e limites ambientais locais, dos regionais, estaduais, nacionais e até internacionais. Como afirma MILARÉ (2005), o Município é um ente federado, e não poderá jamais se desenvolver sozinho; não há mais espaço para auto-suficiências.

Isso é comprovado através da análise dos instrumentos elencados (art. 4º do Estatuto da Cidade) para auxiliar a Política Urbana dos Municípios, cujo ponto de partida são planos nacionais, regionais e estaduais de ordenação do território.

De acordo com a Associação Internacional de Administradores Municipais, as principais ferramentas do planejamento urbano são:

- O plano geral, incluindo objetivos e políticas básicas do desenvolvimento, o levantamento de dados e os estudos básicos ao plano;
- O zoneamento, compreendendo a definição de usos para as diversas áreas da cidade;
- O regulamento de loteamentos, definindo normas para o parcelamento de terrenos;
- Programa de aplicação de capital (recursos financeiros).

4.3.2.1 Zoneamento Ambiental

O papel do Planejamento ambiental voltado para o ordenamento do território consiste em formular e programar ajustes, prever e controlar transformações ambientais para administrar as contradições entre as dimensões ecológica, sociais e econômicas (BRASIL, 1995).

O zoneamento ambiental é um dos treze instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (Art. 9º, inciso II, Lei 6.938/1981). Trata-se, explica MILARÉ (2005), de um disciplinamento de ocupação e destinação de áreas geográficas para que elas atendam à sua vocação geoeconômica e ecológica. O autor aponta a inovação na introdução do instrumento em escala municipal, estabelecido pelo art.4º, III, c, do Estatuto da Cidade.

GRIFFITH et al.(1989), MACHADO (2000, apud RANIERI (2000) definem o zoneamento ambiental como a compartimentalização de uma determinada área geográfica em zonas (setores) nas quais atividades antrópicas específicas são permitidas ou não, conforme a capacidade destas de harmonizarem com o meio ambiente. RANIERI et al. (2005) afirmam que, apesar de haver distintas definições ao zoneamento, este é, em muitos casos, apresentado como um instrumento de ordenamento territorial que tem o poder de intervir sobre o direito de propriedade, estabelecendo limitações a esse direito.

Esse poder de intervir deve ocorrer por meio do Poder Público Municipal, o qual deve agir caso se tente implantar alguma atividade incompatível às características do setor.

Embora tenha sido previsto há mais de 25 anos, foi regulamentado apenas pelo decreto 4.297, no ano de 2002, sob o título de Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE). E seu art. 2º, o decreto estabelece que tal instrumento deve ser seguida na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas. Seu objetivo geral, como reza o art. 3º é organizar, de forma vinculada, as decisões dos agentes públicos e privados quanto a planos, programas, projetos (PPP) e atividades

No entanto, como bem nota OLIVEIRA (2004), por não ser obrigatório, ele não é considerado na elaboração de Planos Diretores, os quais deveriam vê-lo como instrumento técnico essencial para seu respaldo.

Autora zela pelo uso do zoneamento ambiental como processo de parcelamento de um determinado espaço com intuito de estabelecer os usos permitidos em sua ocupação. O que se entende como zoneamento ecológico econômico passa, fundamentalmente, pelo processo de determinação das vulnerabilidades e aptidões ambientais do território, sem que seja previsto qualquer tipo de uso para o mesmo. Trata-se, portanto, de um instrumento cuja finalidade é auxiliar a formulação de políticas e estratégias de desenvolvimento, o que possibilita a visualização, por meio de cenários, da distribuição das áreas suscetíveis a processos naturais e também das áreas com maior ou menor potencial para a implantação de atividades, de forma bastante clara e sempre em função da capacidade de suporte do meio.

Em seu art. 11, o decreto 4.297/2002 diz que o ZEE dividirá o território em zonas, de acordo com as necessidades de proteção, conservação e recuperação dos recursos naturais e do desenvolvimento sustentável. No artigo seguinte, elenca o que a definição de cada zona severa observar. Entre eles está o “diagnóstico dos recursos naturais, da sócio-economia e do marco jurídico-institucional”, e as “diretrizes gerais e específicas” este, por sua vez, é detalhado no art. 14, e aquele no art. 13.

Nota-se, portanto, que se trata de um instrumento provedor de relevantes, senão essenciais, informações para a tomada de decisão de forma justa, pensando-se na função social e ambiental das propriedades inseridas na região de abrangência do zoneamento, assim como na fragilidade e potencialidade do ambiente, considerando-se as peculiaridades de cada espaço.

RANIERI (2000) afirma que, por ser um ente federativo com autonomia administrativa e com dimensão territorial não muito extensa, o município pode ser considerado uma unidade adequada para o planejamento com bases nos princípios da sustentabilidade. O artigo 30, inciso VIII, citado anteriormente também enfatiza a importância do município do ordenamento do uso e ocupação do solo.

Diante de uma postura de sustentabilidade e, portanto, preventiva, considerar o conhecimento dos componentes ambientais e suas relações vai além de uma caracterização e passa pela necessidade de um diagnóstico para determinar a qualidade ambiental, relacionando a capacidade de suporte deste meio diante da demanda exigida pela atividade ou ação (OLIVEIRA, 2004).

4.3.2.2 Plano Diretor

Para auxiliar no ordenamento municipal, o Plano Diretor surge como instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbano (CF. art. 182, §1º; e art. 40, Lei 10.257/2001). De acordo com MILARÉ (2005), será o Plano Diretor que dará os rumos ao desenvolvimento saudável e sustentável da comunidade municipal.

O art. 39 do Estatuto da Cidade afirma que “a propriedade urbana cumpre sua função social quando atende às exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no plano diretor, assegurando o atendimento das necessidades dos cidadãos quanto à qualidade de vida, à justiça social e ao desenvolvimento das atividades econômicas, respeitadas as diretrizes previstas no art. 2º desta Lei”, artigo este supracitado.

O Plano, de acordo com o inciso 2º do art. 40, deverá englobar todo o território do Município, não se restringindo aos limites da cidade. Neste mesmo artigo, o inciso 3º enfatiza que o Plano deve ser periodicamente revisto, ao menos a cada década

Lista casos em que é obrigatório (art.41), assim como seu conteúdo mínimo (art.42), o qual enfatiza o “sistema de acompanhamento e controle”. Sem este, explicita MILARÉ (2005), as leis – assim como os planos, programas e projetos em geral – esgotam-se na boa vontade de quem os propôs; e mais, a falta de monitoração e cobrança dos resultados não permite aferir os erros e acertos das medidas e políticas públicas e de governo.

Este mesmo autor, sabiamente salienta a importância da cobrança da comunidade para se tirar da inércia a máquina pública, por meio da participação democrática e do exercício da cidadania.

MAZOLLENIS (1998) afirma que se trata de um dos instrumentos mais estratégicos para a construção das sociedades sustentáveis. No entanto, a minoria dos Municípios aprovou seus Planos Diretores no Estado de São Paulo, realidade esta não diferente no resto do país.

BRAGA (1995), após análise dos dados fornecidos pelo estudo de AZEVEDO sobre Planos Diretores no Estado de São Paulo, considera que a obrigatoriedade da elaboração do Plano Diretor não conscientizou os agentes públicos municipais da importância do planejamento enquanto um processo mais eficiente de gestão, os quais encararam o plano apenas como uma exigência burocrática e inútil ou como um instrumento útil apenas para facilitar a obtenção de financiamento público.

Além disso, o autor afirma que muitos dos Planos são elaborados por empresas estranhas à administração pública, o que faz com que fiquem, em muitos casos, politicamente inviáveis. MAZOLLENIS (1998) acredita que a boa técnica, desde o diagnóstico até a definição de metas, tem um poder mágico de resolver os problemas, e que a entidade dotada deste poder é o executivo municipal que, de forma isolada, neutra, planeja o futuro da cidade. Ainda mais, pretende integrar todas as questões administrativas, financeiras, físico-territoriais, educacionais, de saúde, etc.

Ele afirma também, que grupos mais influentes do ponto de vista econômico e político procuram negociar ou impor seus interesses no processo de construção/transformação das cidades e dos campos.

Para SOUZA (2002) apud BOTTARI (2005), a dimensão temporal necessária ao planejamento urbano, que contemple o tempo do meio ambiente ao invés de apenas ações voltadas ao curto prazo ou ao período de retorno do investimento econômico, deve ser respeitada para se garantir a viabilidade ambiental e os benefícios à coletividade.

O eminente arquiteto e urbanista Flávio Villaça (VILLAÇA, 2005) também expõem sua visão pessimista no que concerne a elaboração e usufruto dos Planos Diretores. Para ele, os Planos Diretores não se baseiam em experiências empíricas, mas sim em teorias, idéias autônomas e alienadas à nossa realidade, muitas das quais concebidas na Europa e Estados Unidos.

Para VILLAÇA (1995) apud MAZOLLENIS (1998), entre os temas mais comuns num Plano Diretor estão:

- A delimitação do uso e ocupação das áreas urbanas e rurais;
- Os programas de recuperação ambiental, a orientação para a utilização de recursos naturais;
- A delimitação das áreas de risco a inundações e deslizamentos, etc.

4.3.2.3 Avaliação de Impacto Ambiental (AIA): Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV)

A Política Nacional do Meio Ambiente apresenta como um de seus instrumentos a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA). SOUZA (2000) a define como “um conjunto de procedimentos marcadamente preventivo dentro do processo de análise de viabilidade ambiental de um determinado empreendimento. A AIA tem por objetivo o estudo da viabilidade ambiental do empreendimento, assim como de Planos, Políticas e Programas, analisando para isso suas diferentes etapas: projeto, implantação, operação e desativação”. É, portanto, fundamental para a tomada de decisão.

No Brasil, a prática é restrita ao Estudo de Impacto Ambiental (EIA), cuja análise de alternativas, segundo BOTTARI (2005), é fundamentalmente espacial e pontual. Isso ocorre de maneira similar, prossegue a autora, em planejamento urbano, o qual se volta para projetos individuais, desconsiderando o todo por eles formado, que está além de sua soma.

De acordo com a Resolução CONAMA 237/97, art. 6º, compete ao órgão ambiental municipal, quando couber, o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades de impacto ambiental local e daquelas que lhe foram delegadas pelo Estado.

Em seu art. 4º, VI, o Estatuto da Cidade apresenta tanto o EIA, quanto o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV), como instrumentos da Política Urbana.

Apesar da semelhança de nomenclaturas, o art. 38 dessa mesma política enfatiza que o EIV não substitui a elaboração do EIA. MILARÉ (2005) acredita que eles não se sobrepõem, uma vez que cada qual tem seu peso próprio e sua esfera específica de alcance e eficácia. Isso quer dizer que, mesmo tendo sido exigido o EIV, se este não se revelar suficiente para análise dos possíveis impactos, ainda assim pode ser exigido o EIA, que é muito mais abrangente.

Vale expor seu art. 37:

O EIV será executado de forma a contemplar os efeitos positivos e negativos do empreendimento ou atividade quanto à qualidade de vida da população residente na área e suas proximidades, incluindo a análise, no mínimo, das seguintes questões:

- I – adensamento populacional;
- II – equipamentos urbanos e comunitários;
- III – uso e ocupação do solo;
- IV – valorização imobiliária;
- V – geração de tráfego e demanda por transporte público;
- VI – ventilação e iluminação;
- VII – paisagem urbana e patrimônio natural e cultural.

Por fim, o art. 36 diz que “Lei municipal definirá os empreendimentos e atividades privados ou públicos em área urbana que dependerão de elaboração de EIV para obter as licenças ou autorizações de construção, ampliação ou funcionamento a cargo do Poder Público municipal”.

4.4 Erosão

De acordo com o dicionário Houaiss, a palavra erosão advém do verbo em latim erodere, que significa ação de corroer, gastar. SALOMÃO; IWASA citam INFANTI JR.; FORNASSI FILHO (1998) que definem erosão como um processo de desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas, pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e organismos (plantas e animais).

GUERRA (1998) apresenta duas fases do processo de erosão dos solos: remoção de partículas e transporte desse material, efetuado pelos agentes erosivos. Outra fase que pode ocorrer, segundo o autor, no caso da energia passa a ser insuficiente para dar continuidade ao transporte, é a deposição.

O autor afirma que os mecanismos dos processos erosivos básicos variam no tempo e no espaço, e que a erosão ocorre a partir do momento em que as forças que removem e transportam materiais excedem aquelas que tendem a resistir à remoção.

SANTOS; CALDEYRO (2007) afirmam que quando uma perturbação é provocada, a resposta do meio pode ser bastante diferente em função das características locais naturais e humanas, ou seja, cada fração de território tem uma condição intrínseca que, em interação com o tipo e magnitude do evento que induzimos, resulta numa grandeza de efeitos adversos. A essa condição as autoras chamam de vulnerabilidade. Explicam também que há duas questões importantes a considerar para entender vulnerabilidade: a persistência, que é a medida do quanto um sistema, quando perturbado, se afasta do seu equilíbrio ou estabilidade sem mudar essencialmente seu estado e a resiliência, ou seja, a capacidade de um sistema retornar ao seu estado de equilíbrio, após sofrer um distúrbio. Em um território de baixa persistência e baixa resiliência provavelmente a vulnerabilidade é alta e, neste caso, quase sempre os danos são irreparáveis.

4.4.1 Fatores condicionantes da erosão

Os fenômenos associados às causas de processos erosivos são divididos em dois conjuntos de fatores ou condicionantes: fatores antrópicos e naturais. WEILL; PIRES NETO (2007) apontam que o clima, o relevo e o solo condicionam, em conjunto, o potencial natural de erosão em dado local, uma vez serem recursos naturais não controlados nem passíveis de remoção pelo Homem. Já o tipo de uso, manejo e as práticas conservacionistas são considerados fatores antrópicos, que podem ser alterados tendo em vista o controle da erosão.

Vale ressaltar que aos fatores naturais está ligada a erosividade, que seria a intensidade de causar erosão dos diferentes agentes deflagradores. A erodibilidade estaria associada ao solo ou rocha, e seria sua facilidade de desenvolver processos erosivos.

BERTONI; LOMBARDI NETO (2005) acreditam que para encontrar soluções adequadas ao problema da erosão, é necessário pesquisar as inter-relações dos fatores contribuintes, pois ainda que alguns não se possam modificar diretamente, todos podem ser controlados, compreendendo-se bem a forma como atuam.

4.4.1.1 Fatores Naturais

A. Chuva

A chuva é um dos fatores climáticos de maior importância na erosão dos solos. O volume e a velocidade da enxurrada dependem da intensidade, duração e frequências da chuva. A intensidade é o fator pluviométrico mais importante na erosão (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005).

A água da chuva provoca erosão pelo impacto das gotas de água sobre a superfície do solo, e através do fluxo concentrado das águas de escoamento superficial (INFANTI JR.; FORNASSI FILHO,

1998). Quando o solo atinge seu ponto de saturação, a infiltração cessa, e o restante da água que precipita passa a escoar superficialmente.

SELBY (1993) apud SILVA (2003) afirma que a erosão pelo impacto da chuva é responsável por quatro efeitos: desagregação das partículas do solo; pequeno deslocamento lateral (rastejamento); saltação de partículas juntamente com as gotas de chuva (“splash”) e distribuição das partículas.

A mecânica da erosão pelas chuvas deve-se à combinação do tamanho e velocidade das gotas de chuva com a duração das precipitações e a velocidade do vento. Quando as gotas de chuva atingem o solo, deslocam grãos e agregados, que podem, então, ser carregados pelo escoamento superficial ou pelo vento (MOREIRA; PIRES NETO, 1998).

INFANTI JR.; FORNASSI FILHO (1998) acreditam que mudanças no regime de escoamento superficial e subsuperficial são apontadas como principal causa dos processos erosivos.

A água do escoamento superficial é a mais importante agente de transporte, quando a erosão é causada pela chuva. O escoamento pode se mover sobre o terreno, de diversas maneiras, como em amplas superfícies, sem apresentar canais perceptíveis, como uma lâmina delgada de água denominando escoamento laminar, ou então a água se movimenta concentrada em micro-canais temporários, canais definitivos ou canais profundos, denominando escoamento concentrado (PEJON; ZUQUETTE (2001) apud YAMANOUTH, 2003).

No caso do escoamento subsuperficial, ele é formado pelas águas que infiltram, exceto a parcela que fica retida pelo solo. De acordo com ANDERSON; BURT (apud YAMANOUTH (2003), a movimentação do escoamento subsuperficial pode ser de três maneiras distintas, através dos macroporos, através dos condutos (pipes), ou através da matriz do solo.

MORGAN (1996) diz que, apesar de ser a gota da chuva que desagrega as partículas do solo, é o escoamento superficial que as transporta para locais de maior concentração de fluxo e, dependendo da carga do sedimento, e da capacidade de transporte do fluxo, pode haver mais desprendimento de partículas ou sua deposição. Ele afirma, ainda, que muitas das práticas de conservação do solo são voltadas para reduzir os volumes de escoamento superficial.

Por fim, GUERRA (1998) diz que, apesar de haver o reconhecimento da tendência do aumento da erosão, à medida que os totais de chuva aumentam, especialmente em áreas agrícolas, este parâmetro deveria ser levado em conta apenas para dar uma idéia do relacionamento entre chuva e erosão.

B. Cobertura Vegetal

BERTONI; LOMBARDI NETO (2005) afirmam que a cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão, sendo que o efeito na erosão pode ser assim resumido:

- a. proteção direta contra o impacto das gotas de chuva;
- b. dispersão da água interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo: quando a gota cai em um terreno coberto com densa vegetação, ela se divide em inúmeras gotículas, diminuindo também sua força de impacto
- c. decomposição das raízes das plantas que formando canalículos no solo aumentam a infiltração; e
- d. melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando a sua capacidade de retenção de água; diminuição da velocidade de escoamento superficial: a vegetação, ao decompor-se, aumenta o conteúdo de matéria orgânica e de húmus do solo, melhorando sua porosidade e a capacidade de retenção de água.

Os autores ainda ressaltam a importância da vegetação na erosão eólica, reduzindo a velocidade do vento na superfície do solo e absorvendo a maior parte da força exercida por ele.

GUERRA (1998) comenta, no entanto que, dependendo do tipo de cobertura vegetal, ela pode apresentar papel inverso, concentrando a água e causando erosão, especialmente pelo impacto das gotas.

C. Características das Encostas

Os fatores relativos às encostas podem afetar a erodibilidade dos solos de diferentes maneiras: por meio da declividade, do comprimento e da forma da encosta.

INFANTI JR; FORNASSI FILHO (1998) enfatizam a influência da declividade e do comprimento da encosta, que interferem diretamente na velocidade do escoamento superficial das águas pluviais. Eles afirmam que os terrenos com maiores declividades e maiores comprimentos de rampa apresentam maiores velocidades do escoamento superficial e, conseqüentemente, maior capacidade erosiva; mas uma encosta com baixa declividade e comprimento de rampa grande também pode ter alta intensidade erosiva, desde que sujeita à grande vazão do escoamento das águas superficiais .

FONTES (1999) aponta a declividade como fator mais relevante no desenvolvimento de processos erosivos. No entanto RODRIGUES (1982) distingue as declividades nas partes alta, média e baixa da encosta. A Figura 2 mostra dois tipos de encosta, convexa (a) e côncava (b), em perfil longitudinal. A primeira apresenta o topo quase plano, a parte média mais inclinada e a base com elevada declividade, que é onde, normalmente, se inicia o processo erosivo por escoamento superficial. Com a segunda ocorre o inverso.

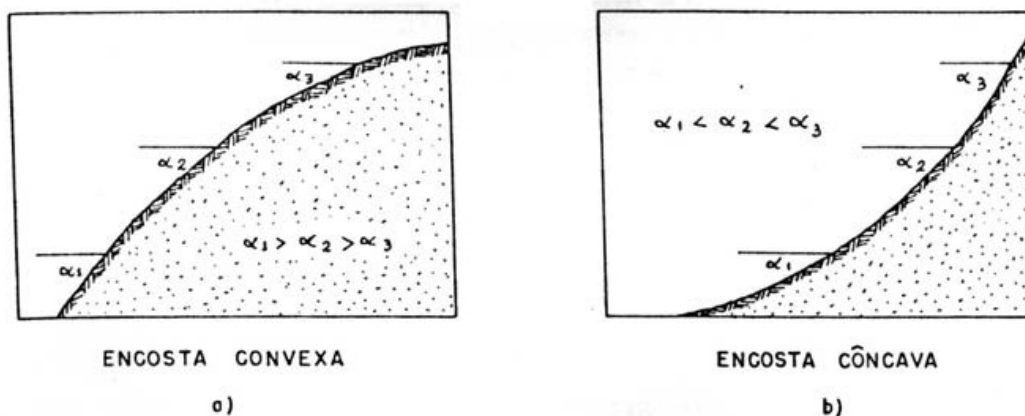


Figura 2: Declividades em encostas côncava e convexa (Rodrigues, 1982)

Há diferentes maneiras de classificar o relevo. MOREIRA; PIRES NETO (1998) mostram a classificação do relevo com relação ao ângulo de declividade e gradiente (Tabela 1).

Tabela 6: Classificação do relevo com relação ao ângulo de declividade e gradiente (MOREIRA; PIRES NETO, 1998)

Ângulo (°)	Gradiente (%)	Classificação
<2	<2	Plano
2 a 5	3,29 a 8,75	Brando
5 a 10	8,75 a 17,6	Moderado
10 a 18	17,6 a 30	Pouco íngreme
18 a 30	30 a 54,7	Íngreme
30 a 45	54,7 a 100	Muito íngreme
>45	> 100	Penhasco

WEILL; PIRES NETO (2007) sinalizam para a importância das formas das vertentes (côncava, convexa e retilínea), pelo fato delas definirem o tipo de escoamento das águas pluviais: as encostas de contorno convexo geralmente são distribuidoras de água, enquanto que as encostas de contorno côncavo são coletoras de água. Nestas, justamente por concentrarem o fluxo de água, são encontradas a maioria das voçorocas (Figura 3).

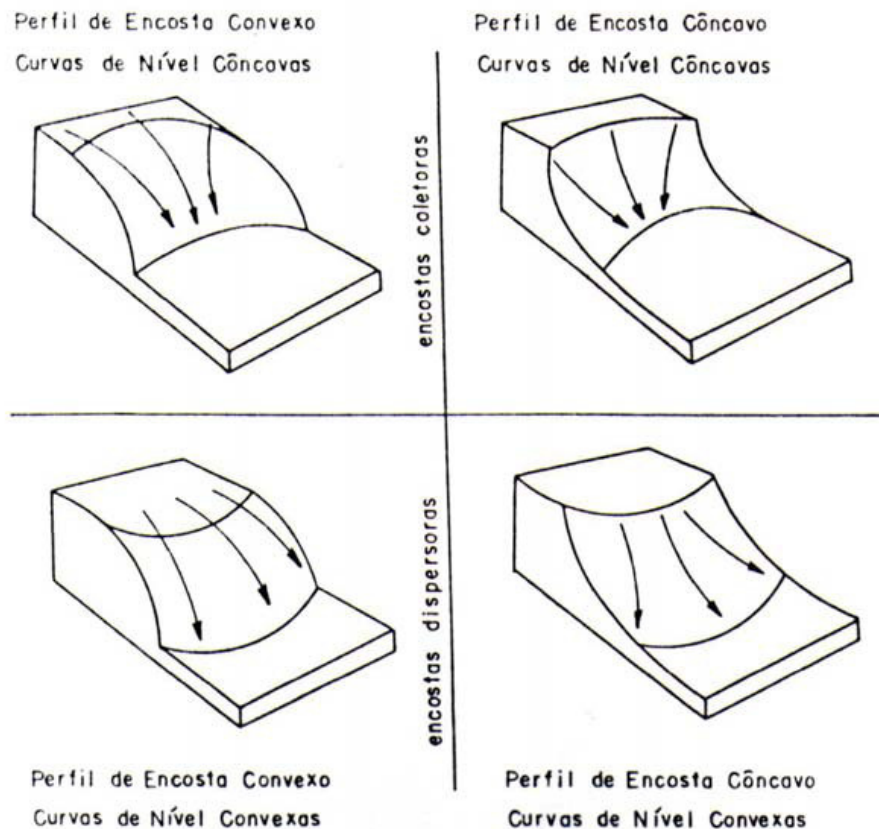


Figura 3: Formas de encosta (Fonte: Rodrigues, 1982)

HARDLEY et al. (1985, apud GUERRA, 1998) chamam a atenção de que a forma das encostas pode ser até mais importante do que a declividade na erosão dos solos.

BERTONI; LOMBARDI NETO (2005) mencionam algo importante referente aos efeitos do declive côncavo e convexo. Eles afirmam que esse fator é freqüentemente negligenciado em vista da divergência de resultados encontrados pelos pesquisadores. Contudo, dados escassos indicam que o uso do gradiente médio de um comprimento de rampa pode subestimar as perdas de solo de declives convexos e superestimar as dos côncavos.

A rugosidade da encosta também é um fator bastante importante nos processos erosivos. Segundo SERRA JÚNIOR; OJIMA (1998), ela influencia especialmente na resistência ao cisalhamento, já que são ondulações e, dependendo do ângulo de atrito, há ruptura.

D. Solo e Substrato Rochoso

BERTONI; LOMBARDI NETO (2005) destacam a textura, estrutura, permeabilidade e densidade, assim como as características químicas e biológicas do solo como as principais propriedades influentes na erosão do solo.

A textura, ou seja, o tamanho das partículas influi na capacidade de infiltração e absorção de água da chuva, interferindo no potencial de enxurradas no solo, e também na maior ou menor coesão entre as partículas. Assim, solos de textura arenosa são normalmente porosos, permitindo rápida infiltração das chuvas e dificultando o escoamento superficial; entretanto, como possuem baixa proporção de partículas argilosas, apresentam maior facilidade a erosão (INFANTI; FORNASSI FILHO, 1998). GUERRA (1998) afirma que a textura afeta a erosão pelo fato de algumas frações granulométricas serem removidas mais facilmente do que outras, como é o caso das areias. Uma série de trabalhos citados pelo autor (FARMER, 1973; BRYAN, 1974; POESEN, 1984) que confirmaram a maior erodibilidade nas areias, especialmente aqueles de granulometria média. No caso do teor silte, ele também aumenta a susceptibilidade dos solos em serem erodidos. As argilas, por sua vez, se por um lado dificultam a infiltração, por outro são mais difíceis de serem removidas, especialmente quando se apresentam em agregados. O autor salienta, no entanto que, apesar do reconhecimento da importância da textura na erodibilidade dos solos, as porcentagens de areia, silte e argila devem ser levadas em consideração e, conjunto com outras propriedades, porque a agregação dessas frações granulométricas é afetada por outros elementos, como o teor de matéria orgânica.

WEILL; PIRES NETO (2007) enfatizam a relevância da granulometria e da estrutura do solo na permeabilidade do solo e no grau de coesão entre as partículas. Eles comentam que os solos arenosos, embora possuam uma porosidade total inferior à dos solos argilosos e aos de textura média, apresentam muitos macroporos que facilitam a infiltração de água, diminuindo o escoamento superficial. No entanto, a baixa coesão entre as partículas facilita a erosão mesmo com pequenas chuvas.

SALOMÃO; IWASA (1995, apud INFANTI; FORNASSI FILHO, 1998) definem estrutura como o modo como se arranjam as partículas do solo, e afirma que ela influi na capacidade de infiltração e absorção da água da chuva, e na capacidade de arraste de partículas do solo. BERTONI; LOMBARDI NETO (2005) acrescentam que há dois aspectos de estrutura do solo a ser considerado no estudo da erosão:

- a. A propriedade físico-química da argila que faz com que os agregados permaneçam estáveis em presença de água;
- b. A propriedade biológica causada pela abundância de matéria orgânica em estado de ativa decomposição: a diminuição da erosão pela estabilidade dos agregados deve-se ao efeito de coesão das partículas proporcionado pelos produtos da decomposição.

Os autores ressaltam ainda mais a importância da matéria orgânica no controle da erosão. Nos solos argilosos, ela modifica a estrutura, melhorando as condições de arejamento e de retenção de água. Nos solos arenosos, a aglutinação das partículas, firmando a estrutura e diminuindo o tamanho

dos poros, aumenta a capacidade de retenção de água. A matéria orgânica retém de duas a três vezes o seu peso em água, aumentando assim a infiltração. A profundidade do solo, por sua vez, e as características do subsolo contribuem para a capacidade de armazenamento de água.

GUERRA (1998) conclui que diversos estudos parecem confirmar que a matéria orgânica é o melhor agente agregador do solo, melhor até que a argila, aumentando a estabilidade dos agregados.

Além da matéria orgânica, WEILL; PIRES NETO (2007) indicam a argila, os sesquióxidos de ferro e alumínio, os cátions bivalentes são agentes cimentantes como estabilizantes da estrutura e agregadores do solo.

Outro ponto salientado pelos autores é a espessura dos solos também interfere na erodibilidade à medida que os solos mais rasos tornam-se rapidamente saturados de água o que favorece a ocorrência de enxurradas e, portanto, de uma ação mais intensa do escoamento superficial.

WEILL; PIRES NETO (2007) acrescentam que a constituição, a textura e a estrutura de substratos rochosos são fatores que condicionam a susceptibilidade dos materiais à alteração e aos processos de erosão, uma vez que os materiais mais alteráveis propiciam a formação de horizontes de solos mais espessos, disponibilizando maior quantidade de material para a ação dos processos erosivos. Isso faz com que o manto da alteração seja mais ou menos profundo.

GUERRA; CUNHA (1995) apud SILVA (2003) relaciona a densidade dos solos à capacidade de compactação, e acrescenta que ela é inversamente proporcional à porosidade. GUERRA (1998) explica que à medida que o teor de matéria orgânica diminui, há ruptura dos agregados, crostas se formam na superfície do solo, aumentando sua compactação e, conseqüentemente, a densidade aparente.

O autor aponta o pH como outro fator relevante à erodibilidade dos solos. Quando estes são ácidos, há déficit de cálcio, um elemento conhecido em contribuir na retenção do carbono, através da formação de agregados, que combinam húmus e cálcio.

E. Material Inconsolidado

De acordo com ZUQUETTE (1987, apud YAMANOUTH, 2003), material inconsolidado para todo perfil de alteração, incluindo colúvio, solo residual maduro, solo residual jovem e saprolito. Em seu trabalho, a autora utiliza tal terminologia por se tratar de um termo mais abrangente, uma vez que considera todo o perfil de alteração.

4.4.1.2 Fatores Antrópicos

FRIENDRICH et al. (1997) elenca as principais agressões causadas pelo Homem:

- Retirada da cobertura vegetal;
- Agricultura com manuseio impróprio, tais como culturas esgotantes, plantio morro abaixo, entre outras;
- Formação de pastos com alta densidade de animais, proporcionando excessivo pisoteio;
- Abertura de valetas perpendiculares às curvas de nível;
- Abertura de estradas, se o devido cuidado na execução de obras de drenagem para coletar, transportar e restituir as águas captadas e acumuladas;
- Execução de loteamentos, sem os cuidados anteriores e com inobservância das práticas e normas de conservação do solo e de controle da erosão.

4.4.2 Tipos de Feições Erosivas

A erosão pode ser dividida em natural (normal ou geológica) e acelerada (antrópica). A primeira, afirmam INFANTI; FORNASSI FILHO (1998), consiste na erosão que se desenvolve em condições de equilíbrio com a formação do solo, e a segunda é aquela cuja velocidade é superior à velocidade de formação do solo.

YAMANOUTH (2003) fala que a erosão pode ser classificada quanto ao tipo de fluxo de água como erosão laminar (ou em lençol) e linear.

4.4.2.1 Erosão Laminar

A erosão laminar ocorre quando o fluxo é difuso na superfície do solo como todo e o escoamento da água não se concentra em canais definidos. INFANTI; FORNASSI FILHO (1998) acrescentam que tal forma de erosão resulta na remoção progressiva e uniforme dos horizontes superficiais do solo.

4.4.2.2 Erosão Linear

Na erosão linear, YAMANOUTH (2003) comenta que o fluxo é concentrado formando incisões no solo em forma de filetes ou canais carregando material inconsolidado, dando origem às feições erosivas como sulcos, ravinas e voçorocas.

Os sulcos, segundo CANIL et al. (1995, apud FERREIRA, 2004), apresentam-se como pequenas incisões em forma de filetes muito rasos (Figura 4). BERTONI; LOMBARDI NETO (2005) dizem que os sulcos resultam de pequenas irregularidades na declividade do terreno, que faz com que a enxurrada, concentrando-se em alguns pontos do terreno, atinja volume e velocidade suficientes para formar riscos mais ou menos profundos.



Figura 4: Sulcos (Bacia do Espraiado, São Pedro – SP – Novembro de 2007)

As ravinas (Figura 5) ocorrem quando os sulcos evoluem e se aprofundam (IWASA; FENDRICH, 1998). WEILL; PIRES NETO (2007) dizem que, com a evolução do fluxo linear, a concentração de sedimentos em seu interior provoca um forte atrito entre as partículas e o fundo dos pequenos canais, aumentando a erosão nesses canais. O desenvolvimento de microrravinas constitui estágio seguinte de evolução do escoamento superficial, no desenvolvimento de ravinas ou canais. Os autores ressaltam que nesse estágio, a água escoava concentrada em canais bem definidos, mas ainda bem pequenos, sendo que a turbulência do fluxo aumenta bastante. Com a continuidade do processo no espaço e no tempo, a evolução de ravinas prossegue com a formação de cabeceiras, coincidindo com um segundo pico na produção de sedimentos. Posteriormente, podem se desenvolver bifurcações nos pontos de ruptura.



Figura 5: Ravina (Bacia do Espriado, São Pedro – SP – Novembro de2007)

Segundo MORGAN (1986) apud GUERRA (1998), a maior parte dos sistemas de ravinas é descontínua, isto é, não tem nenhuma conexão com a rede de drenagem fluvial. Excepcionalmente, uma ravina pode evoluir para um canal de água permanente, desembocando em um rio; nesse caso, quase sempre, quando chega a esse estágio, já evoluiu para uma voçoroca.

GUERRA (1998) ainda afirma que as ravinas podem ser formadas próximas à base das encostas, em que uma pequena incisão recua em direção ao topo da encosta. O autor avalia que a evolução de ravinas pode se dar pela ação de gotas de chuva entre ravinas, que intensifica a remoção de sedimentos nessa região.

MORGAN (1986) apud GUERRA (1998) demonstrou que as características hidráulicas de um fluxo de água passam por quatro estágios distintos durante a formação de ravinas:

- a. Escoamento superficial difuso;
- b. Escoamento superficial, com alguma concentração, em pontos preferenciais;
- c. Escoamento concentrado em microcanais, sem cabeceiras definidas;
- d. Escoamento concentrado em microcanais, com cabeceiras definidas.

A formação de ravinas é um processo erosivo crítico, sendo seu reconhecimento de grande importância prática em conservação do solo e da água. No entanto, o aprofundamento das ravinas e a intensificação dos processos erosivos superficiais podem evoluir para a formação de *voçorocas* ou boçorocas, que podem interceptar o lençol freático (WEILL; PIRES NETO, 2007).

Em relação à diferenciação de ravinas e *voçorocas*, os autores supracitados comentam que ela vem sendo feita por critérios dimensionais e genéticos. GUERRA (1998) define ravinas como sendo

incisões de até 50 cm de largura e profundidade; acima disso as incisões erosivas seriam denominadas voçorocas. A Figura 6 apresenta uma voçoroca na Bacia do Córrego do Espriado.



Figura 6: Voçoroca (Bacia do Espriado, São Pedro – SP. Novembro de 2007)

Há ainda a erosão interna, ou entubamento (*piping*), a qual é desencadeada pelo aumento do escoamento subsuperficial, que forma uma cavidade tubular no interior do solo, por onde concentra o fluxo hidráulico, intensificando a desagregação das partículas.

GUERRA (1998) afirma que os dutos (pipes) são responsáveis pelo transporte de grande quantidade de material, em subsuperfície e, à medida que esse material vai sendo removido, os diâmetros desses dutos vão se ampliando, podendo resultar em colapso do solo situado acima. Esse processo pode dar origem a grandes voçorocas, assim como esses dutos podem surgir nas paredes destas, ampliando-as.

Por fim, outro tipo de processo erosivo é o solapamento de margens fluviais denominada como erosão marginal. Este tipo de feição se desenvolve em planícies fluviais e aparece como importante fator no retrabalhamento de sedimentos depositados nos fundos de vale (terraços fluviais e depósitos de assoreamento recentes). Este processo também ocorre, muitas vezes, em linhas de talvegue ou cursos d'água perenes de primeira ordem, por meio do alargamento do canal fluvial (RIDENTE JÚNIOR, 2000, apud YAMANOUTH, 2003).

A Figura 7 deve facilitar o entendimento dos processos erosivos e seus agentes.

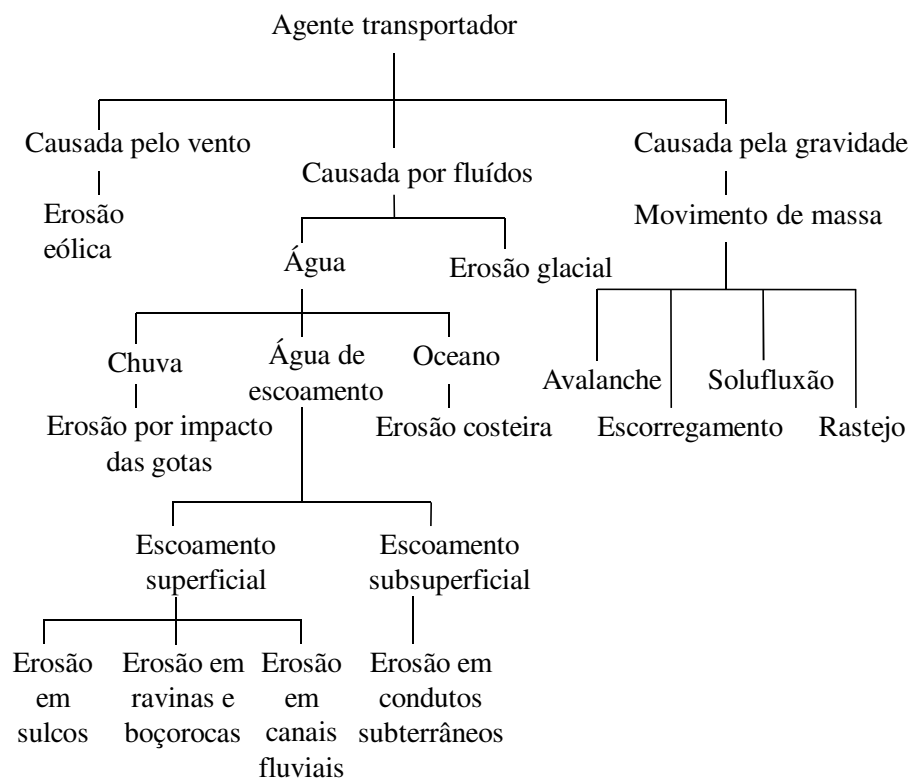


Figura 7: Tipos de Erosão (LAL, 1990, modificado, apud YAMANOUTH, 2003)

4.5 Erosão Urbana

A urbanização, como toda obra que interpõe estruturas pouco permeáveis entre o solo e a chuva, provoca um aumento do escoamento devido à diminuição da infiltração, numa mudança de regime de escoamento localmente mais drástica, do que aquela provocada pelo desmatamento. Assim, provoca a concentração das águas pluviais em cabeceiras de drenagens desencadeando a formação de processos erosivos nas próprias vias, que constituem os principais condutos das águas captadas pelos telhados das edificações, somadas ao escoamento superficial local (ALMEIDA FILHO, 1998, apud FERREIRA, 2004).

Segundo o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (2000), a origem da erosão urbana está associada à falta de planejamento adequado que considere as particularidades do meio físico e às condições sociais e econômicas das tendências de desenvolvimento da área urbana.

O Relatório também indica as principais causas do desencadeamento e evolução da erosão nas cidades, as quais seriam o traçado inadequado do sistema viário, freqüentemente agravado pela falta de pavimentação, guias e sarjetas; a deficiência do sistema de drenagem de águas pluviais e servidas;

e a expansão urbana descontrolada, com implantação de loteamentos e conjuntos habitacionais em locais não apropriados sob o ponto de vista geotécnico.

De acordo com MOTA (1981), as principais conseqüências da erosão, no meio urbano, são:

- Obstrução de cursos d'água, aumentando as possibilidades de ocorrência de inundações e causando prejuízos à navegação;
- Redução da capacidade de armazenamento de água em reservatórios, prejudicando o abastecimento público e industrial, a prática de recreação ou de outro uso;
- Alteração na qualidade da água, influenciando na elevação do custo de tratamento;
- Alterações ecológicas no ambiente aquático. A mudança na cor da água e a deposição de materiais no fundo de reservatórios ou cursos d'água podem causar reduções nos tipos e quantidades de organismos aquáticos;
- Modificações na estrutura natural do solo, provocando deslizamentos, rachaduras, fendas e outros efeitos que exigem obras de engenharia, às vezes onerosas, para reparos.

IWASA; FENDRICH (1998) enfatizam os riscos à comunidade devido ao grande poder destrutivo das erosões urbanas. As condições de risco, continuam os autores, são muitas vezes agravadas por tentativas desastrosas de contenção de erosão, com emprego de medidas paliativas ou totalmente desaconselháveis (áreas erodidas usadas para deposição de lixo).

4.6 Delimitação de Feições Erosivas

SOUZA (2001) ressalta que, independente do método utilizado para delimitação de feições erosivas, é preciso considerar criteriosamente sua potencialidade e limitações, adequando-os aos objetivos visados.

Na Tabela 2 são apresentados os principais métodos utilizados na delimitação de feições erosivas.

Tabela 7: Principais métodos utilizados na delimitação de feições erosivas (SOUZA, 2001)

Recursos utilizados	Emprego		Objetivos	Recomendações
	Campo (direto)	Laboratório (indireto)		
<u>Georreferenciados</u>				
<u>Produtos Cartográficos</u>				
Mapas topográficos	x	x	Localização, delimitação e monitoramento da evolução das feições erosivas	Utilizar escala adequada, de acordo com o objetivo da pesquisa
Ortofotos	x	x	Localização, delimitação e monitoramento da evolução das feições erosivas	Utilizar escala adequada, de acordo com o objetivo da pesquisa
Perfilagens		x	Representação, de uma maneira gráfica, da evolução das feições erosivas no período de monitoramento	Utilizar escala adequada, de acordo com o objetivo da pesquisa
<u>Sensoriamento Remoto</u>				
Fotografias aéreas	x	x	Cadastramento, análise temporal (avanço, recuo e estabilização) das feições erosivas	Adequar escalas de acordo com o objetivo do trabalho
Imagens de satélite		x		
<u>Equipamentos</u>				
GPS	x	x	Localização, delimitação do contorno das feições erosivas, cálculo da área e comprimento	Adequar a precisão do equipamento com a escala de trabalho (seu uso é limitado em áreas onde a cobertura vegetal é densa)
Geodímetro (estação total)	x	x	Delimitação do contorno das feições erosivas, cálculo da área e comprimento	Adequar a precisão do equipamento de acordo com a escala do trabalho
Teodolitos	x		Delimitação do contorno das feições erosivas, cálculo da área e comprimento	Adequar a precisão do equipamento de acordo com a escala do trabalho
Clinômetros			Inclinação das faces internas das feições erosivas	Adequar a precisão do equipamento de acordo com a escala do trabalho

4.7 Sensoriamento Remoto

A definição clássica do termo *sensoriamento remoto* (SR) refere-se a um conjunto de técnicas destinado à obtenção de informação sobre objetos, sem que haja contato físico com eles (INPE, 2006).

Segundo o IBGE (1998), sensoriamento remoto se dá por meio da utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento e transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves, etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra, em suas mais diversas manifestações.

ENVI (apud PONS, 2006) afirma que a determinação da natureza dos alvos pelos métodos de sensoriamento remoto é baseada no fato de que diferentes materiais são caracterizados por reflectâncias próprias em cada banda de espectro. Quando as respostas espectrais são conhecidas, as propriedades de alvos desconhecidos podem ser determinadas pela comparação das respostas espectrais desses alvos com os dados de referencia.

4.7.1 Fotogrametria e Fotointerpretação

As fotografias aéreas contribuem para a apresentação de detalhes quanto à ocupação territorial e à cobertura vegetal, permitindo a comparação histórica da ocupação e possibilitando uma projeção dos limites de ocupação (POLZ; PINHEIRO, 2002, apud PONS, 2006).

Além dessas informações oriundas da interpretação de fotos aéreas, informações geológicas tanto qualitativas, quanto quantitativas, segundo RAY (1963), são também obtidas a partir delas.

MARCHETTI; GARCIA (1977) definem fotointerpretação como sendo a arte de examinar as imagens obtidas dos objetos nas fotografias e de deduzir sua significação. Os autores afirmam que, mesmo para iniciantes, consideráveis informações podem ser colhidas a partir de um exame em uma simples fotografia aérea. É um assunto para determinações gerais, tais como orientação geográfica, perímetro urbano, estradas de rodagem, importantes cursos d'água e classificação das principais formas topográficas. Porém, muitas outras informações podem ser obtidas e deduções muito mais precisas podem ser inferidas através da estereoscopia ou observações em 3D, fornecida por um par de fotos aéreas.

4.7.2 Estereoscopia

Segundo INPE, a visão em 3D é possível devido ao chamado efeito de paralaxe. Este efeito consiste na possibilidade de observação simultânea de um mesmo objeto segundo dois ângulos de observação distintos, ou seja, a cada olho é fornecida uma imagem. Este efeito é utilizado pelo cérebro humano para proporcionar a percepção de profundidade, no caso específico da visão humana. Este efeito é aproveitado ao se obterem fotografias aéreas para que possa reproduzir a percepção humana de visão em profundidade.

MARCHETTI; GARCIA (1977) acrescentam que a visão binocular permite a percepção de profundidade no intervalo correspondente à distância interpupilar do observador (± 7 cm). A profundidade é dada pela diferença de ângulos com que são vistos os objetos, como é mostrado na Figura 8.

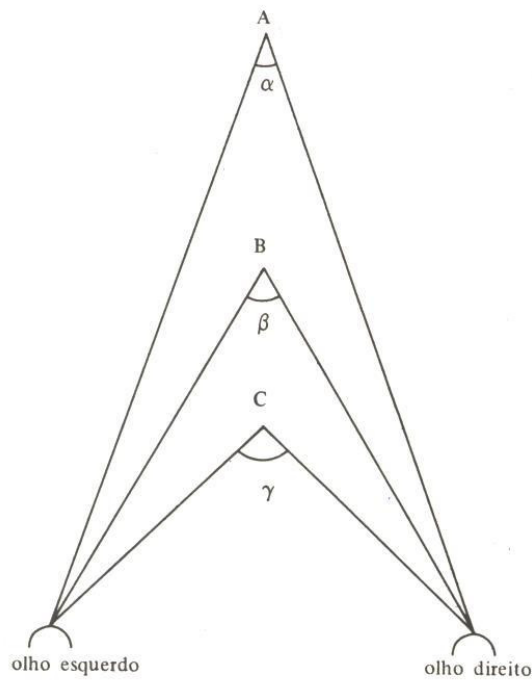


Figura 8: Ângulos de visão dos objetos A, B e C (MARCHETTI; GARCIA, 1977)

Os autores explicam que as fotografias aéreas são tomadas de tal maneira que um mesmo objeto aparece em duas fotografias sucessivas, tiradas de ângulos diferentes. Com essas duas fotografias (um estereograma), faz-se chegar a cada olho uma imagem do objeto a ser estudado (Figura x). Uma vez feita a fusão das duas imagens, obtém-se a percepção estereoscópica (3D).

AMORIM (2000) diz que há dois tipos de estereoscópio: os compostos por lentes e espelhos, e aqueles apenas com lentes.

ALVES (1999); MACHADO (1997, apud SISCOOTTO et. al, 2004) afirmam as lentes direcionam uma das imagens do par estereoscópico (ou estereograma) para o olho direito e a outra para o olho esquerdo, permitindo visualizar-se a imagem de forma tridimensional. Ele separa fisicamente as visões esquerda e direita, eliminando a possibilidade do cruzamento entre as visões. No essencial, o estereoscópio é constituído por um par de lentes convexas montadas sobre um suporte. O esquema básico de funcionamento de um estereoscópio é fornecido na Figura 9.

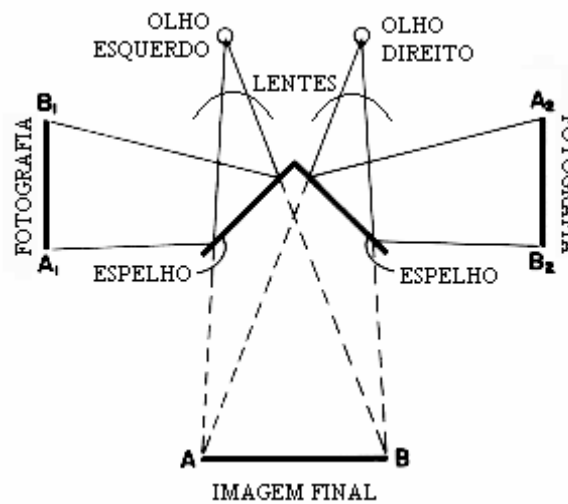


Figura 9: Esquema básico de funcionamento de um estereoscópio (SISCOOTTO et al., 2004)

AMORIM (2000) explica que estereoscópios munidos de lentes e espelhos permitem um afastamento maior das fotografias que, pelas suas dimensões, ficam parcialmente superpostas quando examinadas num estereoscópio munido apenas de lente.

A Figura 10A mostra um estereoscópio de lente, com uma armação simples de metal que suporta o par de lentes simples. A Figura 10b apresenta um estereoscópio de espelhos.

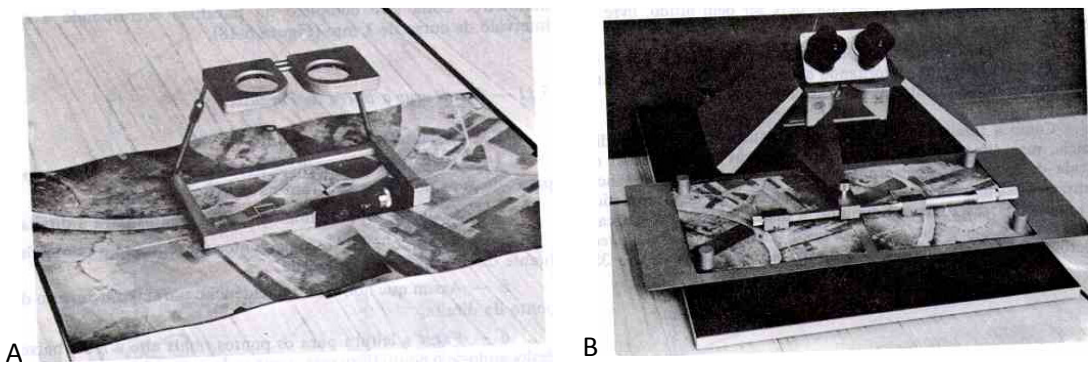


Figura 10: Estereoscópio de lente, com uma armação simples de metal que suporta o par de lentes simples (A) e estereoscópio de espelhos (B) (MARCHETTI; GARCIA, 1977).

Para que um mesmo objeto apareça nas duas fotografias, o recobrimento horizontal (linha de vôo) é de 60% e o lateral é de 30% (Figuras 11 e 12).

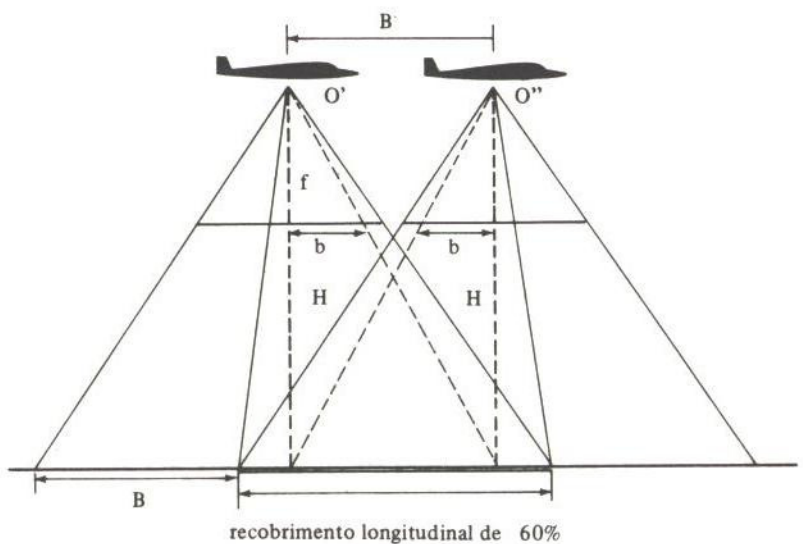


Figura 11: Relações entre duas fotos com recobrimento longitudinal (MARCHETTI; GARCIA, 1977)

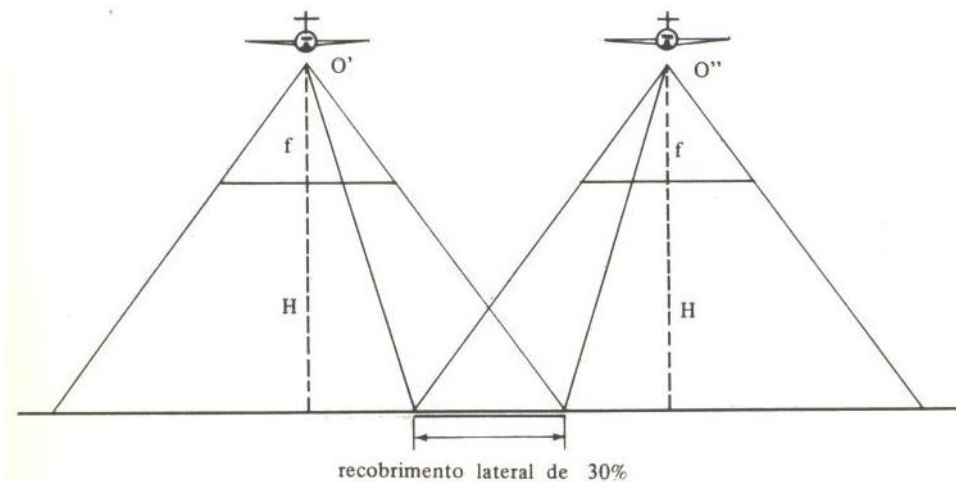


Figura 12: Relações entre duas fotos com recobrimento lateral (MARCHETTI; GARCIA, 1977)

4.7.3 Ortofoto

TOMMASELLI (2002, apud PONS, 2006) afirma que a diferença entre uma ortofoto e uma fotografia aérea convencional é que essa última é uma representação em perspectiva do espaço, ou seja, significa que dois pontos com as mesmas coordenadas planimétricas, mas em diferentes altitudes serão registrados em diferentes posições na imagem.

Ortofotos são obtidas por meio da ortorretificação. TOMMASELLI (2002, apud PEJON (2007) define ortorretificação como sendo o processo de retificação diferencial de imagens aéreas que tem por objetivo remover efeitos da inclinação, deriva, variações de altitude da câmara aérea e deslocamentos devidos ao relevo. FURQUIM E SALLEM FILHO (apud PONS, 2006) elencam os seguintes elementos básicos necessários para a geração de uma ortofoto digital: imagem digital, pontos de controle, modelo digital do terreno (MDT) e parâmetros da câmara.

Segundo TOMMASELLI (2002, apud PONS, 2006), a produção de ortoimagens obedece às etapas de digitalização das fotos aéreas, orientação, preparação do MDT, transformação geométrica e mosaicagem. Na primeira etapa, há a preparação a digitalização das fotografias aéreas, feita por meio de scanners de tamanho adequado para tal operação. Na segunda etapa, de orientação, essa é normalmente subdividida em orientação interior e exterior. A orientação interior de fotografias é baseada nas coordenadas das marcas fiduciais, aplicando-se ainda, as correções de demais erros sistemáticos. A orientação exterior pode se obtida de várias formas, e consiste em inserir pontos de referência (coordenadas e altitude) da área que se deseja ortorretificar. A etapa seguinte refere-se

ao MDT, que é um dado fundamental do processo em que é usado para corrigir imagens. A partir deste modelo será interpolado um valor de altitude para cada pixel da ortofoto. A exatidão da ortoimagem dependerá da qualidade do MDT. A etapa de transformação geométrica, que é a transformação da imagem original na ortoimagem, tem duas abordagens – a direta e a inversa – sendo que a segunda é mais usada. Nessa abordagem o processo de produção começa com uma imagem vazia que corresponde a ortoimagem no terreno; para cada pixel da imagem associa-se uma altitude a partir da interpolação local de elementos do MDT. Usando as coordenadas do pixel, sua altitude interpolada e os elementos de orientação interior e exterior da imagem, calcula-se a projeção desse pixel na imagem original e interpola-se o seu tom de cinza (ou cor), atribuindo-se a este valor ao pixel ortoimagem. Assim, a imagem é ortorretificada. No caso de haver mais de uma imagem, resta apenas juntá-las, por meio da mosaicação.

4.8 Elementos de Reconhecimento

4.8.1 Tom Fotográfico

RAY (1963) e MANCHETTI; GARCIA (1977) explicam que a tonalidade fotográfica é a quantidade de luz refletida por um objeto e registrada numa fotografia preto e branco. Ainda afirmam que o olho humano tem habilidade para diferenciar mudanças sutis de tom.

Os autores afirmam que a despeito dos muitos fatores que podem afetá-lo, o tom fotográfico pode ser um elemento de interpretação útil. Por exemplo, solos que retêm mais água são mais argilosos e com maior teor de matéria orgânica. Na fotografia aérea, estes solos aparecerão mais escuros, tornando-se fácil a demarcação dos limites entre os solos.

4.8.2 Cor

É fato bem confirmado que o olho humano pode diferenciar cerca de 1000 vezes mais combinações de cores primárias e suas gradações do que de combinação de cinzento, característico das fotografias em preto e branco e, portanto, pode-se concluir que as fotografias aéreas em cores proporcionarão maior número de detalhes para serem reconhecidos e interpretados (RAY, 1963).

A maior limitação ao uso de fotografias colorias, segundo MANCHETTI; GARCIA (1977), é a altitude de vôo, condicionando a escala a ser utilizada. Sabe-se que, quanto maior a altitude, maior a influência da névoa, fazendo com que possíveis diferenças entre cores sejam amenizadas ou até

mascaradas. Os autores ressaltam, no entanto, a importância da interpretação das cores tanto para estudo de solos, quanto no estudo da vegetação.

4.8.3 Textura

Textura foi definida por COLWELL (1952), como apresenta RAY (1963), como "a frequência de mudança de tom dentro da imagem" e "produz-se por um agregado de aspectos de unidades demasiadamente pequenas para, com clareza, discernirem-se individualmente na fotografia". A escala, prossegue o autor, tem importante comportamento nesta definição da textura.

Texturas fotográficas têm sido descritas como: grossa, fina, áspera e aveludada (fofa). Porém, a menos que a descrição seja acompanhada de fotografias, para que possa haver base de comparação, tal critério torna-se bastante subjetivo.

4.8.4 Padrão

Padrão diz respeito ao arranjo espacial ordenado de aspectos geológicos, topográficos ou de vegetação. O arranjo espacial do padrão é normalmente considerado pelos intérpretes como sendo um arranjo de aspectos de duas dimensões, ou à visão plana, mas ele pode ser um arranjo tridimensional. Quando os elementos de reconhecimento do padrão se tornam muito pequenos (fotos de escala pequena), passam a constituir uma textura fotográfica.

Distribuições espaciais de linhas levemente curvas ou retas podem representar falhas, juntas, diques ou estratificação, além de poderem se originar de um arranjo ordenado de segmentos de rios, árvores, depressões, ou outros aspectos.

Os padrões de drenagem, por exemplo, refletem o controle exercido pela estrutura subjacente e tipo de rocha. Outros fatores que influenciam a drenagem são: relevo, vegetação, textura e espessura do solo.

O modelo de drenagem seria o arranjo planimétrico dos cursos d'água. São seis tipos básicos de modelos de drenagem: dendrítico, treliça, radial, paralelo, anular e retangular (Figura 13).

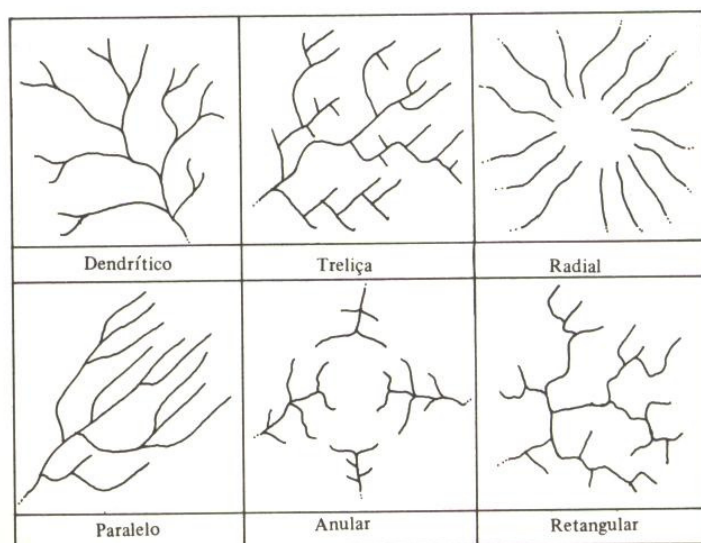


Figura 13: Padrões básicos de drenagem (MARCHETTI; GARCIA, 1977)

4.8.5 Forma

Como elemento de reconhecimento, a forma pode ser considerada como uma expressão topográfica ou de contornos. No caso da interpretação geológica, tal fator de reconhecimento seria significativo no que envolve relevo ou expressão topográfica. É importante, por exemplo, na identificação de cones vulcânicos, dunas, terraços fluviais, depósitos glaciais, etc.

No caso das erosões, seus sinais podem fornecer informações relevantes para a interpretação da textura, permeabilidade, profundidade, estratificação de camadas, etc. Além disso, as formas dos perfis transversais e longitudinais são importantes na caracterização de erosões.

Em termos gerais de fotointerpretação, apresentam formas características:

- (1)** Cursos d'água: linhas sinuosas contínuas de trajeto irregular;
- (2)** Pântanos e alagadiços: áreas com predominância de contornos curvilíneos, geralmente associadas a cursos d'água.
- (3)** Vegetação natural: áreas de contornos irregulares e de aspecto variável, segundo tipo e idade;
- (4)** Culturas: formas retangulares ou em faixas, de aspecto variável segundo idade.

4.8.6 Tamanho

O tamanho dos objetos varia segundo a escala fotográfica. Objetos com forma idêntica em visão plana podem ser distinguidos pelo tamanho relativo. Assim, é possível distinguir uma voçoroca de um sulco de erosão.

4.8.7 Relação com Aspectos Associados

Em alguns casos a interpretação só é possível por meio da relação de aspectos, da associação de elementos, especialmente em fotos em escala pequena. Por exemplo, a identificação de linha de alta tensão pode só ser possível pelo reconhecimento de uma faixa retilínea livre de vegetação. No caso de cercas, sua presença pode ser inferida pela ocorrência de uma linha de separação entre dois usos diferentes.

Em relação à geologia, as falhas geralmente são representadas por linhas retas, ou levemente curvas, e separar tonalidades distintas.

4.8.8 Vegetação e Uso da Terra

O tipo de vegetação pode fornecer importantes informações sobre o tipo de solo. Matas altas localizam-se em solos profundos e de boa fertilidade, em contraposição a campos limpos, predominantemente em solos arenosos.

4.9 Controle da Erosão

SOUZA (2001) afirma que as técnicas utilizadas para o controle da erosão consistem geralmente no emprego de medidas corretivas, mitigadoras e/ou preventivas.

Os métodos preventivos envolvem um trabalho de reconhecimento das características no meio físico, uso e direcionamento das formas de ocupação. Já os métodos de controle abrangem a análise da situação atual da feição erosiva e a concepção de um projeto hidráulico e estrutural para solucionar o problema (GALERINI et al., 1995).

Em relação ao projeto de medidas corretivas, IWASA; FENDRICH (1998) afirmam que sua elaboração deve respeitar as premissas comentadas no tópico Meio Ambiente e Urbanização (4.2.1), e contemplar as seguintes medidas principais: disciplinamento das águas superficiais e subterrâneas, retaludamento/aterramento da boçoroca e implantação das obras.

BERTONI; LOMBARDI NETO (2005) explicam que todas as técnicas utilizadas para aumentar a resistência do solo ou diminuir as forças do processo erosivo denominam-se práticas conservacionistas. Os autores adicionam que algumas dessas técnicas visam, principalmente, produzir os seguintes efeitos no solo: redução do impacto direto das gotas de chuva sobre a superfície, diminuir a desagregação das partículas, aumentar a infiltração da água e reduzir a velocidade de escoamento das águas superficiais excedentes.

No caso das voçorocas, os autores dizem que seu controle é realizado com os seguintes objetivos: interceptação da enxurrada acima da área erodida, com terraços de diversão; retenção da enxurrada na área de drenagem, por meio de vegetação; eliminação das grotas e boçorocas, com cortes do terreno executados com grandes equipamentos de movimentação de terra; revegetação da área; construção de estrutura para deter a velocidade das águas ou até mesmo armazená-las; controle da sedimentação das grotas e boçorocas atingidas. O controle de erosão mais eficiente é por meio do desvio da enxurrada ou pela maior retenção, e deverá ser instalado antes de qualquer tratamento dentro do processo erosivo.

GRAY; SOTIR (1996) apresentam os seguintes princípios para controle de erosão:

1. Ajustar o plano de desenvolvimento ao terreno;
2. Instale facilidades hidráulicas para lidar com escoamentos crescentes;
3. Mantenha a velocidade de escoamento baixa;
4. Desviar o escoamento de áreas muito íngremes e desnudas;
5. Mantenha vegetação nativa sempre que possível;
6. Se a vegetação precisa ser removida, limite o tempo de exposição do solo;
7. Proteja áreas limpas com palha, e vegetação temporária de rápido crescimento;
8. Construa bacias de sedimentação para prevenir que solo erodido e sedimentos saiam do local;
9. Instale medidas de controle tão cedo quanto possível; e
10. Inspeção e mantenha as medidas de controle.

BIGARELLA; MAZUCHOWSKI (1985) afirmam que toda e qualquer medida de redução da erosão e aumento da infiltração de água no solo deverá considerar os seguintes pontos básicos:

1. Redução do impacto direto das gotas de chuva sobre a superfície do solo;
2. Diminuição da desagregação das partículas do solo;

3. Aumento da infiltração de água no solo; e
4. Redução da velocidade de escoamento das águas excedentes.

4.9.1 Área Rural

De acordo com SALOMÃO; IWASA (1995, apud YAMANOUTH, 2003) o controle de erosão em áreas rurais é muito complexo por envolver questões tanto de ordem técnica como sócio-econômicas, estas devem ser conjuntamente avaliadas visando a adoção de uma política agrícola que contemple a manutenção ou aumento do potencial produtivo da terra. Contudo, tem que haver um conhecimento da capacidade de uso da terra, para que o solo não sofra depauperamento pelos fatores de desgaste e empobrecimento das camadas férteis.

BERTONI; LOMBARDI NETO (2005) comentam que as práticas conservacionistas podem ser divididas em vegetativas, edáficas (especificamente para erosão rural) e mecânicas. Para os autores, pelo fato das duas primeiras serem mais simples de executar e manter, sempre se deve recorrer a elas, utilizando as mecânicas como complementares

Na Tabela 3 são mostradas propostas de práticas de controle de processos erosivos em áreas rurais, algumas das quais serão posteriormente detalhadas.

Tabela 8: Propostas de práticas de controle de processos erosivos em áreas rurais, modificado de SOUZA (2001, apud YAMANOUTH, 2003).

PRÁTICAS		MEDIDAS		
		CORRETIVAS	MITIGADORAS	PREVENTIVAS
Vegetativa	Reflorestamento	x	x	x
	Pastagem	x	x	x
	Plantas de coberturas			x
	Culturas em faixas		x	x
	Cordões de vegetação permanentes		x	x
	Faixas de bordadura		x	x
	Alternância de capinas			x
	Ceifa do mato			x
	Cobertura morta	x	x	x
Edáfica	Controle do fogo			x
	Adubação (verde, química e orgânica)		x	x
	Plantio direto		x	x
	Rotação de culturas		x	x

	Calagem		x	
Mecânica	Plantio em contorno	x	x	x
	Terraceamento	x	x	x
	Sulcos e camalhões			x
	Canais de escoadouros	x	x	
	Barragens	x	x	
Complementares	Adequação e conservação de estradas Visinais e carreadores	x	x	x
	Caixas de retenção		x	x
	Construção de abastecedouros comunitários		x	x
	Mapeamento/ Cartografia geotécnica		x	x
	Aterramento	x	x	

4.9.1.1 Práticas Vegetativas

As práticas vegetativas se baseiam no uso da vegetação para proteger o solo, sendo que a densidade da cobertura vegetal é seu aspecto primordial. As práticas vegetativas têm por funções principais evitar o impacto da gota de água diretamente sobre a superfície do solo e diminuir a energia cinética da enxurrada, em função do aumento da rugosidade do terreno. Manter vegetados os entornos e margens de rios, lagos, represas e reservatórios é a melhor medida para prevenção de degradação por erosão e assoreamento (WEILL ; PIRES NETO, 2007).

A. Reflorestamento

BERTONI; LOMBARDI NETO (1993) recomendam áreas de baixa produtividade e, ao mesmo tempo, muito susceptíveis à erosão, devem ser recobertas de vegetação permanente bastante densa. Isso é importante especialmente para solos muito inclinado, pobres ou muito erodidos.

PEREIRA (2008) afirma que é necessário estabelecer a vegetação que permite melhor infiltração, menor escoamento superficial e proteção contra erosão laminar. Para isso, a escolha adequada das espécies e respectivas quantidades é fator decisivo no estabelecimento da vegetação e proteção contra processos erosivos, sendo, portanto, necessários conhecimentos técnicos que abranjam aspectos climáticos, edáficos, fisiológicos e ambientais.

O autor ressalta a importância de se escolher espécies adequadas às características locais, pois caso contrário, malefícios podem surgir, inclusive a intensificação e desenvolvimento de processos erosivos. Dentre eles estão a redução da umidade do solo, as raízes podem contribuir para a

desagregação do solo, plantas com folhas grandes podem causar erosão devido ao acúmulo de água em suas superfícies.

GRAN; LONERAGAN (2001) apud WARD et al (1990) atribuíram às leguminosas a capacidade de estabilização do solo, controle de erosão, rápido uso e acúmulo de água, nutrientes e matéria orgânica, favorecendo o estabelecimento da vegetação sucessional e a formação do solo, essencialmente, destacada pelo acúmulo gradual de matéria orgânica.

MACHADO *et al.* (2006) afirmam que, a fim de melhorar a fertilidade do solo, o uso de plantas leguminosas surge como alternativa interessante, já que têm a capacidade de se associarem com microrganismos fixadores de nitrogênio (rizóbios), convertendo este elemento em um tipo assimilável às plantas. Além disso, fósforo, fungos micorrízicos arbusculares aumentam, com suas hifas, aumentam a área de contato e o volume de solo explorado pelas raízes das plantas, aumentando assim a absorção de água e nutrientes com destaque para o elemento fósforo, por sua baixa mobilidade nos solos tropicais.

Os autores recomendam que o plantio de mudas dentro da voçoroca seja feito; em função dos desbarrancamentos e deslizamentos de terra dentro das voçorocas, que ocorrem com maior frequência nos períodos de maior precipitação; no mês final da época das chuvas. Tendo em vista que a parte interna das voçorocas é mais úmida que o seu entorno, não há prejuízo ao estabelecimento e desenvolvimento das plantas, quando do fim da estação chuvosa.

Para a estabilização de taludes, pode ser utilizado o plantio de vegetação, tais como gramíneas e leguminosas, ou intercaladas com espécies de crescimento rápido e lento (GALERANI et al., 1995). WEILL; PIRES NETO (2007) acreditam a vegetação pode ser muito eficiente na estabilização de taludes por meio de cordões de vegetação permanente, os quais podem a quase se equivaler aos terraços. Os autores definem tal prática como sendo fileiras de plantas perenes e de crescimento denso, dispostas com determinado espaçamento horizontal e sempre em contornou ou em nível. Desta forma, atuam quebrando a velocidade de escoamento da enxurrada, promovendo a deposição dos sedimentos transportados e facilitando a infiltração no solo.

B. Pastagem

BERTONI; LOMBARDI NETO (1993) afirmam que, apesar de ser menos eficaz que a prática de reflorestamento, as pastagens são uma boa forma de proteger o solo contra a erosão. No entanto, dizem os autores, para que elas possam constituir uma eficiente proteção, é preciso que o peso do gado não exceda a capacidade do solo, o que pode ser evitado praticando rodízio de pastagens. Além disso, o fogo deve ser evitado, uma vez que reduz a proteção vegetal presente no solo.

C. Plantas de cobertura

Essas plantas se destinam a manter o solo coberto durante o período chuvoso, a fim de reduzir os efeitos da erosão e melhorar as condições físicas e químicas do terreno, isto é, evitar que elementos nutritivos postos em estado solúvel no solo sejam lixiviados nas águas de percolação, assim como proporcionar proteção contra os efeitos diretos dos raios solares na matéria orgânica, cuja importância já foi abordada (Solo e Substrato Rochoso) (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1993).

D. Culturas em faixa

Consiste na disposição das culturas em faixas de largura variável, determinadas em função do declive do terreno, do tipo de solo e da cultura (BERTONI; LOMBARDI, 1993, apud, SOUZA, 2001).

De acordo com SALOMÃO; IWASA (1995, apud YAMANOUTH, 2003), a cultura em faixa consiste no plantio em faixas de exploração contínua ou em rotação, intercalando, geralmente com culturas anuais ou semiperenes, e tem como objetivos interceptar a velocidade das enxurradas e dos ventos, facilitar a infiltração das águas e permitir a contenção do solo parcialmente erodido.

BERTONI; LOMBARDI NETO (1993) afirmam que, por combinar o plantio em contorno, a rotação de culturas, as plantas de cobertura e, em muitos casos, a construção de terraços, ela é considerada uma prática complexa.

Os autores explicam três formas de locação das faixas:

- (a) faixas niveladas, em que todos os limites entre as faixas são locados na linha de contorno do terreno. É o sistema mais adequado para terrenos de topografia irregular, uma vez que as fileiras de plantas seguem com maior aproximação as curvas de nível do terreno, podendo haver nas linhas de transição reforços de proteção mecânica (terraços)
- (b) faixas paralelas, em que apenas uma linha mediana da gleba é marcada em contorno, sendo as demais linha divisórias entre as faixas tiradas paralelamente à mesma. É recomendado apenas para terrenos de topografia suave e declives muito uniformes.
- (c) faixas associadas, em que há combinação dos dois sistemas anteriores, de tal modo que uma faixa paralela se alterne com uma nivelada, esta com largura irregular, e aquela com largura regular.

A Figura 14 apresenta os três tipos de locação de faixas.

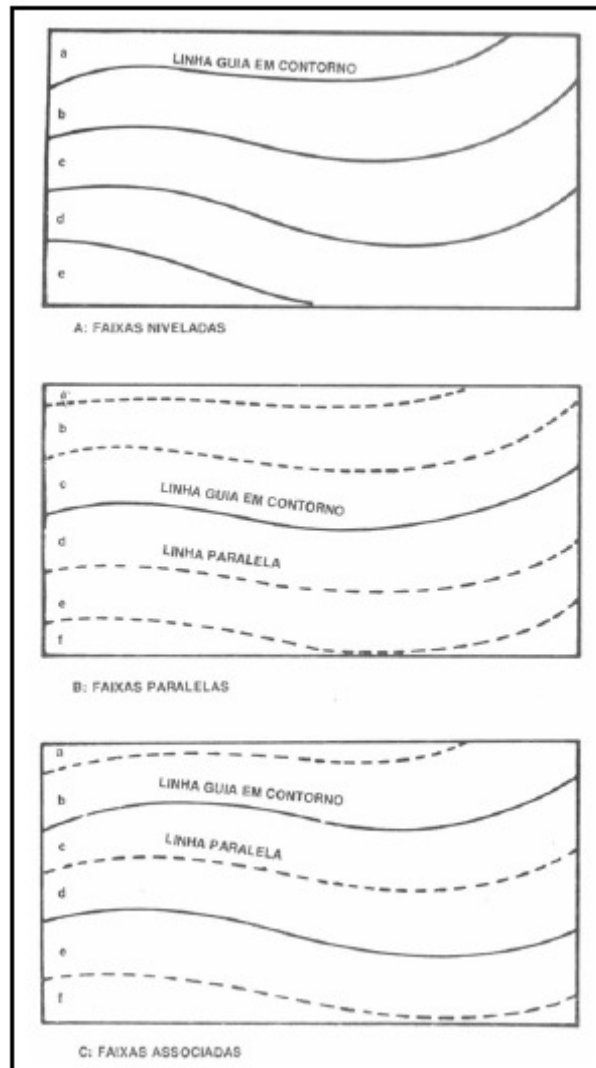


Figura 14: Culturas em faixas: A. as faixas são irregulares; B. As faixas são regulares; C. as faixas tem pouca irregularidade (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1993).

E. Cordões de vegetação permanente

De acordo com BERTONI; LOMBARDI NETO (1993), Cordões de vegetação permanente são fileiras de plantas perenes e de crescimento denso, dispostas com determinado espaçamento horizontal e sempre em contorno. Essa prática diminui a erosão do solo, uma vez que reduz a velocidade de escoamento das águas superficiais, provocando a disposição de sedimentos transportados, assim como a infiltração dessa água. Desta forma, afirmam os autores, sua eficiente no controle de erosão chega a se equivaler aos terraços.

F. Alternância de capinas

A alternância de capina consiste na intercalação nas campinas de maneira a manter parceladas da área de cultivo, com mato, imediatamente abaixo de outra recém capinada, seu efeito no controle da erosão é semelhante ao observado na cultura em faixa e cordões de vegetação permanentes (SALOMÃO; IWASA, 1995, apud YAMANOUTH, 2003).

BERTONI; LOMBARDI (1993) defendem a técnica da alternância de épocas de capina em ruas adjacentes para reduzir as perdas por erosão tanto em culturas anuais quanto em perenes, durante o período chuvoso, uma vez que acarreta em despesas muito baixas.

G. Ceifa do mato

BERTONI; LOMBARDI (1993) explicam que a técnica consiste em cortar ervas daninhas a uma pequena altura da superfície do solo, deixando intactos os sistemas radiculares do mato e das plantas perenes e uma pequena vegetação protetora de cobertura, constituída de tocos. Isso deve ser feito por meio de ceifeiras mecânicas, e repetidas de maneira a não prejudicar a cultura pela concorrência do resto do mato.

H. Cobertura morta

Segundo BERTONI; LOMBARDI (1993, *op. cit*), a cobertura morta é uma das práticas mais eficientes de controle da erosão, especialmente no da erosão eólica, já que impede o transporte de partículas devido à ação do vento. A cobertura morta protege o colo contra o impacto das gotas de chuva e faz diminuir o escoamento da enxurrada, e incorpora ao solo a matéria orgânica que aumenta a sua resistência ao processo erosivo. Além disso, ela contribui para a conservação de água, diminuição da temperatura do solo, reduzindo, assim, as perdas por evapotranspiração. Com isso, essa pratica deve ser preconizada em regiões com precipitação pouco abundante.

4.9.1.2 Práticas Edáficas

De acordo com BERTONI; LOMBARDI (1993), as práticas edáficas são conservacionistas que, com modificações do sistema de cultivo, além do controle de erosão, mantêm ou melhoram a fertilidade do solo, por meio da reposição de elementos nutritivos, controle da combustão da matéria orgânica, e redução da lixiviação. As práticas mais utilizadas para essas finalidades são o controle de fogo, adubação verde, adubação química, adubação orgânica e calagem.

4.9.1.3 Práticas Mecânicas

A. Plantio em contorno (em nível)

BERTONI; LOMBARDI (1993) explicam que a técnica consiste em dispor as fileiras de plantas e operar todas as operações de cultivo no sentido transversal à pendente, em curvas de nível ou linha de contorno. O plantio em contorno constitui uma medida de controle de erosão, onde ao se cultivar em contorno, cada fileira de planta, assim como os pequenos sulcos e camalhões de solo que as máquinas deixam no solo, constituem um obstáculo, diminuindo assim a velocidade do escoamento superficial, e também diminui a capacidade de arrastamento das partículas. A prática do plantio em contorno proporciona maior facilidade e eficiência no estabelecimento de outras práticas complementares baseadas na orientação do contorno.

B. Terraceamento

O terraceamento é uma prática de conservação do solo que visa reduzir a perda de água e solo pela interceptação de enxurradas que ocorrem quando a intensidade de chuva supera a capacidade de infiltração do solo (CASTRO, 2001). WEILL; PIRES NETO (2007) salientam a necessidade de se associar tal prática com outras que favoreçam o aumento da cobertura vegetal e a melhoria da infiltração de água no solo. Isoladamente, afirmam os autores, o terraceamento é uma prática ineficiente de controle da erosão.

Para GOMES (1998) apud FERREIRA (2004), quando terraços se rompem, podem ocasionar maiores estragos na área, devido à concentração do fluxo. Portanto, essas técnicas devem ser empregadas somente depois de estudos minuciosos sobre o meio físico, domínio de aplicação das técnicas e análise de custos.

BERTONI; LOMBARDI NETO (2005) enfatizam que nem todos os solos e declives podem ser terraceados com êxito. Nos pedregosos e muito rasos, com subsolo adensado, é muito dispendioso e difícil manter um sistema de terracemamento. Além disso, as dificuldades de construção e manutenção aumentam à medida que cresce a declividade do terreno.

WADT (2003) comenta que os terraços podem ser classificados e de acordo com a sua função, modo de construção, dimensões ou forma do perfil. Em relação ao primeiro, os terraços podem ser:

- a. Em desnível ou de drenagem, com gradiente, cuja função é interceptar o escoamento superficial e escoar disciplinadamente o excesso de água para escoadouros: recomendado para solos com baixa permeabilidade. CASTRO (2001) complementa dizendo que eles devem estar associados a canais escoadouros para conduzir a água excedente da capacidade de infiltração do solo.
- b. Em nível ou de infiltração, cuja função é interceptar o escoamento superficial e retê-lo, para posterior infiltração no perfil do solo: recomendado para solos com alta permeabilidade.

Em relação ao tipo de construção, BERTONI; LOMBARDI NETO (2005) e WADT (2003) apresentam os tipos Mangum, Nichols, o de base larga, o de base estreita, o patamar, e o individual.

Mangum: O terraço tipo Magnum é construído pelos dois lados do terreno, dando assim um terraço de camalhão mais alto; é o tipo adaptado para a conservação da água.

Nichols: é construído cortando-se a terra e movimentando-a sempre de cima para baixo, formando um camalhão, sendo retirada da faixa imediatamente superior, resultando nela um canal.

Considerando sua dimensão, os terraços podem ser classificados como:

De base larga: é bastante largo, raso, de suave inclinação. É usado freqüentemente em áreas de cultivo, uma vez que permitem o uso de máquinas agrícolas. Indicado para terrenos pouco inclinados (0,5%), e com até 12% de declividade, mas caso seja um solo de boa permeabilidade, a declividade pode atingir 20%. Porém, em terrenos com topografia irregular, é bastante difícil sua construção

De base estreita: combinação de valetas e leiras de pequenas dimensões. É chamado de “cordões-em-contorno”.

Ainda há:

Patamar: consiste em plataformas construídas em terrenos de grande inclinação, formando uma espécie de degraus. Aplicado em terrenos com declividade acima de 18%.

Individual: pequeno patamar circular construído ao redor de cada árvore; é também usado em terreno de grande inclinação.

Os tipos de terraços estão representados na Figura 15.

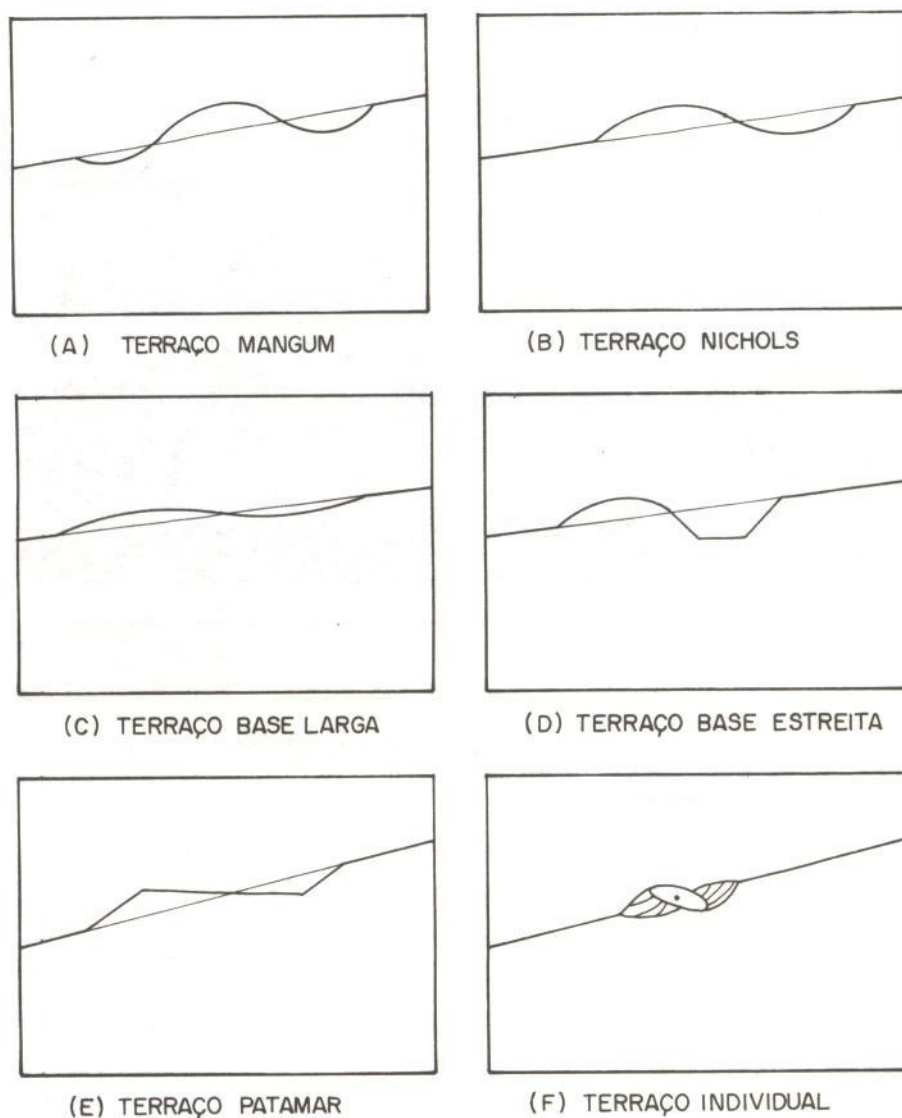


Figura 15: Tipos principais de terraços (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005)

BERTONI; LOMBARDI NETO (2005) afirmam que o primeiro problema a ser resolvido no terraceamento é o destino a dar à enxurrada que o terraço vai coletar. Mesmo que seja em nível, mas com as pontas abertas, um canal escoadouro vegetado deve ser construído para receber toda a enxurrada. Nivelados com as pontas fechadas só devem ser feitos se a permeabilidade do solo for alta, ou a região apresentar baixa precipitação.

Os autores explicam que a distância entre os terraços (espaçamento) é determinada de maneira que a enxurrada, que escorre nos espaços entre eles, não alcance velocidade erosiva; dependendo, portanto, da declividade e do tipo de solo.

Eles apresentam diversas maneiras de se calcular o espaçamento, assim como a dimensão dos canais. Isso pode ser feito por meio de tabelas, e também pode fórmulas empíricas.

C. Sulcos e camalhões em contorno (em pastagem)

Consistem em uma combinação de um pequeno canal com um pequeno dique de terra: são executados nas pastagens, depois de uma marcação prévia em contorno (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1993), cuja grande vantagem é a melhor distribuição e maior retenção das águas da chuva, o que acarreta numa vegetação mais densa e vigorosa nas proximidades

Os autores recomendam que a técnica seja implantada em regiões de chuvas escassas. Eles explicam que, apesar da pastagem já constituir em sim uma eficiente maneira de reduzir as perdas de solo, há casos que necessitam medidas complementares de controle de erosão, como por exemplo, nas pastagens em formação, cuja vegetação ainda não proporcionou proteção suficiente, assim como em terrenos inclinados ou pastos fracos e excessivamente pastoreados.

D. Canais escoadouros

Segundo BERTONI; LOMBARDI NETO (1993), canais de escoadouros consistem em depressões no terreno, rasas e largas, em declividade moderada, e estabelecidos com um leito resistente à erosão. Sua melhor localização são as depressões naturais do terreno.

Quando usados no terreno sistemas de terracamento com gradiente, para proporcionar a drenagem segura dos excessos de enxurrada é necessário o estabelecimento de canais escoadouros, os quais são capazes de transportar com segurança a enxurrada de um terreno dos vários sistemas de terracamento ou outras estruturas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1993).

Os autores afirmam que canais vegetados são uma das práticas mais importantes no planejamento conservacionista de uma área agrícola.

A Figura 16 apresenta as seções típicas dos canais.

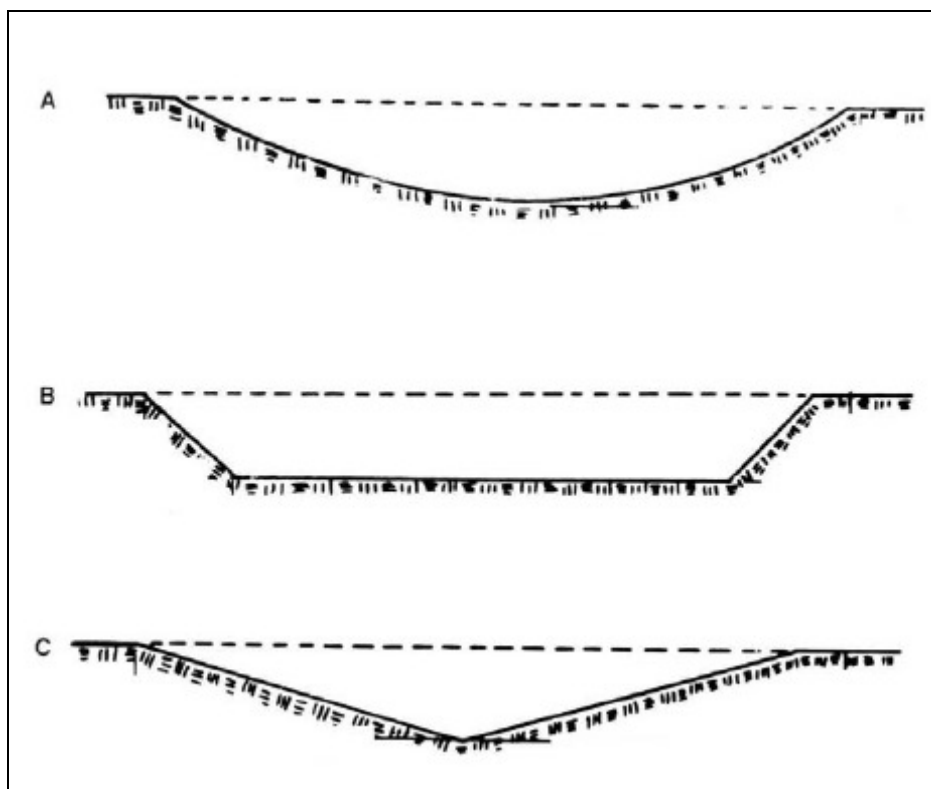


Figura 16: Seções típicas de canais escoadouros: A- Parabolóide; B- Trapezoidal; C- Triangular, modificada de BERTONI; LOMBARDI NETO (1999, apud YAMANOUTH, 2003).

4.9.1.4 Técnicas Complementares

De acordo com SOUZA (2001), as técnicas complementares podem proporcionar a implantação e o funcionamento adequado das técnicas abordadas anteriormente, se utilizados conjuntamente em determinadas situações. A autora afirma que esses procedimentos são os seguintes: adequação e conservação de estradas vicinais e carreadores; caixas de retenção; construção de abastecedouros comunitários; emprego de técnicas de mapeamento/cartografia geotécnica e aterramento; os quais serão explicados com base em seu trabalho.

A. Adequação e Conservação de Estradas Vicinais e Carreadores

Essas obras devem ser feitas de acordo com a topografia adequada do terreno, para evitar o surgimento de processos erosivos, adotando-se também práticas de conservação. Deve-se utilizar, de preferência, material de empréstimo (solos e rochas da localidade, atentando-se para adotar medidas corretivas para que estes locais também não se tornem áreas sujeitas a processos erosivos.

B. Caixas de Retenção

Conhecidas também como sangradouros ou sangras laterais, e são, normalmente, construídas nas laterais das estradas vicinais e carreadores, com o intuito de diminuir o volume do escoamento superficial, e acumular os materiais inconsolidados oriundos deste escoamento. Elas devem ser construídas acompanhando as curvas de nível, com espaçamento compatível com a quantidade de água transportada pelas canaletas laterais das estradas vicinais ou carreadores (Figura).

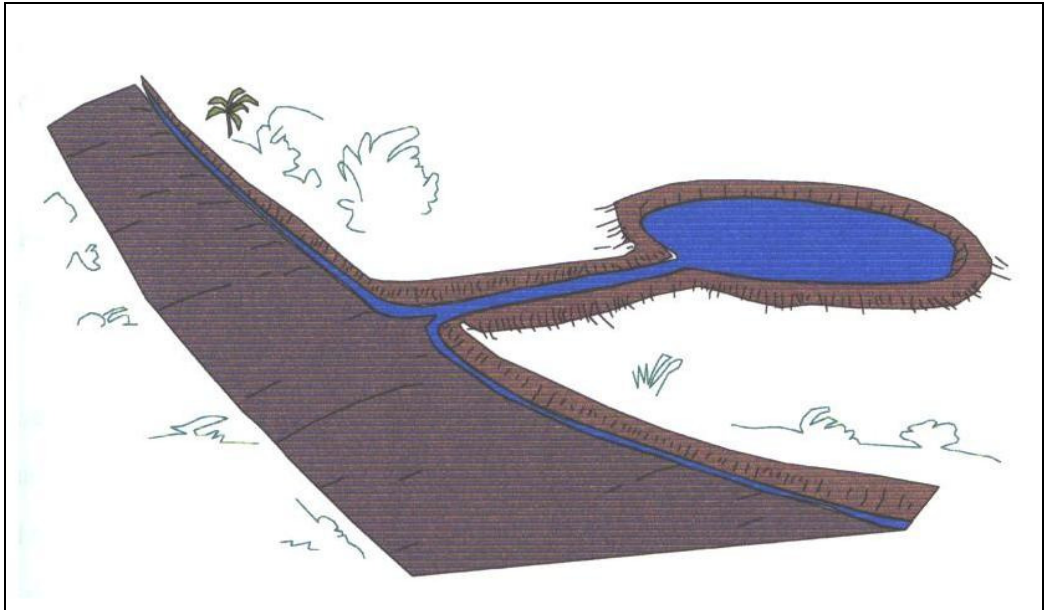


Figura 17: Caixas de retenção (modificado de CUNHA; SANTOS, 1985, apud SOUZA, 2001).

C. Construção de Abastecedouros Comunitários Aterramento

Os abastecedouros comunitários têm a função de diminuir os processos erosivos ocasionados pelas trilhas de gado. Os abastecedouros devem ser construídos em pontos estratégicos que alcancem de preferência várias propriedades vizinhas, geralmente são revestidos de concreto.

D. Mapeamento/Cartografia Geotécnica

São procedimentos que envolvem várias etapas de análise do meio físico, culminando em produtos cartográficos e memoriais descritivos, que objetivam, principalmente, analisar terrenos quanto à susceptibilidade aos processos erosivos. Proporcionam aos usuários um material de caráter preventivo e podem também oferecer orientações para a correção das erosões instaladas, sendo necessário adotar uma escala adequada. Podem ser empregados para orientações no

estabelecimento de planos diretores, na lei do parcelamento do solo, para subsidiar diretrizes no projeto de loteamentos, orientar soluções normativas de obras de controle de erosão e diretrizes do sistema viário na determinação do zoneamento de uso do solo, na delimitação do perímetro urbano e no direcionamento do vetor preferencial da expansão urbana.

E. Aterramento

Consiste em preencher, geralmente, as feições erosivas de pequeno porte (ravinas e sulcos) com material de aterro, quando o processo erosivo se encontra num estágio mais avançado, com a presença de voçorocas, esta solução torna-se economicamente inviável.

4.9.2 Área Urbana

Compreendem basicamente as técnicas que abrangem as obras de microdrenagem, macrodrenagem e complementares. Estas são apresentadas na Tabela 4, sendo que algumas serão detalhadas em seguida, e outras mais serão também explicadas.

Tabela 9: Propostas de práticas de controle de processos erosivos (modificado de SOUZA, 2001, apud YAMANOUTH, 2003).

PRÁTICAS		MEDIDAS		
		CORRETIVAS	MITIGADORAS	PREVENTIVAS
Obras de Microdrenagem	Meios fios/ Guias	x	x	x
	Sarjetas	x	x	x
	Sarjetões	x	x	x
	Bocas- de- lobo/ Bocas coletoras	x	x	x
	Galerias	x	x	x
	Poços de visita	x	x	x
	Trecho	x	x	x
	Tubos de ligações	x	x	x
	Caixas- de- ligação	x	x	x
	Estações de bombeamento	x		
	Coletores	x	x	x
Obras de Macrodrenagem	Canais: naturais ou artificiais	x	x	x
	Dissipadores de energias	x	x	x
	Ressalto hidráulico	x	x	
	Barragens	x	x	

	Vertedouros	x		
	Bacia de acumulação	x	x	
	Bacias dissipadoras	x	x	
Complementares	Proteção de taludes	x	x	x
	Aterramento	x	x	
	Obras de pavimentação	x	x	x
	Drenos	x	x	
	Mapeamento/ Cartografia geotécnica	x	x	x

4.9.2.1 Micro-drenagem

Primeiramente serão descritas algumas definições baseadas em TUCCI; PORTO (1995), CETESB (1986), dos principais componentes da micro-drenagem:

Meio-fio (guia): elemento de pedra ou concreto, colocado entre o passeio e a via pública (a fim de separá-las), paralelamente ao eixo da rua e com sua face superior no mesmo nível do passeio.

Sarjeta: canal triangular destinado a coletar e conduzir as águas superficiais da faixa pavimentada da via pública à boca de lobo ou sarjetão.

Boca-de-lobo: dispositivo localizado em pontos convenientes, nas sarjetas, para captar as águas pluviais que por elas escoam, e em seguida as conduz às galerias ou tubulações subterrâneas.

Sarjetão: calhas localizadas nos cruzamentos de vias públicas, formadas pela sua própria pavimentação e destinada a orientar o fluxo das águas que escoam pelas sarjetas.

Galeria: conduto destinado a transportar as águas pluviais desde a captação até o local de despejo.

Poço de visita: dispositivo localizado em pontos convenientes do sistema de galerias para permitir mudanças de direção, de declividade, de diâmetro; inspeção e limpeza das canalizações.

Tubo de conexão: canalização destinada a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas-de-lobo para as galerias ou para os poços de visita.

O sistema de micro-drenagem é a parte de um sistema urbano de drenagem que tem por função captar e afastar as águas do escoamento superficial resultante de uma chuva intensa de período de retorno de 2 a 10 anos, dependendo do tipo de ocupação da área. Ela compreende as ruas, sarjetas, sarjetões, bocas-de-lobo, poços de visita, tubos de conexão e pequenas galerias.

FERREIRA (2004) detalha o percurso das águas nesse tipo de sistema: as águas que escoam superficialmente pelas ruas ou superfície do terreno são captadas pelas sarjetas, que possuem dimensões e inclinações padronizadas, sendo que sua forma varia de acordo com a inclinação da rua

e o volume da água escoada. As sarjetas conduzem a água até as bocas-de-lobo, a água captada pelas bocas-de-lobo e drenagem pluvial é conduzida à tubulação (devido à velocidade das águas no final da tubulação e para evitar a erosão, são utilizados dissipadores de energia). Estas conduzem às saídas que são remanejadas até as galerias ou a canais abertos.

4.9.2.2 Macro-drenagem

As estruturas de macro-drenagem destinam-se a condução final das águas captadas pela drenagem primária, dando prosseguimento ao escoamento dos deflúvios oriundos das ruas, sarjetas, vales e galerias, que são elementos anteriormente englobados como estruturas de micro-drenagem. De fato, a macro-drenagem de uma zona urbana corresponde à rede de drenagem natural pré-existente nos terrenos antes da ocupação, sendo constituída pelos córregos, riachos e rios localizados nos talvegues e vales (MARTINS, 1995).

O autor ressalta a importância de se definir a vazão de projeto de um canal de drenagem, geralmente adotando-se de 10 a 100 anos o tempo de retorno, sempre levando em consideração incertezas.

As principais componentes de um sistema de macro-drenagem são:

Canal: É o conduto final de águas pluviais captadas pelo sistema de micro-drenagem. Pode ser natural ou artificial, através da retificação ou revestimento do primeiro, aberto ou fechado.

Barragem: são construídas para armazenar e reter as água pluvial e materiais inconsolidados. As formas e dimensões dependerão do material utilizado e da natureza do substrato rochoso e dos materiais inconsolidados, podendo ser construídas pequenas barragens com intervalos determinados, conhecidas como escalonadas (FERREIRA, 2004).

Segundo o DAEE (1990), as obras de represamento constituem de pequenas barragens ou diques construídos no interior da boçoroca, com a finalidade de reter a energia da água e promover assoreamento de sedimentos transportados. A tipologia dessas obras varia em função da complexidade e dimensão da erosão, destacando-se as barragens de terra, de madeira (tronco, bambu, etc.), de sacos de solo-cimento, de gabião e de concreto (Figuras).

Vertedor: São estruturas construídas em locais de barramento da água escoada no interior da boçoroca, tendo como principal função a condução controlada da água em excesso, destacando-se entre os mais comuns o vertedor de queda, de calha e em degraus (Figuras). SOUZA (2001, apud FERREIRA, 2004) afirma que a escolha do tipo de vertedor dependerá do tipo de obra que será aplicada, sendo necessária, para cada tipo específico, uma equação que calcule a descarga que ocorre nos vertedores.

Dissipador de Energia: São muitas vezes necessários nas saídas das galerias de canais de águas pluviais ou de canais. GARCIAS (1997) argumenta que, devido às altas velocidades das águas nos emissários, em solos suscetíveis ao fenômeno de erosão, deverão ser previstos dissipadores de energia, para reduzir a valores compatíveis com o tipo de solo. Segundo o autor, as estruturas hidráulicas utilizadas são do tipo impacto e de mergulho. O primeiro consiste, segundo DAEE (1990) na dissipação do jato de água por meio de um defletor vertical suspenso (Figura 18). Já o segundo tipo é concebido com base no conceito de que as águas descarregadas pelo emissário escavarão o terreno ate atingir uma profundidade estável, logo é feita uma bacia de mergulho (Figura 19). Além desses tipos, há dissipadores de ressalto hidráulico, projetados para canais abertos. GALERANI *et al.* (1995) diz que são dimensionados considerando-se a velocidade de chegada, e estruturas são desenvolvidas a fim de se formar o ressalto e, conseqüentemente, haver perda de energia.

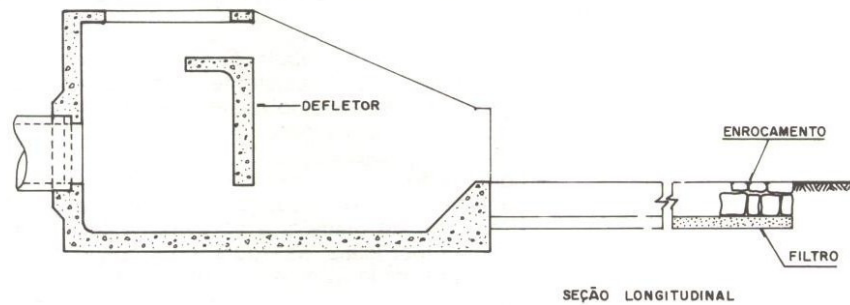


Figura 18: Dissipador de energia por impacto

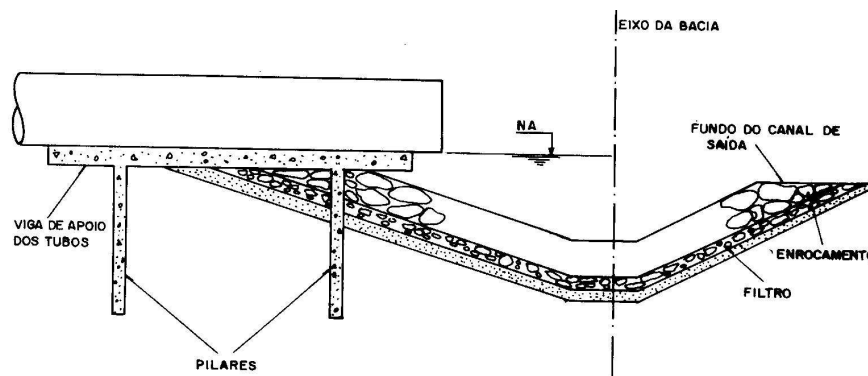


Figura 19: Bacia de dissipação tipo mergulho (PONTES, 1980, apud DAEE, 1990)

Bacia de acumulação: A maneira segura de se controlar a erosão é executando-se o emissário até um local que apresente estabilidade. Quando esse local encontra-se distante, é usado

reservatório de acumulação com emissário reduzido para conduzir a água acumulada até um local conveniente.

4.9.2.3 Complementares

A. Drenos

A ação das águas subterrâneas é apontada como uma das causas do desenvolvimento lateral das boçorocas (DAEE, 1990). O estudo citado acrescenta que a quando a erosão atinge o lençol freático, surge uma força suficiente para deslocar partículas solidas, podendo estabelecer erosão tubular regressiva (*piping*), além de liquefação de material arenoso, e conseqüente diminuição da coesão do solo.

A aplicação de drenos é um tipo de tratamento convencional. DAEE (1990) apresentam alguns tipos de drenos. O dreno cego, o qual consiste em uma valeta revestida com material filtrante e um segmento de tubo perfurado; na saída do dreno sobre o material filtrante instala-se material impermeável (Figura 20). O dreno com material sintético geotêxtil é feito com revestimento de uma vala com manta geotêxtil de preenchimento, acima do qual é inserido material impermeável para o fechamento da vala (Figura 21). O dreno de bambu é construído amarrando tal material em feixes, assentados na vala envolvida com brita ou geotêxtil, e seu fechamento é feito com material impermeável (Figura 22).

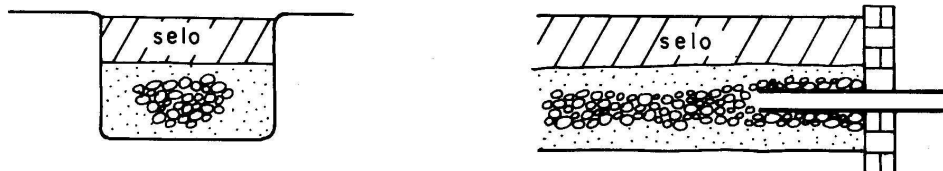


Figura 20: Dreno cego (DAEE, 1990)

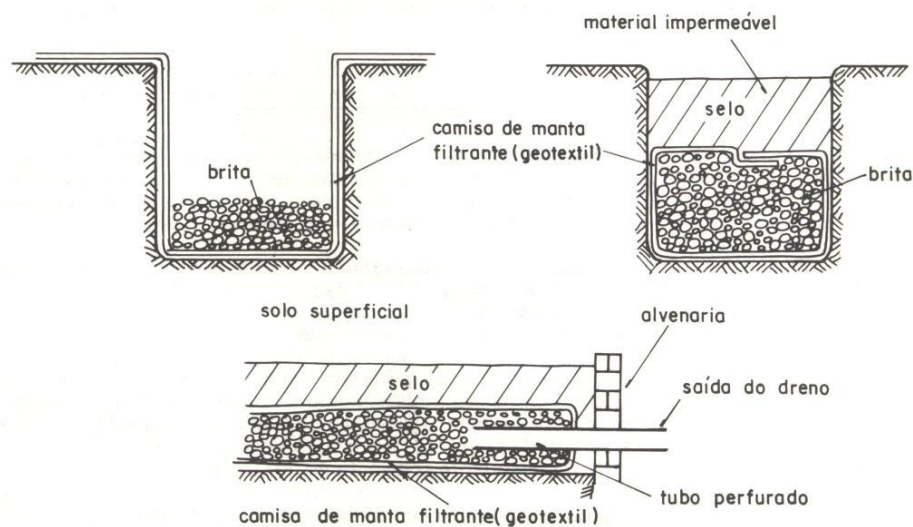


Figura 21: Dreno com material sintético geotêxtil (DAEE, 1990)

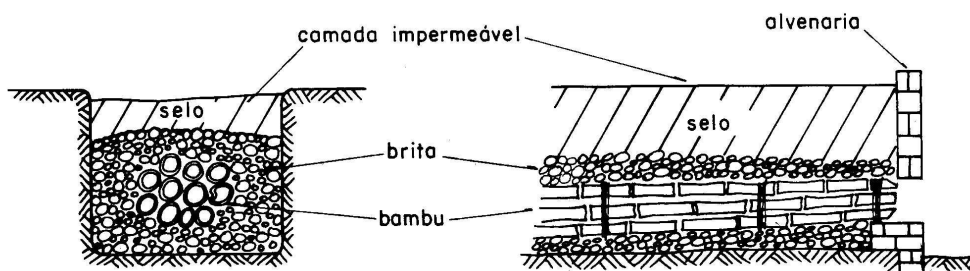


Figura 22: Dreno de bambu (DAEE, 1990)

B. Estabilização do corte

Outra forma de estabilização de talude é fazer o corte numa inclinação tal que o solo tenha coesão suficiente para se auto-sustentar, ou seja, resistir aos esforços de escorregamento e deslizamento. Para isso, devem ser feitos ensaios de resistência ao cisalhamento e verificada a menor correlação vertical/horizontal que permitirá a estabilidade do talude. Em geral, essa solução é associada com o plantio de vegetação (GALERANI et al., 1995).

C. Aterramento

GALERANI et al. (1995) comenta que o aterramento é uma solução que pode ser utilizada quando o processo ainda está se iniciando, nos estágios de sulcos e ravinas; porém, quando o processo está mais adiantado, a solução, em geral, é inviável economicamente.

FERREIRA (2004) afirma que os materiais geralmente empregados são matérias inconsolidados e dependendo das características destes materiais, são empregados os da própria região. No entanto, é necessário observar se a retirada do material não acarretará o desenvolvimento de uma nova feição erosiva. Citando MAGALHÕES (2001) e KERTZMAN *et al.* (1995), a autora ressalta a importância de se considerar as águas subsuperficiais, para as quais pode ser preciso implantar drenos de fundo.

D. Obras de Pavimentação

Segundo SOUZA (2001), as obras de pavimentação constituem uma parte importante no controle dos processos erosivos, mesmo com as obras de microdrenagem e galerias já executadas. Elas têm a função de evitar que o escoamento sobre as ruas desprotegidas desencadene processos erosivos. Citando GALERANI *et. al* (1995), a autora comenta que pavimentos mais permeáveis são mais adequados, uma vez que reduzem o escoamento superficial.

E. Gabião

O gabião consiste em pedras envoltas por uma malha, sendo que seus tipos e tamanhos são definidos em função da força necessária para estabilizar o talude.

MACHADO (2001) apud FERREIRA (2004) lista algumas vantagens de se aplicar gabiões no controle de erosões: flexibilidade, resistência á tração, permeabilidade, versatilidade, praticidade, aspectos sociais, integração ambiental e durabilidade.

Em boçorocas de pequeno porte em estágio inicial de desenvolvimento, ou nas porções terminais de boçorocas, praticamente estabilizada, algumas recomendam-se obras de pequeno porte, simples na sua concepção e execução. Neste caso, deve-se buscar o máximo de aproveitamento de materiais e de mão-de-obra disponível no local, tais como: pedras, bambus, eucaliptos. Entre estas obras destacam-se pequenos barramentos, pequenos aterros tipo “murundum”. A Figura 23 mostra uma barragem mista de madeira e gabiões.

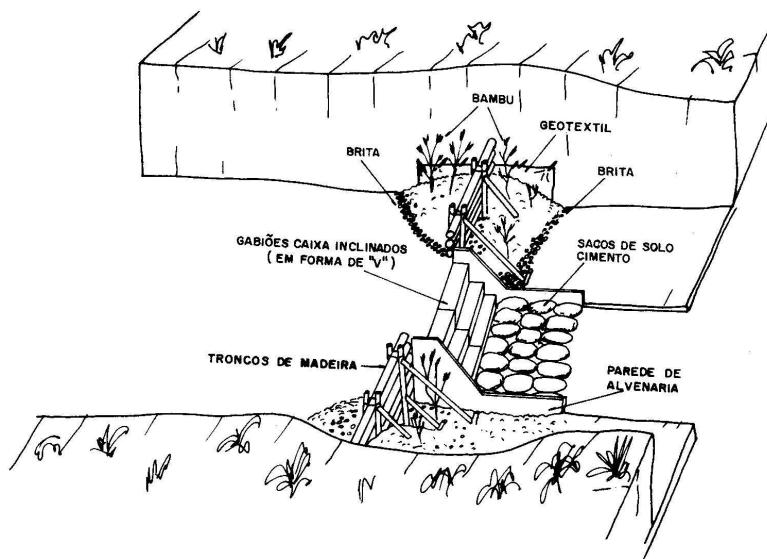


Figura 23: Barragem mista de madeira e gabiões como obra auxiliar de proteção (Fonte: DAEE, 1990)

F. Pneus

O uso de pneus como forma de estabilizar taludes surge como alternativa menos onerosa na recuperação de áreas degradadas e solução para o problema do destino de pneus. CAPPI (2004) avaliou a possível liberação de compostos tóxicos presentes no pneu, sua interferência na atividade microbiana do solo e no ciclo do carbono, assim como a potencialidade da técnica na recuperação de áreas degradadas na região de Piracicaba (SP), enterrando pneus na boçoroca. Os resultados mostram-se favoráveis a essa técnica, tanto nos aspectos de estabilização das áreas, quanto no que consistiu a contaminação de águas e solos.

HYLANDS; SHULMAN (2003) afirmam que o emprego de pneus para aterramento é interessante por eles exercerem pouca pressão sobre o solo, já que são leves. Isso reduz o risco de desestabilização do aterro.

A Figura 24 mostra um esquema em que pneus são usados para estabilização de taludes.

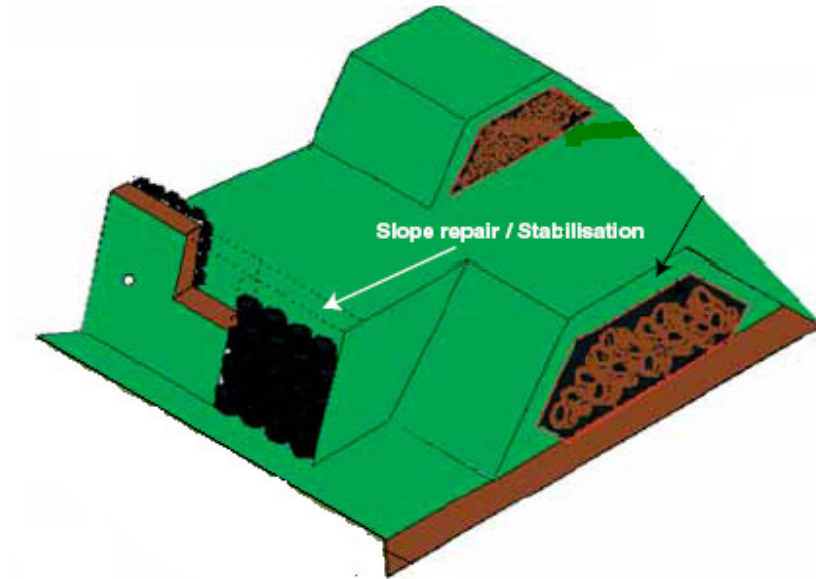


Figura 24: Esquema de aplicação de pneus para estabilização de talude

5. Caracterização da Área

5.1 Localização e acesso

O Município de São Pedro localiza-se no centro de Estado de São Paulo. Seu acesso se dá pela rodovia SP-191 (Rio Claro – São Pedro), assim como pela Ulisses Guimarães. A área de estudo é uma microbacia da bacia do córrego do Espreado, a nordeste da cidade (Figura 25).

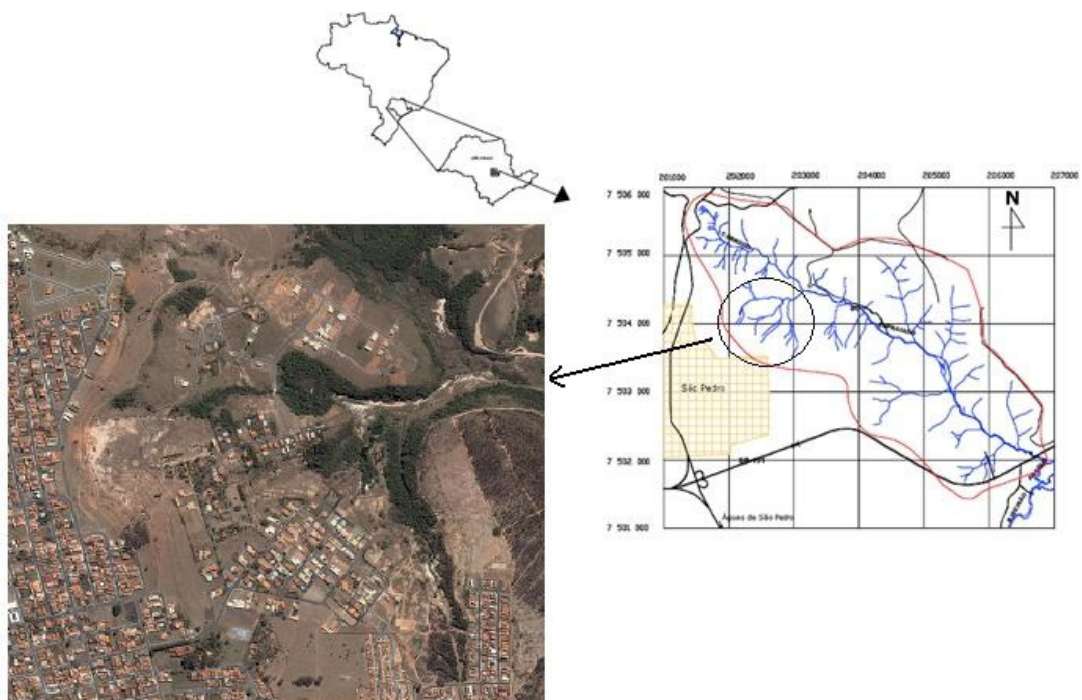


Figura 25: Localização da área de estudo (modificado de YAMANOUTH, 2003)

5.2 Geologia

Diversos estudos foram executados na região em diferentes escalas e com objetivos variados como os de PEJON (1992), SANTORO (1991), YAMANOUTH (2003), SILVA (2003), FERREIRA (2004). Porém todos voltados aos estudos dos processos erosivos. Geologicamente a área tem como substrato rochoso os arenitos da Formação Pirambóia, de idade Triássica – Jurássica. Os arenitos são de granulação média a fina, de cor branca, vermelha e amarela. Estes arenitos encontram-se recobertos por pacotes de materiais inconsolidados residuais e transportados, com textura predominantemente arenoso e espessuras variando de 1 até 5m. Os landforms mais freqüentes são encostas variadas, sendo as mais freqüentes as encostas côncava-côncava, convexa-convexa, côncava-convexa, convexa-convexa, retilínea íngreme, retilínea íngreme, retilínea moderada e retilínea-côncava, como pode ser observado em YAMANOUTH (2003).

5.3 Hidrologia

O córrego do Espraiado nasce na região norte do Município, percorre 8km, e deságua no ribeirão Araguá, afluente do rio Piracicaba. Apresenta drenagens adjacentes de média a baixa densidade com padrões subdentríticos (YAMANOUTH, 2003).

5.4 Clima

De acordo com a classificação de KÖPPEN (1948) o clima predominante da área estudada é enquadrado como Cwa, representando clima úmido e quente com inverno seco (PEJON, 1992), com precipitação média anual de 1200mm (PEJON; ZUQUETTE, 2001, apud YAMANOUTH, 2003). As temperaturas médias do mês mais quente são de aproximadamente 22°C, e do mês mais frio abaixo de 18°C, podendo ser chamado de clima sub-tropical (SETZER, 1966, apud PEJON, 1992).

5.5 Vegetação

A microbacia estudada apresenta boa parte de sua vegetação nativa (mata latifoliada) destruída. A vegetação original é restrita a áreas de drenagem e na parte superior de algumas encostas. Vale ressaltar que parte da mata ciliar encontrada deve-se ao plantio de mudas feito por alguns moradores do bairro Jardim Botânico, os quais buscaram plantar não apenas espécies nativas, como também exóticas, especialmente da região amazônica.

6. Metodologia

O estudo foi desenvolvido de acordo com as etapas contidas no fluxograma da Figura 26, tendo como etapas principais as descritas a seguir:

1. Foto interpretação: após a obtenção das fotos aéreas dos anos de 1962, 1972, 1988, 1995, 2000 e a imagem de 2005 foi desenvolvido o estudo de fotointerpretação em termos das sub-bacias hidrográficas e canais de drenagem.
2. Ortoretificação: as fotos aéreas foram ortoretificadas através do software ENVI 4.2, utilizando-se pontos obtidos nos mapas topográficos com escala de 1:10.000 do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC).
3. Delimitação das feições: foi desenvolvido o estudo de fotointerpretação das feições erosivas existentes na bacia em cada período, das medidas de controle e de recuperação, assim como dos usos e ocupações.

4. Caracterização, parametrização e classificação das feições: a partir da modificação da sistemática elaborada por FERREIRA (2008) foi desenvolvido o procedimento para caracterização de todas as feições considerando um grupo de atributos (Posição da feição em relação ao canal de drenagem, continuidade, estágio de evolução, comprimento, retilinearidade, ramificação, usos, *landforms*, materiais inconsolidados e declividade).
5. Análise: foi avaliada a evolução das feições erosivas na bacia em estudo, assim como a eficiência das medidas de controle e prevenção adotadas.

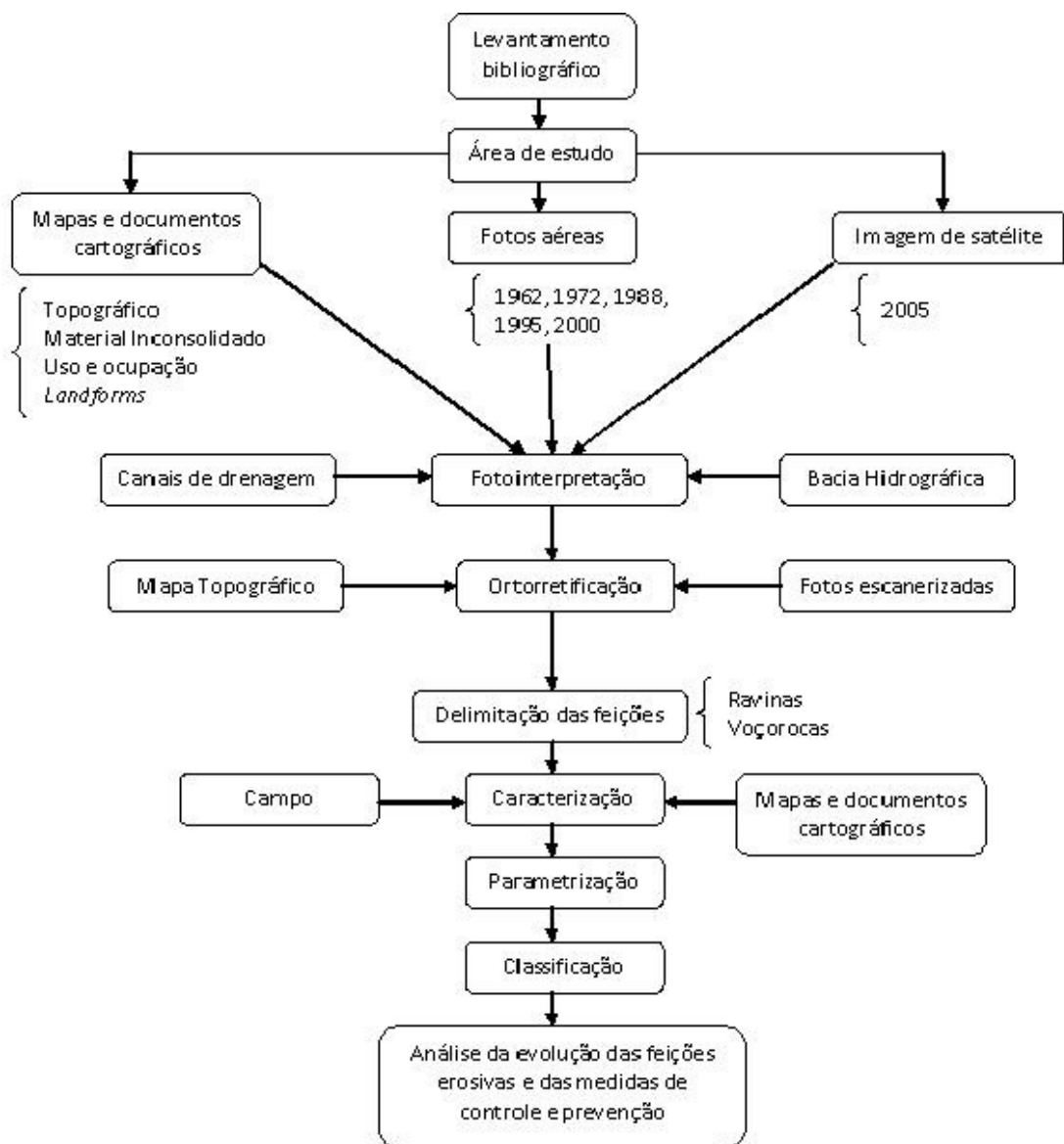


Figura 26: Fluxograma das etapas desenvolvidas durante o estudo.

7. Resultados e Discussão

7.1 Landforms

Os elementos caracterizados na elaboração do mapa de landforms foram planície aluvionar, plator, formas de encosta nas seções longitudinais e transversais, e escarpas.

As escarpas foram caracterizadas a partir de declividades altas (100%), e todas descritas apresentaram amplitude do relevo menor que 100m, diferentemente dos critérios adotados por LOLLO (1996). Os critérios de descrição adotados para área estudada para as escarpas estão apresentados nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 10: Critérios de descrição das escarpas (YAMANOUTH, 2003)

Elemento	Frequência de sulcos	Localização topográfica
Escarpa	Ausente	Encosta superior
	Sulcada	Encosta inferior

Tabela 11: Critérios de descrição das encostas (YAMANOUTH, 2003)

Elemento	Seção longitudinal	Seção transversal	Tipo	Frequência de canais		Declividade	
Encosta	Retilínea	Retilínea	Divergente	Ausente	-	Muito Suave	>2%
				Baixa	>3km ²	Suave	2-10%
	Média	Convexa		Moderado	10-30%		
				Moderado íngreme	30-45%		
	Alta	Côncava	Convergente	Íngreme	45-75%		
				Muito íngreme	>75%		

Na elaboração do mapa para bacia do córrego do Espriado, a autora detectou 105 elementos de terreno. Na região em que se insere o Bairro do Jardim Botânico, foram detectados 120 elementos de terreno, os quais estão descritos na Tabela 7, e apresentados na Figura 27.

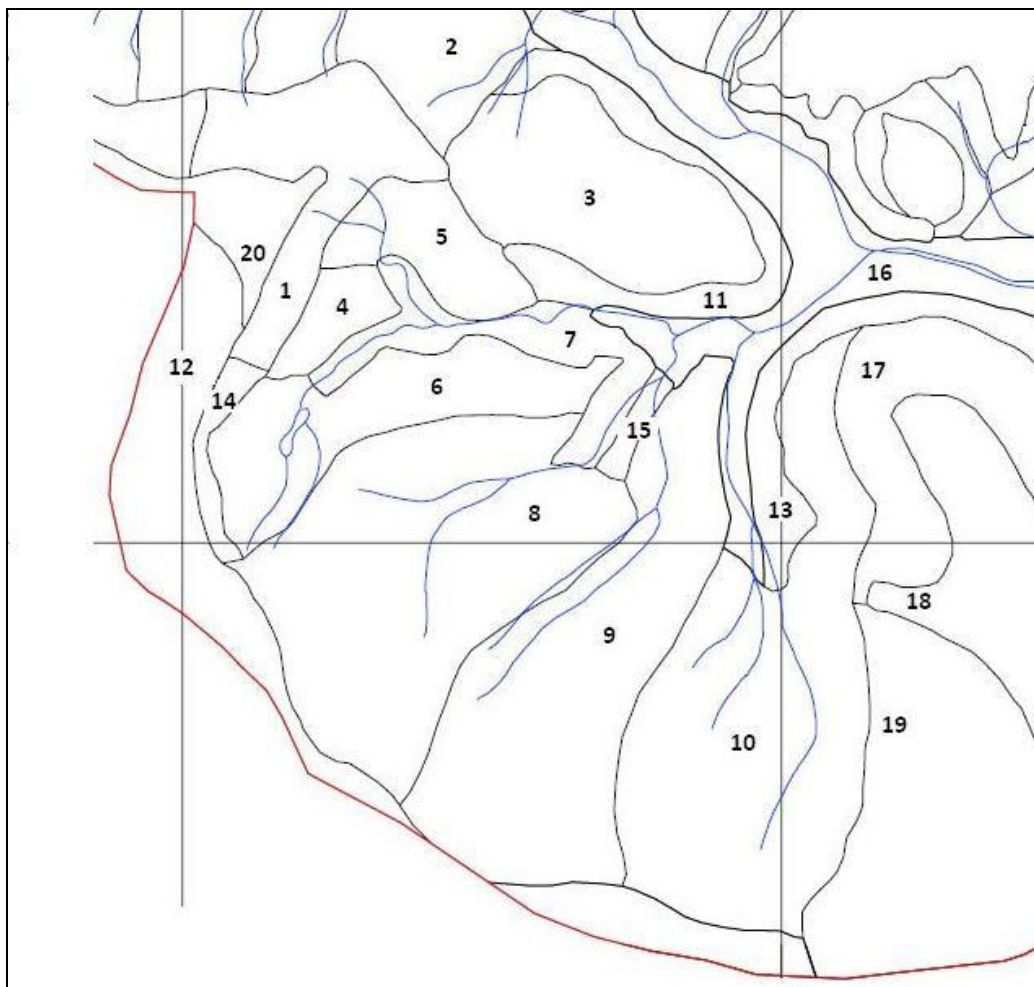


Figura 27: Landforms (modificado de YAMANOUTH, 2003)

Tabela 12: Caracterização dos elementos de terreno em termos de suas declividades (modificado de YAMANOUTH, 2003)

Landform	Id	Declividade		Observação
		Máxima	Mínima	
Escarpas contínuas superior	1	5,6	100	Predomina declividade máxima
Encosta côncava-convexa	2	7,7	33,3	Predomina declividade máxima
Encosta convexa-convexa	3	2,5	25,0	Predomina declividades > 2,5%
Encosta retilínea-côncava	4	11,1	25,0	Predomina declividade máxima
Encosta retilínea-côncava	5	7,1	33,3	Predomina declividades < 33,3%
Encosta retilínea-côncava	6	4,5	16,7	Predomina declividade máxima
Encosta retilínea íngreme com alta frequência de canais	7	7,1	50,0	Predomina declividade máxima
Encosta Retilínea moderada íngreme-côncava convergente	8	5,5	33,3	Predomina declividades > 5,5%
Encosta Retilínea-	9			Predomina declividades > 5,5%

côncava convergente				
Encosta Retilínea íngreme- côncava convergente	10			Predomina declividade máxima
Encosta Retilínea íngreme	11	4,7	50,0	Predomina declividade máxima
Encosta Retilínea suave-retilínea	12	3,0	100,0	Predomina declividades < 10,0%
Encosta Retilínea íngreme com alta freqüência de canais	13	17,2	50,0	Predomina declividade máxima
Encosta Contínua Superior	14	16,7	250,0	Predomina declividade máxima
Encosta Retilínea moderada-retilínea	15	12,5	25,0	Predomina declividade máxima
Planície Aluvionar	16	0,8	4,5	Predomina declividade <2%
Encosta Convexa-Convexa	17	5,3	20,0	Predomina declividade máxima
Platô	18	5,3	20,0	Predomina declividade máxima
Encosta Convexa Suave Retilínea	19	3,6	12,5	Predomina declividade >10%
Encosta Contínua Superior	20	5,0	100,0	Predomina declividade máxima

A área com o maior número de feições erosivas, além de serem as mais críticas encontram-se principalmente encontram principalmente em encostas retilíneas íngremes - côncavas convergentes (8, 9 e 10), com declividades que variam de 5,5 a 50%. No caso da última, declividade predominante é de 50%, com voçorocas de maiores profundidades e com varias ramificações. Pelo fato dela apresentar maior comprimento e maior declividade, além de ser convergente, as águas superficiais se concentram numa mesma direção e atingem alta velocidade, favorecendo a formação de feições erosivas.

Outras áreas críticas são 6 e 7, retilínea côncava e retilínea íngreme com alta freqüência de canais.

7.2 Materiais Inconsolidados

YAMANOUTH (2003) detalha os tipos de material inconsolidado presentes na bacia do córrego do Espariado. De acordo tal estudo, a microbacia em análise apresenta predominância de aluvião ao redor dos canais fluviais, em seu entorno há presença de rocha sã, contornado por uma mistura de rocha muito alterada, solo saprolítico e solo residual; mais a jusante do rio há também material retrabalhado, compondo parte menor da microbacia em estudo (Figura 28). Cada material consolidado foi dividido nos perfis de alteração apresentados na Tabela 8, os quais, por sua vez, foram subdivididos e detalhadamente explicados. A seguir, serão apresentados os tipos de materiais inconsolidados, ensaiados e descritos pela autora, e encontrados na área de estudo deste trabalho.

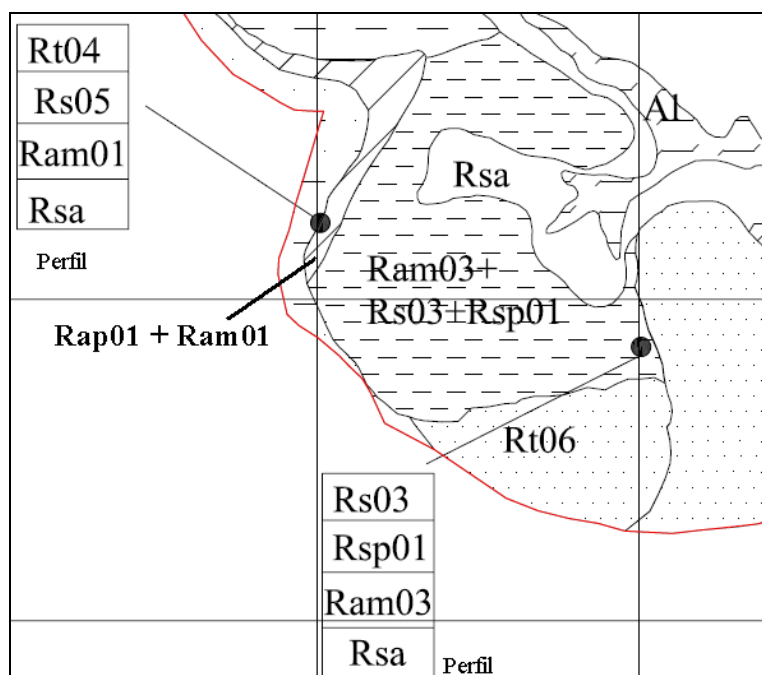


Figura 28: Mapa de materiais inconsolidados (modificado de YAMANOUTH, 2003)

Tabela 13: Descrição do perfil de alteração (YAMANOUTH, 2003)

Níveis de Alteração	Identificação	Descrição
Solo residual	Rs	Rocha totalmente transformada em solo, não há presença de estruturas e textura primárias.
Solo saprolítico	Rsp	Ainda encontramos cerca de 10% de rocha alterada imersa no solo
Rocha muito alterada	Ram	Preservação das estruturas primárias, descoloração, e baixa resistência à desagregação
Rocha pouco alterada	Rap	Preservação das estruturas primárias, pouca descoloração, e alta resistência a desagregação
Rocha sã	Rsa	Rocha com pouco nível de alteração

Aluvião (Al): é constituída por material arenoso de granulação areia média a fina, e no canal de drenagem há presença de areia grossa e pedregulhos; a montante, a coloração é esbranquiçada; nas margens do córrego há presença de terraços aluvionares, apresentando camadas de areia média a fina intercalada com material mais rico em matéria orgânica.

Unidade Rs03: é constituída por material arenoso com granulação de média a fina, possui coloração amarela esbranquiçada, com espessura entre 4 e 5 m. O principal afloramento desta unidade é na voçoroca F1a. Material arenoso com baixa resistência à erosão.

Unidade Rs05: é constituída por um material arenoso, com 11,8% de argila e com areia média a fina, possui coloração rosada, apresenta espessura de aproximadamente 0,5 m. Este material encontra-se localizado no perfil de alteração acima da rocha muito alterada. O material foi caracterizado como arenoso com baixa resistência à erosão.

Unidade Rsp01: é constituída por um material arenoso de coloração rosada, com espessura de aproximadamente 0,5 m. Ainda pode ser encontrada matacões de rocha branda imerso no solo residual. Esta unidade foi identificada somente num afloramento localizado em duas voçorocas (F1a e F2a). Material caracterizado como arenoso com baixa resistência a erosão.

Unidade Ram01: é constituída por um material arenoso de coloração rosada acinzentada, rocha muito alterada, possui estratificações cruzadas de médio porte presença de feições erosivas. Material caracterizado como arenoso com baixa resistência a erosão.

Unidade Ram03: rocha muito alterada, possui coloração alaranjada, apresenta estruturas primárias como estratificações cruzadas de pequeno e médio porte.

Unidade Rap01: rocha pouca alterada, apresenta estratificações cruzadas de médio porte, apresenta coloração acinzentada.

Unidade Rt03: é constituída por um material arenoso com até 1% de pedregulho, areia média a fina, apresenta coloração alaranjada, com espessura de aproximadamente 1 m. O material foi classificado pela autora como arenoso com baixa resistência a erosão.

Unidade Rt04: é constituída por um material arenoso com até 27% de argila, sendo este com a maior quantidade de finos, coloração avermelhada, com espessura de aproximadamente 3 m. Este material foi caracterizado como arenoso com baixa resistência a erosão.

Unidade Rt06: é constituída por um material arenoso de coloração alaranjada, com espessura de aproximadamente 3 m. Material classificado como arenoso com baixa resistência à erosão.

7.3 Uso e Ocupação

A importância da análise dos usos e ocupações se dá pelas modificações por elas exercidas no meio, as quais podem desencadear diversos problemas ambientais, como erosões.

As categorias de uso e ocupação foram modificadas do trabalho de ALMEIDA ; FREITAS (1996, apud YAMANOUTH, 2003), e encontram-se na Tabela 9.

Tabela 14: Categorias de formas de uso e ocupação do solo e problemas/ processos do meio físico segundo ALMEIDA; FREITAS (1996, apud YAMANOUTH, 2003).

PRINCIPAIS FORMAS DE USO E OCUPAÇÃO	CARACTERÍSTICAS	PROBLEMAS/PROCESSOS DO MEIO FÍSICO
Cobertura vegetal natural	Inclui áreas cobertas principalmente por mata e capoeira. Nas áreas urbanas encontram-se em áreas restritas, onde o relevo é mais energético ou nas áreas de preservação	Esta forma de uso exerce ação protetora em relação aos processos de movimento de massa.
Reflorestamento	Áreas de recomposição da cobertura vegetal, em sua maioria para fins econômicos.	Atua de maneira semelhante às matas, diferenciando-se quanto ao manejo.
Campo antrópico/pastagens	Áreas onde predominam vegetação herbácea, com alguns arbustos e árvores esparsas. localizam-se próximos às áreas rurais ou de expansão urbana.	Quando em relevo mais movimentado e em casos de exposição do solo, podem ocorrer processos erosivos.
Áreas agrícolas	Áreas destinadas a cultivos perenes ou temporários (ciclo estabelecido). Nas áreas urbanas destacam-se a horticultura e as chácaras rurais (que destinam parte dos lotes a pequenos cultivos).	Possibilidade de ocasionar ou agravar processos erosivos quando há exposição dos solos, e em situações com concentração de drenagem superficial, com conseqüente assoreamento dos cursos d'águas. Também o manejo inadequado do solo e o uso intensivo de fertilizantes e pesticida podem gerar poluição dos recursos hídricos, perda de fertilidade do solo, e esgotamento do solo por determinadas culturas.

Área urbana consolidada	Caracteriza-se por ser densamente ocupada, e pela disponibilidade de infra-estrutura básica e equipamentos, atividades de comércio e serviços, etc.	Por serem áreas com pouca exposição do solo e bastante impermeabilizadas possibilitam maior escoamento superficial, e concentração das águas, estrangulando alguns sistemas de drenagem, e intensificado as inundações e os alagamentos.
Área urbana em consolidação	ocupação média/alta, apresentando ainda alguns vazios urbanos, e infra-estrutura e equipamentos restritos. Destacam-se nessas áreas grandes loteamentos e sistemas de autoconstrução.	Na fase de implantação de loteamentos, os solos são expostos à erosão. A implantação parcial de infra-estrutura (drenagem e pavimentação), com a concentração e o lançamento de águas de chuva e servidas, favorece a ocorrência de boçorocas. Ocorrem também os assoreamentos das drenagens por resíduos urbanos (lixo, materiais de construção, etc), e inundações e problemas de saneamento.
Área urbana parcelada	Corresponde à ocupação periférica de densidade média/baixa, caracterizada por loteamentos em implantação destinados à classe social menos favorecida, em que há falta de infra-estrutura e equipamentos urbanos.	Os problemas são semelhantes aos anteriores, porém com maior grau de intensidade
Disposição de resíduos	Locais para destinação final do lixo urbano, na forma de aterro sanitário, lixão ou aterro controlado.	Se não executada com critérios e conforme normas específicas, podem ocasionar poluição do solo, das águas superficiais e do lençol freático.
Sistema viário	Vias de comunicação na malha urbana ou para ligação entre áreas distantes (rodovias, ferrovias).	Para sua implantação ocasionam desmatamentos com desencadeamento de movimento de massa. a concentração e o lançamento inadequado das águas superficiais de drenagem de rodovias podem intensificar estes processos erosivos (boçorocas, corridas de massa).

As principais formas de uso e ocupação encontradas na área em estudo foram: cobertura vegetal natural, reflorestamento (para fins comerciais ou não), campo antrópico (especialmente chácaras)/pastagens, área urbana em consolidação e área urbana parcelada.

A Figura 29 apresenta a foto aérea de 1962, ano em que as pastagens eram predominantes, o que acarretou em elevado desmatamento das encostas e das margens de rios. As pastagens

apresentam-se bastante expostas, com pouca cobertura vegetal, o que pode ser observado pela coloração clara de sua superfície.



Figura 29: Fotografia aérea de 1962, mostrando os principais usos e ocupações

Em 1972 (Figura 30), as pastagens permaneceram como a ocupação predominante. A grande mudança ocorreu na redução da área composta por vegetação natural. As imagens posteriores confirmarão que isso ocorreu a fim de se implantar a silvicultura.

Em 1988 (Figura 31), houve reflorestamento de parte da vegetação nas áreas de pastagens. A atividade de silvicultura foi implantada na área.

A foto aérea de 1995 (Figura 32) mostra a grande expansão do perímetro urbano, sendo que a categoria de uso e ocupação predominante foi de área urbana em consolidação. Isso ocorreu especialmente pela demarcação dos lotes do residencial de alto padrão (Jardim Botânico).

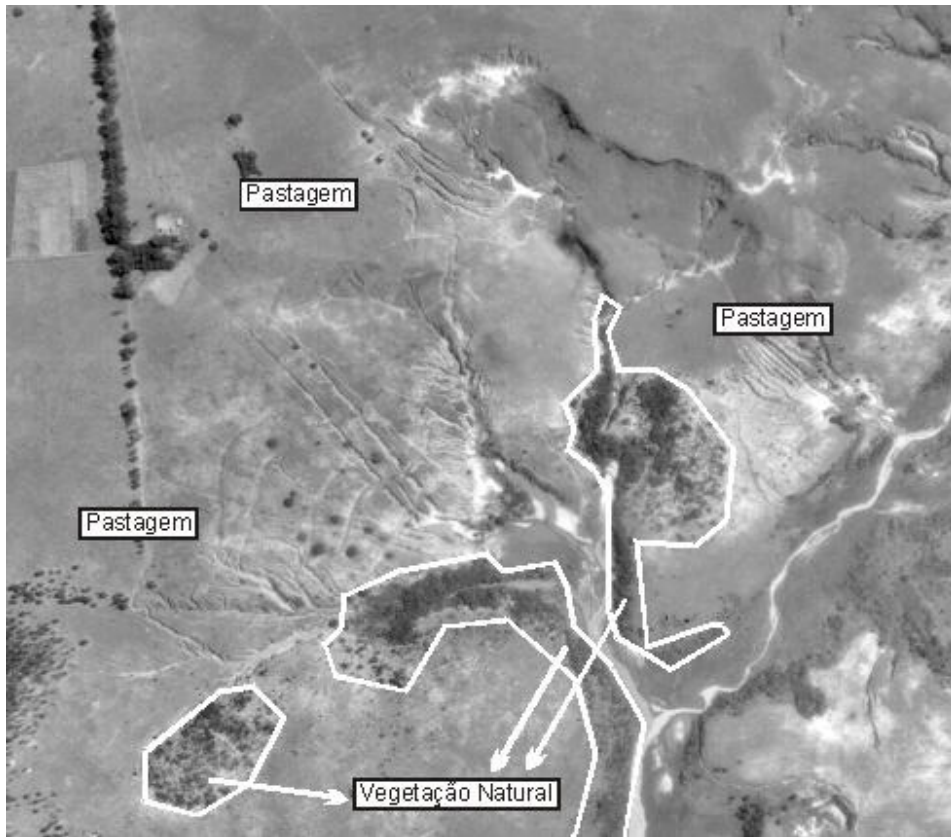


Figura 30: Fotografia aérea de 1972, mostrando os principais usos e ocupações

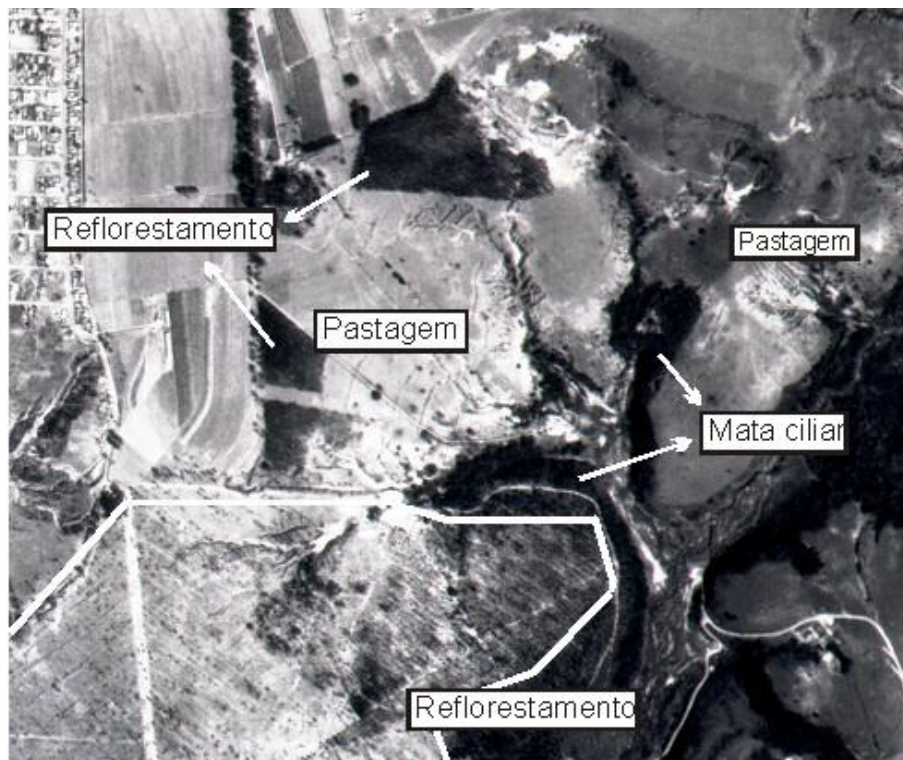


Figura 31: Fotografia aérea de 1988, mostrando os principais usos e ocupações

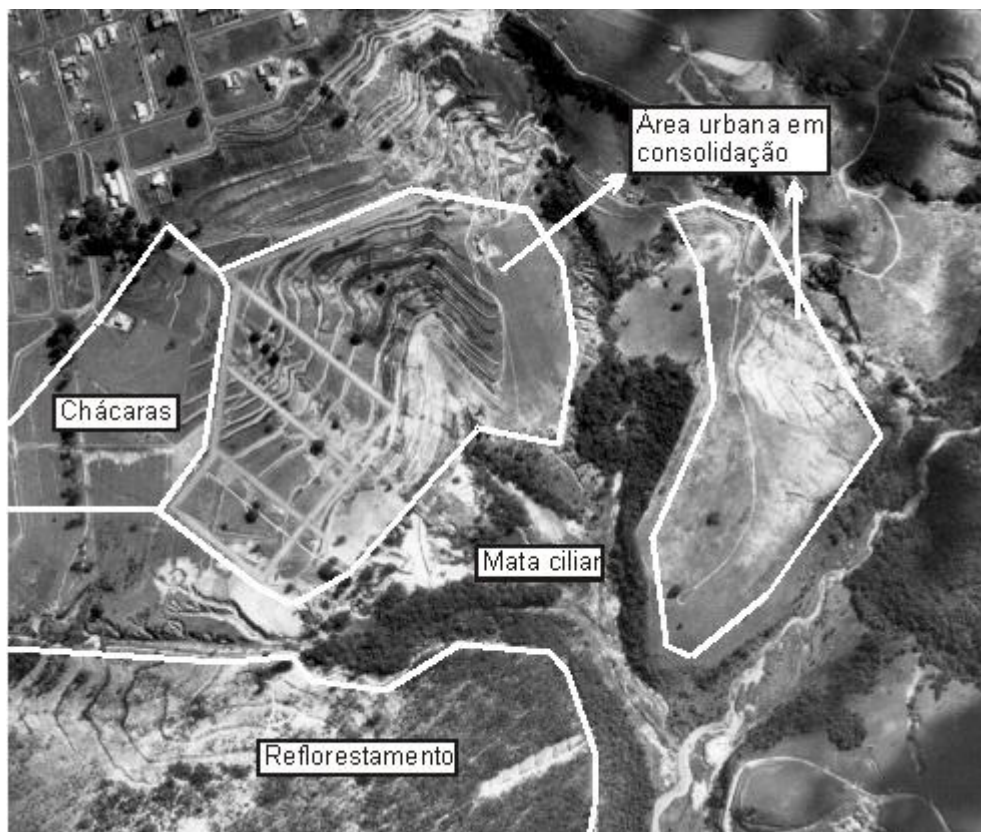


Figura 32: Fotografia aérea de 1995, mostrando os principais usos e ocupações

Em 2000 (Figura 33), o residencial Jardim Botânico já estava bem estruturado, com as vias construídas, e alguns lotes já ocupados. Lotes de baixo padrão surgiram como nova forma ocupação na área, a qual apresenta elevado índice de impermeabilização do solo, já que os terrenos reservados às residências são menores.

A imagem do ano de 2005 (Figura 34) mostra que as principais mudanças foram a estruturação de uma das áreas de expansão do residencial, e o adensamento da mata ciliar no mesmo.

Em visita a campo e conversando com diversos moradores, estes contaram que o bairro possui um viveiro de mudas para recuperação da mata ciliar. Há um morador que já plantou em torno de 10.000 mudas.

Algumas imagens do Plano Diretor foram cedidas pela Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente do município de São Pedro, as quais mostram a presença de áreas verdes e APPs delimitadas. Ou seja, o Plano Diretor destinou áreas para tais finalidades.

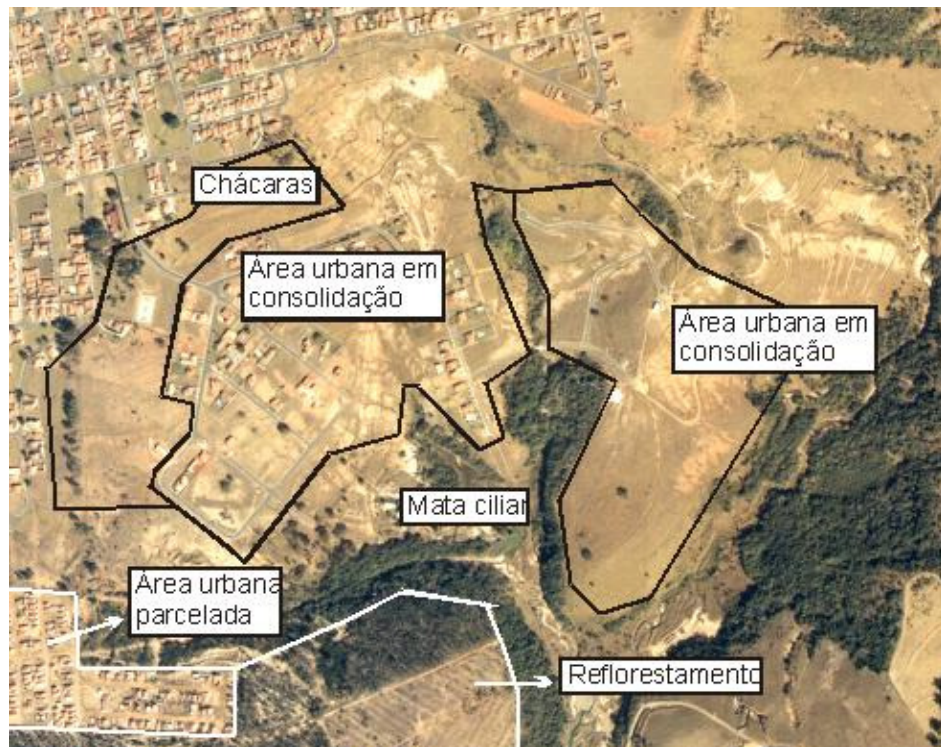


Figura 33: Fotografia aérea de 2000, mostrando os principais usos e ocupações



Figura 34: Imagem de satélite de 2005, mostrando os principais usos e ocupações

7.4 Classificação das Feições Erosivas

Classificação de feições erosivas

As feições erosivas foram classificadas detalhando as seguintes informações:

- Posição em relação ao canal de drenagem (cabeceira, ortogonal, paralela);
- Continuidade (contínua e descontínua);
- Estágio de evolução (ativa, dormente, estável, controlada, recuperada);
- Comprimento: da feição principal;
- Retilinearidade (linear, sinuosa e angular);
- Ramificação (cabeceira, lateral)
- Comprimento e largura: serão fornecidos valores máximos e mínimos encontrados;
- Usos (vide Tabela 9);
- Landform;
- Material inconsolidado; e
- Declividade

As feições e as medidas de reabilitação foram nomeadas da seguinte forma: F para feição erosiva e R para reabilitação, sendo que cada uma será detalhada. Na frente de cada designação foi colocado um número, na frente do qual uma letra minúscula, sendo que (a) refere-se ao ano de 1962, (b) 1972, (c) 1988, (d) 1995, (e) 2000 e, por fim, (f) para 2005. Por exemplo, a feição F1a foi, primeiramente, detectada na foto aérea de 1962, e controlada em 1995 (R1d); enquanto que F1b foi observada na foto aérea de 1972, e seu controle foi detectado em 2005 (R5f).

As Figuras 35, 36, 40, 44, 48 e 53 apresentam as feições detectadas, por meio de análise de foto aérea, nos anos de 1962, 1972, 1988, 1995, 2000 e da imagem de satélite de 2005, respectivamente, assim como as medidas de reabilitação. A classificação das feições erosivas encontra-se nas Tabelas 10, 11, 12, 13, 14 e 15, para os respectivos anos.

O comprimento e largura das feições foram apresentados da seguinte forma: para complexo de voçorocas, e conjunto de voçorocas que não formam um complexo, os valores referem-se ao maior valor de cada, isto é, ao maior comprimento encontrado e à maior largura, independente de se tratar da mesma feição ou não. O mesmo foi feito para as ramificações. No caso de voçorocas analisadas individualmente, os valores são referentes a e elas.

Devido aos erros de medidas, comprimentos e larguras são apresentados como intervalos. Assim, tanto para o eixo principal da voçoroca, quanto para ramificações, o comprimento foi classificado com intervalos de 50,0m, enquanto que para largura, este valor foi de 5,0m.

Tabela 15: Classificação das feições erosivas de 1962

	F1a	F2a	F3a	F4a	F5a	F6a	F7a	F8a
Tipo de feição	Voçoroca e complexo de ravinas	Voçoroca	Complexo de ravinas	Voçorocas	Voçoroca	Voçorocas e ravinas	Voçorocas e ravinas	Voçoroca
Posição em relação à drenagem	Cabeceira	Cabeceira	Encosta intermediária	Ortogonal	Cabeceira	Cabeceira	Encosta intermediária	Ortogonal
Estágio de evolução	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa
Continuidade	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
Comprimento	De 400 a 450	De 400 a 450	-	de 200 a 450	De 300 a 350	De 200 a 250	De 150 a 200	De 200 a 250
Maior largura	De 10 a 15	De 10 a 15	-	De 10 a 15	De 5 a 10	De 5 a 10	De 10 a 15	Até 5
Retilinearidade	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Ramificações - comprimento (m) - largura (m)	Cabeceira De 150 a 200 Até 5	Lateral De 200 a 250 De 20 a 25	-	-	Cabeceira De 50 a 100 De 5 a 10	Cabeceira De 20 a 25 De 5 a 10	-	Lateral Até 50 Até 5
Usos	Vegetação natural	Pastagem/vegetação natural	Pastagem	Pastagem	Pastagem	Pastagem	Pastagem	Pastagem
Landform*	Encosta retilínea íngreme-côncava convergente	Encosta retilínea íngreme-côncava convergente	Encosta retilínea-côncava convergente/ Encosta retilínea íngreme-côncava convergente	Encosta retilínea-côncava convergente	Encosta retilínea moderada íngreme-côncava convergente	Encosta retilínea moderada íngreme-côncava convergente	Encosta retilínea íngreme/ Encosta convexa-convexa	Encosta côncava-convexa / Encosta convexa-convexa
Material inconsolidado*	Ram03, Rs03, Rsp01, Rt06	Ram03, Rs03, Rsp01, Rt06	Ram03, Rs03	Ram03, Rs03	Ram03, Rs03	Ram03, Rs03	Rt03, Ram03	Rt03, Ram03
Declividade (%)*	6,5 a 50,0	6,5 a 50,0	5,5 a 50	5,5 a 16,7	5,5 a 33,3	5,5 a 33,3	2,5 a 50	2,5 a 33,0

O traço (-) indica que não foi possível detalhar a feição.

* De acordo com YAMANOUTH (2003)

(continuação)

	F9a	F10a	F11a	F12a	F13a	F14a	F15a	F16a
Tipo de feição	Voçoroca	Complexo de voçorocas	Complexo de voçorocas	Complexo de voçorocas	Voçoroca	Ravina	Voçoroca	Complexo de voçorocas
Posição em relação à drenagem	Cabeceira	Encosta superior	Cabeceira	Paralela	Ortogonal	Encosta inferior	Cabeceira	Encosta intermediária
Estágio de evolução	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa
Continuidade	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
Comprimento	De 100 a 150	De 50 a 100	De 200 250	De 350 a 400	De 250 a 300	-	De 200 a 250	De 200 a 250
Largura	Até 5	Até 5	De 5 a 10	De 5 a 10	De 10 a 15	-	6De 5 a 10	De 10 a 15
Retilinearidade	Linear	Linear	Sinuosa	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Ramificações - comprimento (m) - largura (m)	-	-	Lateral -	Lateral -	Lateral Até 50 De 5 a 10	-	-	Cabeceira e lateral -
Usos	Pastagem	Pastagem	Pastagem	Pastagem	Pastagem/vegetação natural	Pastagem	Pastagem	Pastagem
Landform	Encosta retilínea íngreme-retilínea com alta frequência de canais/ Encosta retilínea-côncava	Encosta retilínea suave-retilínea/Encosta retilínea íngreme com alta frequência de canais	Encosta retilínea-côncava	Encosta retilínea-côncava /Encosta retilínea moderada íngreme-côncava convergente	Escarpas contínuas superior/Encosta retilínea côncava/Encosta retilínea íngreme com alta frequência de canais	Encosta retilínea-côncava	Encosta côncava-convexa / Encosta convexa-convexa	Encosta côncava-convexa / Encosta convexa-convexa
Material inconsolidado	Rap01, Ram01	Rap01,Ram01, Rt04,Rs05	Ram01, Rap01	Ram03,Rs03	Ram03,Rs03	Ram03, Rs03, Rsp01	Rt03,Ram03	Rt03,Ram03
Declividade (%)	4,5 a 50,0	3,0 a 50,0	4,5 a 16,7	4,5 a 33,3	5,5 a 33,3	7,1 a 50,0	2,5 a 33,0	2,5 a 33,0

Tabela 16: Classificação das feições erosivas de 1972

	F1b	F1a	F2a	F3a	F4a	F5/6a	F7a	F8a
Tipo de feição	Complexo de voçorocas	Voçoroca e ravinas	Voçoroca	Complexo de ravinas	Voçorocas	Voçorocas e ravinas	Voçorocas e ravinas	Voçoroca
Posição em relação à drenagem	Lateral	Cabeceira	Cabeceira	Encosta intermediária	Ortogonal	Cabeceira	Encosta intermediária	Cabeceira
Estágio de evolução	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa
Continuidade	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
Comprimento (m)	De 50 a 100	De 400 a 450	De 400 a 450	-	De 200 a 450	De 450 a 500	De 150 a 200	De 200 a 250
Largura (m)	De 5 a 10	De 20 a 25	De 10 a 15	-	De 10 a 15	De 10 a 15	De 10 a 15	Até 5
Retilinearidade	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Ramificações - comprimento (m) - largura (m)	Lateral -	Cabeceira De 300 a 350 De 10 a 15	Lateral De 200 a 250 De 15 a 20	-	Cabeceira	Cabeceira De 100 a 150 De 5 a 10	-	Cabeceira e lateral
Usos	Pastagem	Vegetação natural	Pastagem/vegetação natural	Pastagem	Pastagem	Pastagem	Pastagem	Pastagem
Landform	Encosta retilínea íngreme-retilínea com alta frequência de canais	Encosta retilínea íngreme-côncava convergente	Encosta retilínea íngreme-côncava convergente	Encosta retilínea-côncava convergente/ Encosta retilínea íngreme-côncava convergente	Encosta retilínea-côncava convergente	Encosta retilínea moderada íngreme-côncava convergente	Encosta retilínea íngreme/ Encosta convexa-convexa	Encosta côncava-convexa / Encosta convexa-convexa
Material inconsolidado	Al, RSa	Ram03, Rs03, Rsp01, Rt06	Ram03, Rs03, Rsp01, Rt06	Ram03, Rs03	Ram03, Rs03	Ram03, Rs03	Rt03, Ram03	Rt03, Ram03
Declividade (%)	7,1 a 50,0	6,5 a 50,0	6,5 a 50,0	5,5 a 50	5,5 a 16,7	5,5 a 33,3	2,5 a 50	2,5 a 33,0

(continuação)

	F9a	F10a	F11a	F12a	F13a	F14a	F15a	F16a
Tipo de feição	Voçoroca	Complexo de voçorocas	Complexo de voçorocas	Complexo de voçorocas	Voçoroca	Ravina	Voçoroca	Complexo de voçorocas
Posição em relação à drenagem	Cabeceira	Encosta superior	Cabeceira	Paralela	Ortogonal	Encosta inferior	Cabeceira	Encosta intermediária
Estágio de evolução	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa
Continuidade	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
Comprimento (m)	De 150 a 200	De 50 a 100	De 200 a 250	De 350 a 400	De 250 a 300	-	De 200 a 250	De 200 a 250
Largura (m)	Até 5	Até 5	De 5 a 10	De 5 a 10	De 10 a 15	-	De 5 a 10	De 10 a 15
Retilinearidade	Linear	Linear	Sinuosa	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Ramificações - comprimento (m) - largura (m)	-	-	Lateral -	Lateral -	Lateral Até 50 De 5 a 10	-	-	Cabeceira e lateral -
Usos	Pastagem	Pastagem	Pastagem	Pastagem	Pastagem/vegetação natural	Pastagem	Pastagem	Pastagem
Landform	Encosta retilínea íngreme-retilínea com alta frequência de canais/ Encosta retilínea-côncava	Encosta retilínea suave-retilínea/Encosta retilínea com alta frequência de canais	Encosta retilínea-côncava	Encosta retilínea-côncava /Encosta retilínea moderada íngreme-côncava convergente	Escarpas contínuas superior/Encosta retilínea côncava/Encosta retilínea íngreme com alta frequência de canais	Encosta retilínea-côncava	Encosta côncava-convexa / Encosta convexa-convexa	Encosta côncava-convexa / Encosta convexa-convexa
Material inconsolidado	Rap01, Ram01	Rap01,Ram01, Rt04, Rs05	Ram01, Rap01	Ram03, Rs03	Ram03, Rs03	Ram03, Rs03, Rsp01	Rt03,Ram03	Rt03,Ram03
Declividade (%)	4,5 a 50,0	3,0 a 50,0	4,5 a 16,7	4,5 a 33,3	5,5 a 33,3	7,1 a 50,0	2,5 a 33,0	2,5 a 33,0

Tabela 17: Classificação das feições erosivas de 1988

	F1b	F1a	F2a	F4a	F5/6a	F7a	F8a
Tipo de feição	Complexo de ravinas	Voçoroca	Voçoroca	Voçorocas	Complexo de voçorocas	Voçorocas e ravinas	Voçoroca
Posição em relação à drenagem	Lateral	Cabeceira	Cabeceira	Ortogonal	Cabeceira	Encosta intermediária	Cabeceira
Estágio de evolução	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa
Continuidade	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
Comprimento (m)	De 50 a 100	De 200 a 250	De 150 a 200	De 200 a 450	De 600 a 650	De 150 a 200	De 200 a 250
Largura (m)	De 5 a 10	De 5 a 10	De 20 a 25	De 10 a 15	De 25 a 30	De 10 a 15	Até 5
Retilinearidade	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Ramificações - comprimento (m) - largura (m)	-	Cabeceira -	Lateral -	Cabeceira -	Cabeceira -	Ausente -	Cabeceira e lateral -
Usos	Pastagem	Reflorestamento (silvicultura)	Pastagem/reflorestamento (silvicultura)	Pastagem	Pastagem	Pastagem	Reflorestamento /pastagem
Landform	Encosta retilínea íngreme-retilínea com alta frequência de canais	Encosta retilínea íngreme-côncava convergente	Encosta retilínea íngreme-côncava convergente	Encosta retilínea-côncava convergente	Encosta retilínea moderada íngreme-côncava convergente/ Encosta retilínea íngreme com alta frequência de canais	Encosta retilínea íngreme/ Encosta convexa-convexa	Encosta côncava-convexa / Encosta convexa-convexa
Material inconsolidado	Al, RSa	Ram03, Rs03, Rsp01, Rt06	Ram03, Rs03, Rsp01, Rt06	Ram03, Rs03	Ram03, Rs03, Al	Rt03, Ram03	Rt03, Ram03
Declividade (%)	7,1 a 50,0	6,5 a 50,0	6,5 a 50,0	5,5 a 16,7	5,5 a 50,0	2,5 a 50	2,5 a 33,0

(continuação)

	F9a	F10a	F11a	F12a	F13a	F14a	F15a	F16a
Tipo de feição	Voçoroca	Complexo de voçorocas	Complexo de voçorocas	Complexo de voçorocas	Voçoroca	Ravina	Voçoroca	Complexo de voçorocas
Posição em relação à drenagem	Cabeceira	Encosta superior	Cabeceira	Paralela	Ortogonal	Encosta inferior	Cabeceira	Encosta intermediária
Estágio de evolução	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa
Continuidade	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
Comprimento (m)	De 250 a 200	-	-	-	-	-	-	-
Largura (m)	Até 5	-	-	-	-	-	-	-
Retilinearidade	Linear	Linear	Sinuosa	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Ramificações - comprimento (m) - largura (m)	-	-	Cabeceira -	Cabeceira -	Cabeceira -	-	Lateral	-
Usos	Pastagem	Pastagem	Pastagem	Pastagem	Pastagem/vegetação natural	Pastagem	Pastagem	Pastagem
Landform	Encosta retilínea íngreme- retilínea com alta frequência de canais/ Encosta retilínea-côncava	Encosta retilínea suave- retilínea/Encosta retilínea íngreme com alta frequência de canais	Encosta retilínea-côncava	Encosta retilínea-côncava /Encosta retilínea moderada íngreme-côncava convergente	Escarpas contínuas superior/Encosta retilínea côncava/Encosta retilínea íngreme com alta frequência de canais	Encosta retilínea-côncava	Encosta côncava-convexa / Encosta convexa-convexa	Encosta côncava-convexa / Encosta convexa-convexa
Material inconsolidado	Rap01, Ram01	Rap01,Ram01, Rt04,Rs05	Ram01, Rap01	Ram03,Rs03	Ram03,Rs03	Ram03, Rs03, Rsp01	Rt03,Ram03	Rt03,Ram03
Declividade (%)	4,5 a 50,0	3,0 a 50,0	4,5 a 16,7	4,5 a 33,3	5,5 a 33,3	7,1 a 50,0	2,5 a 33,0	2,5 a 33,0

Tabela 18: Classificação das feições erosivas de 1995

	F1b	F2a	F4a	F5/6a
Tipo de feição	Complexo de voçorocas	Voçoroca	Voçorocas	Voçoroca
Posição em relação à drenagem	Lateral	Cabeceira	Ortogonal	Cabeceira
Estágio de evolução	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa
Continuidade	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
Comprimento (m)	De 50 a 100	De 400 a 450	De 50 a 100	De 250 a 300
Largura (m0)	De 5 a 10	De 10 a 15	De 5 a 10	De 35 a 40
Retilinearidade	Linear	Linear	Linear	Linear
Ramificações - comprimento(m) - largura (m)	-	Lateral De 200 a 250 De 20 a 25	-	-
Usos	Vegetação natural/área urbana em consolidação	Sem uso	Área urbana em consolidação	Vegetação natural
Landform	Encosta retilínea íngreme-retilínea com alta frequência de canais	Encosta retilínea íngreme-côncava convergente	Encosta retilínea-côncava convergente	Encosta retilínea íngreme com alta frequência de canais
Material inconsolidado	Al, RSa	Ram03, Rs03, Rsp01, Rt06	Ram03, Rs03	Al
Declividade (%)	7,1 a 50,0	6,5 a 50,0	5,5 a 16,7	7,1 a 50,0

(continuação)

	F7a	F8a	F9a	F13a	F14a
Tipo de feição	Voçoroca e ravinas	Voçoroca	Voçoroca	Voçoroca	Voçoroca
Posição em relação à drenagem	Encosta intermediária	Cabeceira	Cabeceira	Ortogonal	Encosta inferior
Estágio de evolução	Ativa	Estabilizada (com vegetação)	Ativa	Estável (com vegetação)	Ativa
Continuidade	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
Comprimento (m)	Até 50	De 200 a 250	De 150 a 200	De 100 a 150	De 50 a 100
Largura (m)	De 5 a 10	Até 50	Até 5	-	Até 5
Retilinearidade	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Ramificações - comprimento(m) - largura (m)	-	Cabeceira e lateral	-	Cabeceira	-
Usos	Área urbana em consolidação	Reflorestamento (silvicultura)/pastagem	Campo antrópico	Área urbana em consolidação	Área urbana em consolidação
Landform	Encosta retilínea íngreme/ Encosta convexa-convexa	Encosta côncava-convexa / Encosta convexa-convexa	Encosta retilínea íngreme- retilínea com alta frequência de canais/ Encosta retilínea- côncava	Escarpas contínuas superior/Encosta retilínea côncava/Encosta retilínea íngreme com alta frequência de canais	Encosta retilínea- côncava
Material inconsolidado	Rt03,Ram03	Rt03,Ram03	Rap01, Ram01	Ram03,Rs03	Ram03, Rs03, Rsp01
Declividade (%)	2,5 a 50	2,5 a 33,0	4,5 a 50,0	5,5 a 33,3	7,1 a 50,0

Tabela 19: Classificação das feições erosivas de 2000

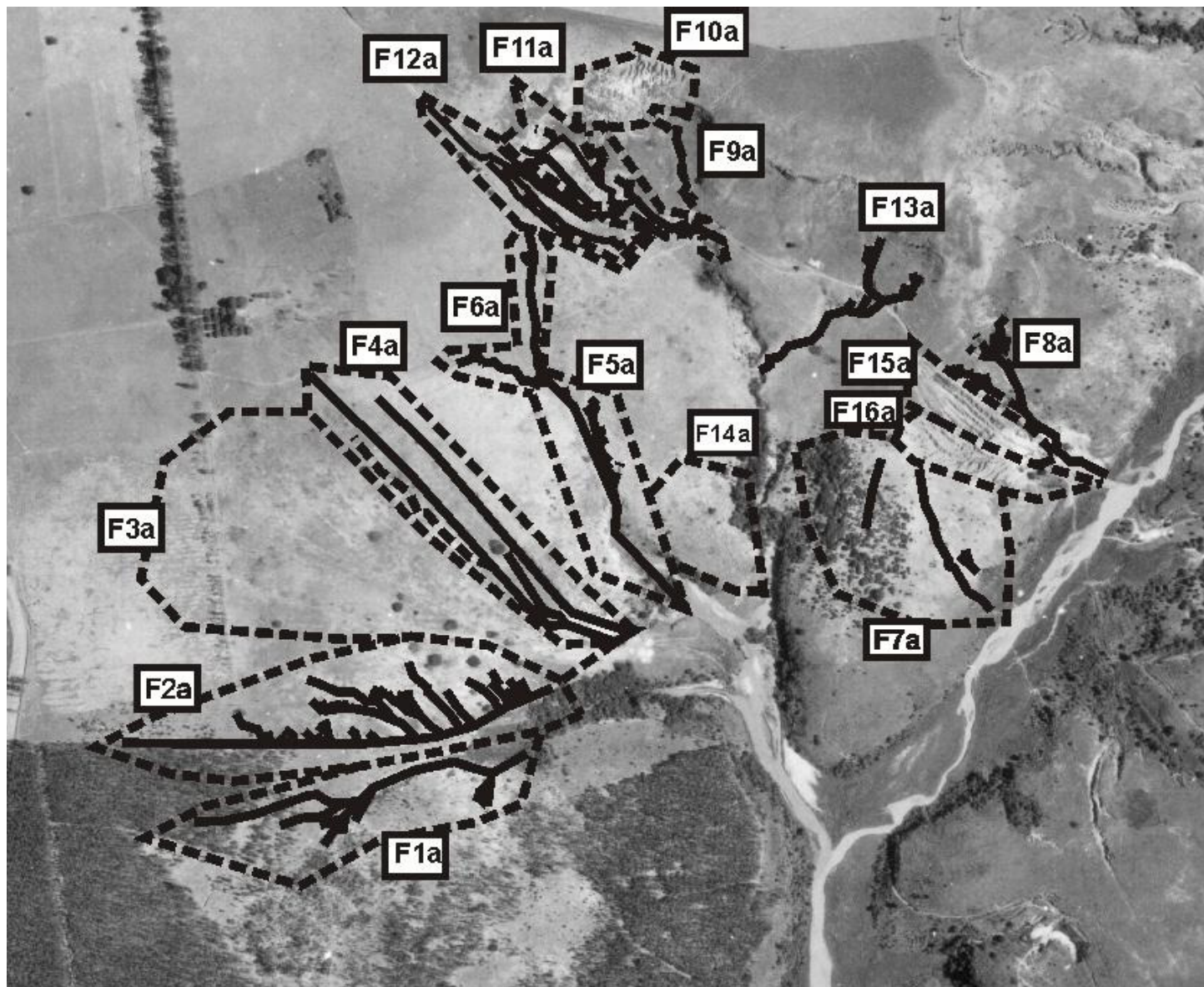
	F1b	F1a	F2a	F7a	F9a	F13a
Tipo de feição	Complexo de ravinas	Voçoroca	Voçoroca	Voçorocas e ravinas	Voçoroca	Voçoroca
Posição em relação à drenagem	Lateral	Encosta intermediária	Cabeceira	Encosta intermediária	Cabeceira	Ortogonal
Estágio de evolução	Reativada	Reativada	Ativa	Ativa	Ativa	Ativa
Continuidade	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
Comprimento (m)	De 50 a 100	De 400 a 450	De 150 a 200	De 150 a 200	De 150 a 200	De 100 a 150
Largura (m)	De 5 a 10	De 10 a 15	De 20 a 25	De 15 a 20	Até 5	De 15 a 20
Retilinearidade	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Ramificações - comprimento (m) - largura (m)	-	-	Lateral	-	-	Cabeceira
Usos	Vegetação natural/área urbana em consolidação	Reflorestamento (silvicultura)/área urbana parcelada	Depósito de resíduos	Área urbana em consolidação	Campo antrópico**	Área urbana em consolidação
Landform	Encosta retilínea íngreme-retilínea com alta frequência de canais	Encosta retilínea íngreme-côncava convergente	Encosta retilínea íngreme-côncava convergente	Encosta retilínea íngreme/ Encosta convexa-convexa	Encosta retilínea íngreme-retilínea com alta frequência de canais/ Encosta retilínea-côncava	Escarpas contínuas superior/Encosta retilínea côncava/Encosta retilínea íngreme com alta frequência de canais
Material inconsolidado	Al, RSa	Ram03, Rs03, Rsp01, Rt06	Ram03, Rs03, Rsp01, Rt06	Rt03, Ram03	Rap01, Ram01	Ram03, Rs03
Declividade (%)	7,1 a 50,0	6,5 a 50	6,5 a 50,0	2,5 a 50	4,5 a 50,0	5,5 a 33,3

* pesqueiro

** chácara

Tabela 20: Classificação das feições erosivas de 2005

	F1f	F1a	F9a	F13a
Tipo de feição	Voçoroca	Voçoroca e ravinas	Voçoroca	Voçoroca
Posição em relação à drenagem	Encosta intermediária	Encosta intermediária	Cabeceira	Ortogonal
Estágio de evolução	Ativa	Reativada	Ativa	Ativa
Continuidade	Contínua	Contínua	Contínua	Contínua
Comprimento (m)	Até 50	De 250 a 300	De 50	De 100 a 150
Largura (m)	De 5 a 10	De 10 a 15	Até 5	Até 5
Retilinearidade	Linear	Linear	Linear	Linear
Ramificações - comprimento (m) - largura (m)	-	-	-	-
Usos	Área urbana em consolidação	Reflorestamento (silvicultura)/área urbana parcelada	Campo antrópico	Área urbana em consolidação
Landform	Encosta retilínea moderada íngreme-côncava convergente	Encosta retilínea-côncava convergente/ Encosta retilínea íngreme-côncava convergente	Encosta retilínea íngreme- retilínea com alta frequência de canais/ Encosta retilínea-côncava	Escarpas contínuas superior/Encosta retilínea côncava/Encosta retilínea íngreme com alta frequência de canais
Material inconsolidado	Material de aterro	Ram03, Rs03	Rap01, Ram01	Ram03, Rs03
Declividade (%)	5,5 a 33,3	5,5 a 50	4,5 a 50,0	5,5 a 33,3



LEGENDA

F: Feição erosiva

1a: identificação da feição erosiva ou medida de reabilitação cadastrada em 1962.

■■■ Delimitação da área da feição/medida de reabilitação

— Traçado da feição erosiva

Figura 35: Delimitação das Feições Erosivas e Medidas de Reabilitação de 1962

7.5 Evolução das Feições Erosivas e Medidas de Reabilitação

No ano em questão, as pastagens eram predominantes na área. Como explicado (4.9.1.3 B), as pastagens são consideradas uma forma de reabilitação, se feita de maneira adequada, respeitando-se a capacidade suporte do solo, evitando total exposição deste, a qual ocorre especialmente devido ao pisoteio do gado, que forma trilhas, as quais passam a ser caminhos preferenciais do escoamento superficial.

Observa-se na Figura 36, registro para o ano de 1972, algumas feições sofreram progressões na forma de ramificações (F1a, F2a e F5a) devido ao desmatamento ocorrido em partes da área e por usos que direcionam as águas superficiais, como cercas e arruamentos.

A feição F1a (Figura 36) é detalhada na Figura 37, em que A mostra a área desmatada, B aponta o crescimento de uma das ramificações, ocasionado por uma cerca (C).

A intensificação do uso do solo para pastagens fez com que as feições F3a e F4a evoluíssem sobremaneira, surgindo voçorocas e agravando as ravinas. Houve a tentativa de controle por meio de terraços, os quais, no entanto, não foram suficientes. Eles devem ser feitos seguindo-se critérios técnicos, considerando-se a declividade do terreno, suas características geológicas, assim como sua ocupação. A evolução de F3a, unida à progressão das ramificações de F2a podem ser observadas com mais detalhe em B, na Figura 38.

Assim como F3a e F4a, F5a, F6a e F7a também foram muito afetadas pelas pastagens. Em A, na Figura 39, observa-se forte intensificação de F5a e F6a, especialmente com o desenvolvimento de ramificações laterais (A e B), sendo que no lado direito (A), esse fenômeno foi mais visível. A progressão das ravinas de F6a (C) fez com que tal feição se unisse à F5a, criando F5/6a.

Além da evolução dessas feições, uma nova surgiu (F1b), cujos detalhes podem ser observados na Figura 36, assim como na Tabela 11.

Em 1988 (Figura 40), uma mudança bastante evidente ocorreu na área da feição, anteriormente ocupada por pastagens, e que passou a ser usada para silvicultura. Apesar da maior proteção ao solo fornecida por essa atividade, possivelmente, não foi dada a devida atenção às feições presentes antes de sua implantação, uma vez que surgiu uma série de novas feições (ravinas e voçorocas), evidentes em A, na Figura 41.

A Figura 42 mostra a progressão da feição F5a/F6. Em A, é possível ver o aumento na quantidade de ramificações, assim como de seu tamanho. B mostra a forte intensificação das voçorocas que, em 1962 eram ravinas pouco visíveis por foto interpretação. C enfatiza o surgimento de uma feição extensa, linear e descontínua na encosta. A intensificação de feições

a jusante (F5a e F6a) acarretou no assoreamento e na formação de novos processos erosivos, mostrados em D, na Figura 42. Por isso, o comprimento e largura de tal feição aumentaram de maneira enfática, em mais de 200m.

Apesar das piores evidenciadas, houve a tentativa de controle, especialmente por meio de reflorestamento nas as feições F11a e F12a (R2c – Figura 40). Essa mesma técnica, observada em B, na Figura 43, unida ao aterramento e terraceamento (B) foi aplicada em F3a (R1c – Figura 40). No entanto, observe em C que ainda há presença de ravinas, mostrando que as medidas não foram capazes de recuperar a área, apesar da notável melhora.

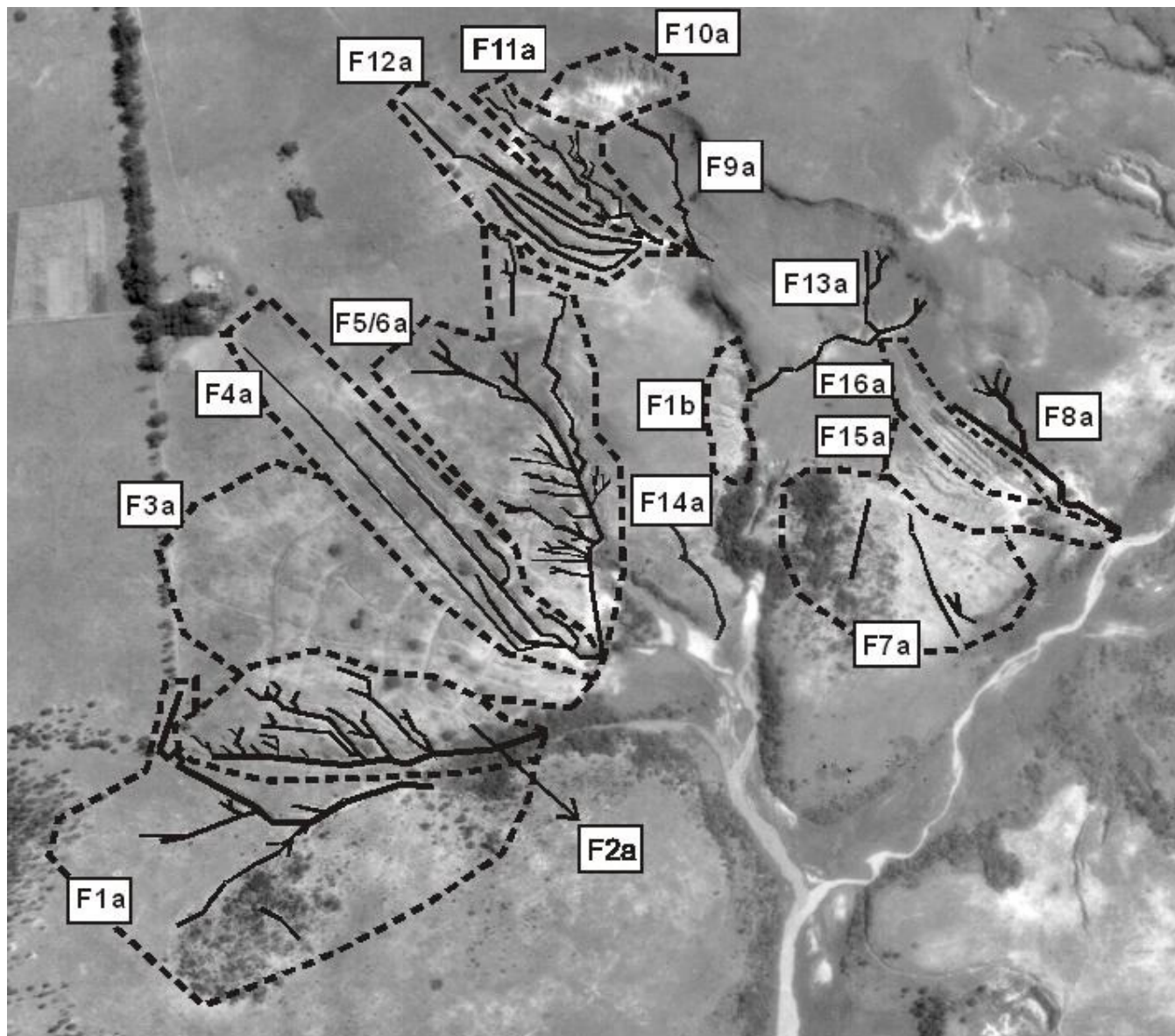
No ano de 1995 (Figura 44) foi evidenciado o início da implantação do bairro residencial Jardim Botânico, o que acarretou em mudanças bastante drásticas na área. As feições F1a, F3a, F4a, F5/6a, F7a, F10a, F11a e F12a foram aterradas e foi implantado terraceamento do tipo Nichols, seguindo as curvas de nível do terreno, com distâncias menores entre os terraços que as curvas de nível feitas em anos anteriores.

Em relação à medida de reabilitação R1d, esta foi aplicada à área de silvicultura (Figura 45– A). Nesta mesma Figura 45, em B, nota-se que parte da feição F2a (Figura 44) foi aterrada. As medidas de reabilitação R2d e R6d (Figura 44) visaram reabilitar a área para implantação do residencial. Esta, no entanto, não se mostrou eficiente, já que surgiram feições (A e B, na Figura 46). Por fim, R3d (Figura 44) foi aplicada em encostas bastante inclinadas, sem um uso definido. Vale ressaltar que a vegetação implantada em 1988 foi retirada. Dois erros bastante graves foram cometidos no que se refere às técnicas de recuperação da área. Primeiramente, a ausência de técnicas de controle da drenagem subsuperficial. Além disso, as ruas implantadas não acompanharam as curvas de nível do terreno, cortando-as perpendicularmente. Dissipadores de energia ao final delas seriam o mais indicado. Os terraços feitos no período de implantação do residencial se mostraram ineficientes, originando uma série de novas feições.

A feição F5/6a (Figura 44) foi bastante modificada devido ao seu aterramento e, devido à intensa movimentação de terra a montante, ocorreu assoreamento do córrego.

Na feição F8a (Figura 44) houve regeneração natural da vegetação (Figura 46– C), o que não foi suficiente na estabilização da feição.

A feição F13a (Figura 44) foi parcialmente estabilizada por meio de aterramento, terraceamento e plantio (R4d – Figura 44; Figura 47– B). Na mesma Figura 47, em A e E,



LEGENDA

F: Feição erosiva

R: Medida de reabilitação

1a: Identificação da feição erosiva ou medida de reabilitação cadastrada em 1962

1b: Identificação da feição erosiva ou medida de reabilitação cadastrada em 1972.

■■■ Delimitação da área da feição/medida de reabilitação

— Traçado da feição erosiva

Figura 36: Delimitação das Feições Erosivas e Medidas de Reabilitação de 1972

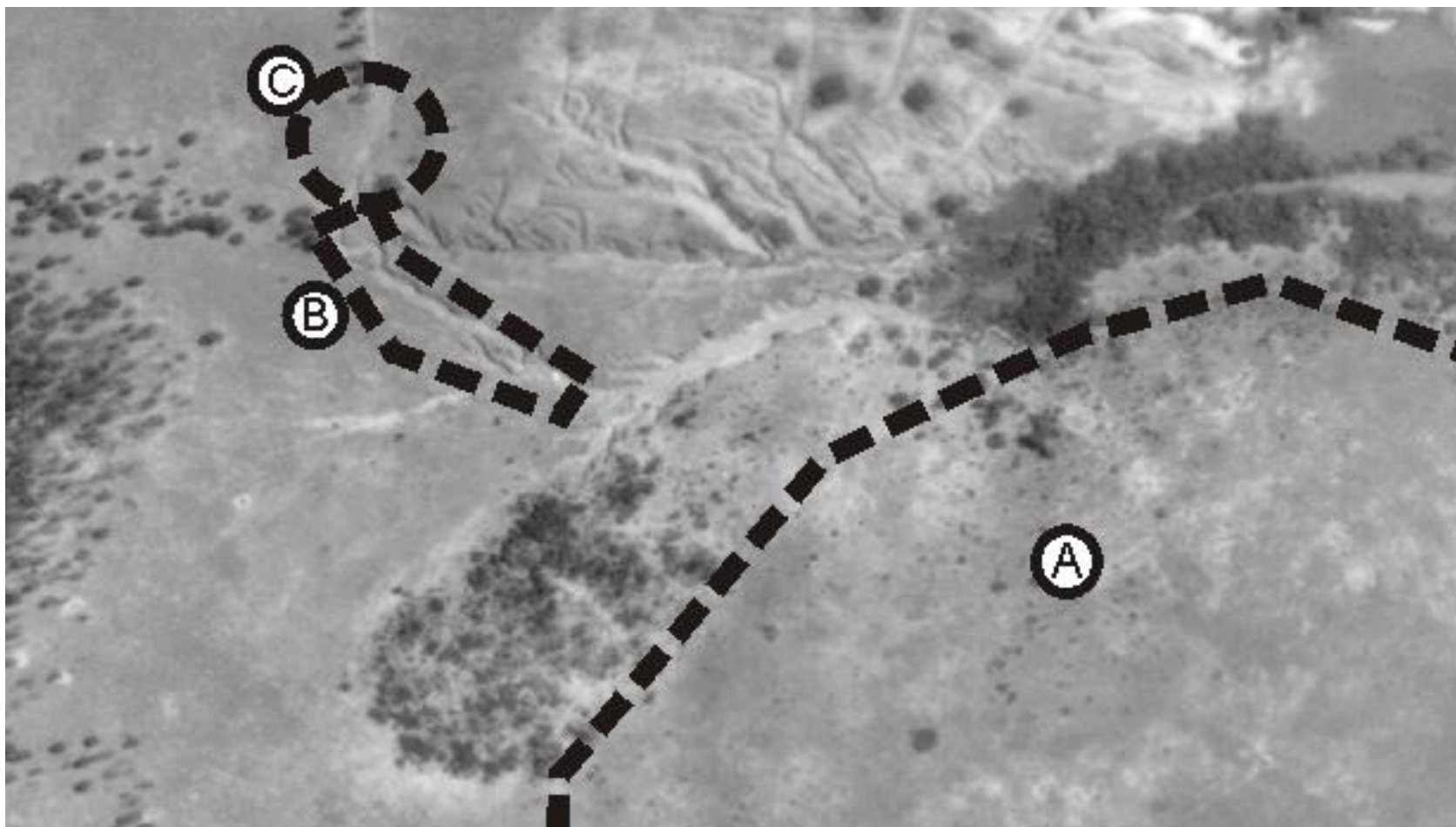


Figura 37: Feição F1a, no ano de 1972

LEGENDA

■ ■ ■ Delimitação da feição erosiva/medida de reabilitação

A, B, C: observações

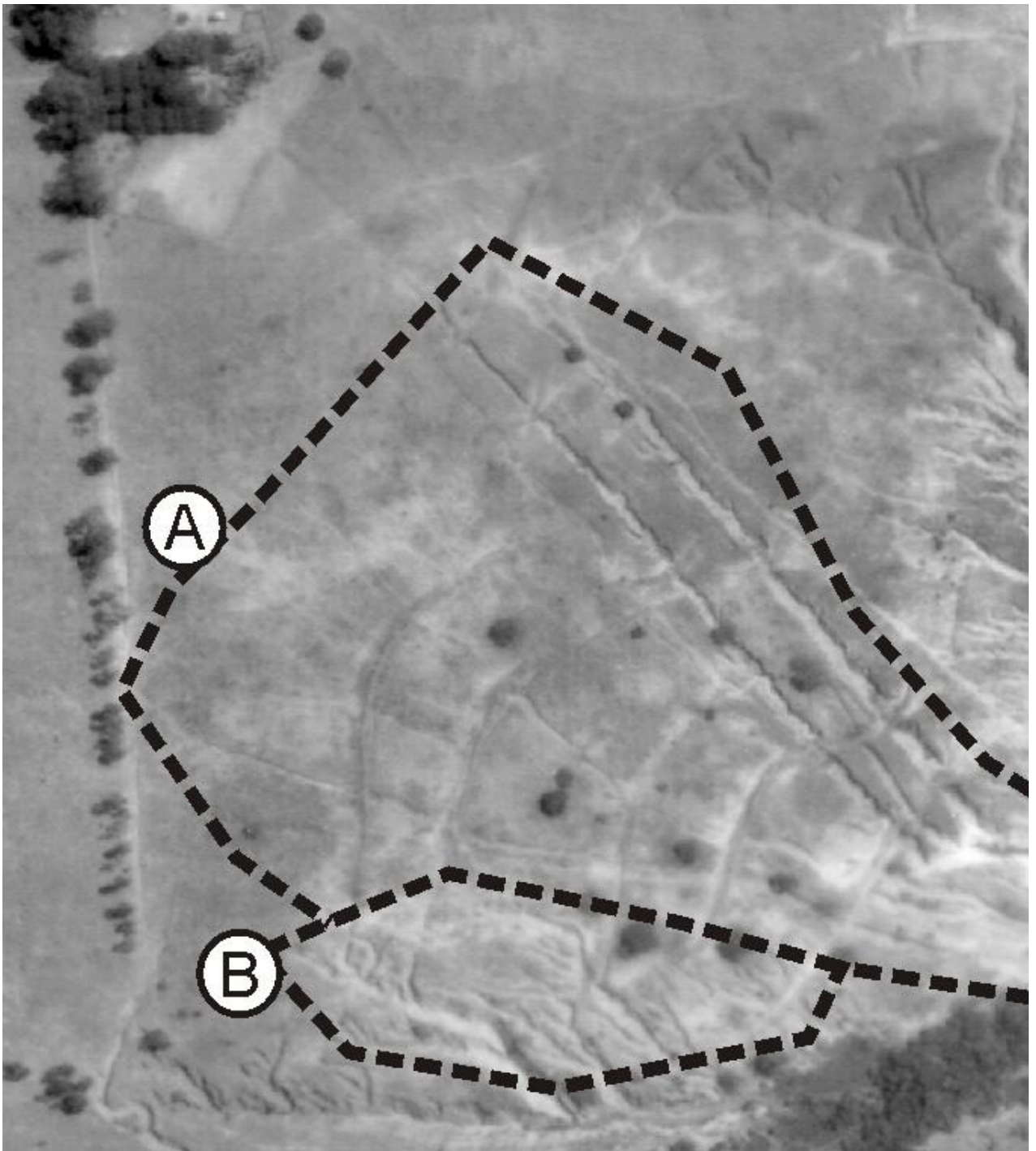


Figura 38: Feições F2a, F3a e F4a, no ano de 1972

LEGENDA

■ ■ ■ Delimitação da feição erosiva/medida de reabilitação

A e B: observações

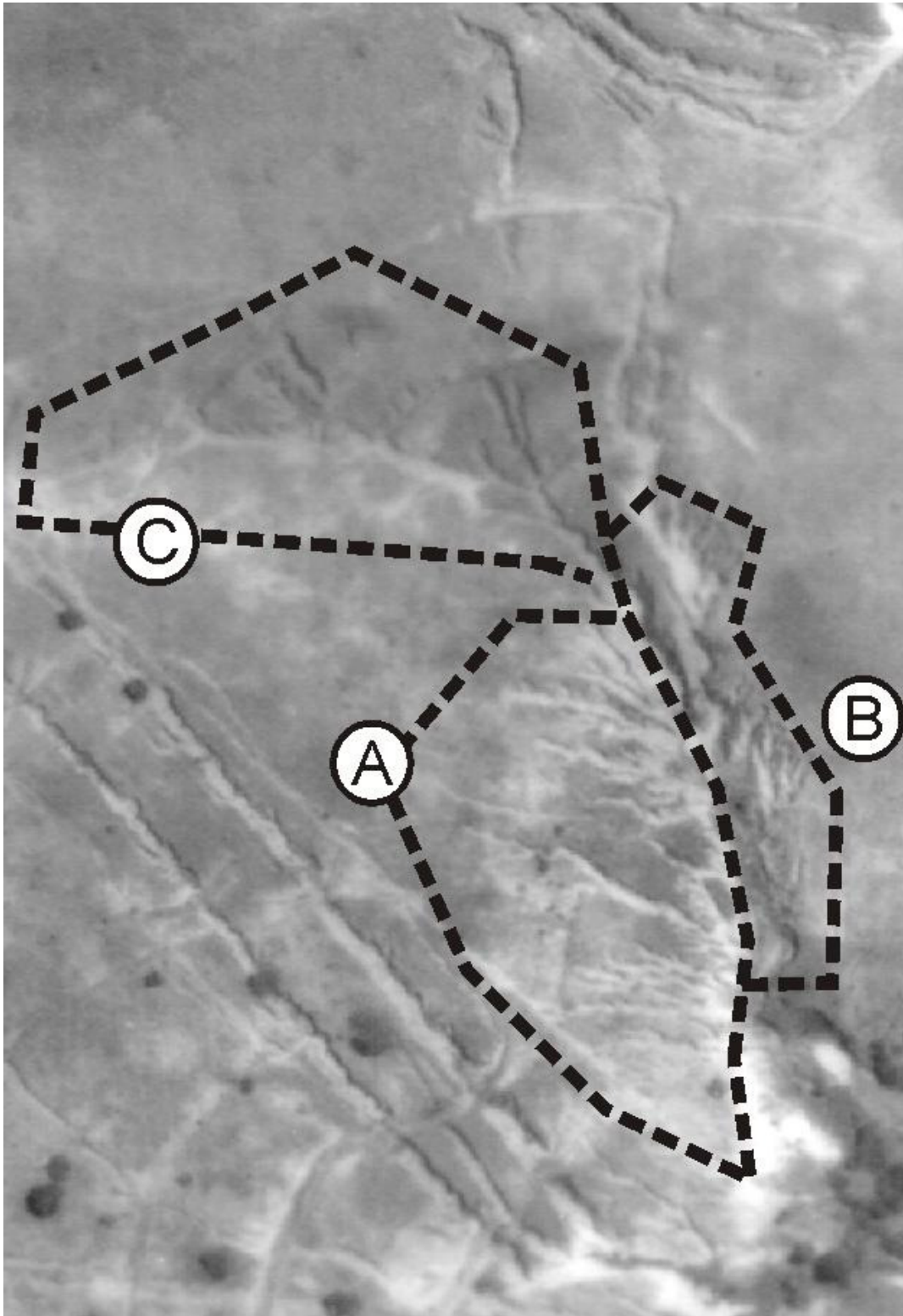
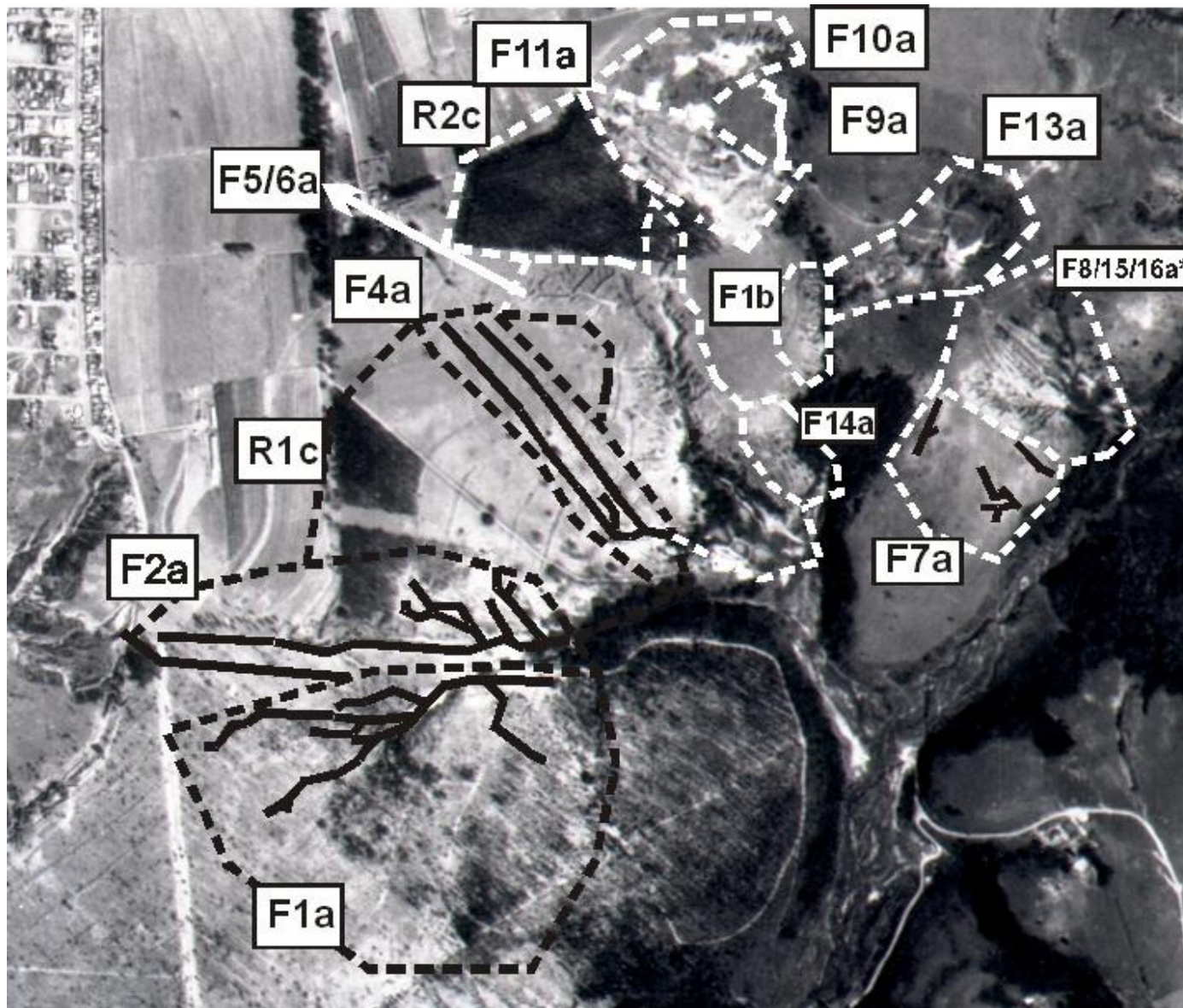


Figura 39: Feições F5/6a, no ano de 1972

LEGENDA

■ ■ ■ Delimitação da feição erosiva/medida de reabilitação
A, B, C: observações



LEGENDA

F: Feição erosiva

R: Medida de reabilitação

1a: Identificação da feição erosiva ou medida de reabilitação cadastrada em 1962

1b: Identificação da feição erosiva ou medida de reabilitação cadastrada em 1972

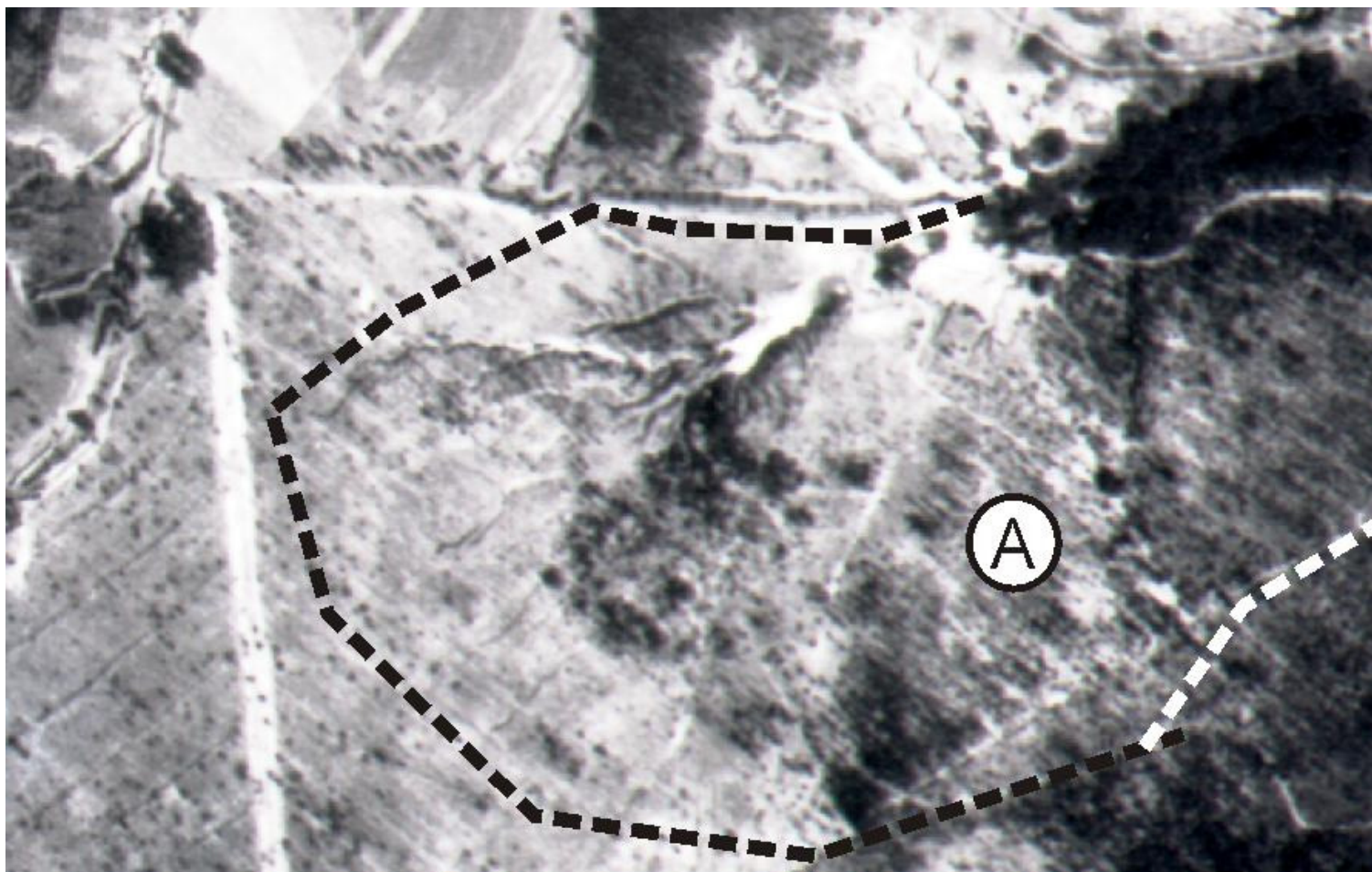
1c: Identificação da feição erosiva ou medida de reabilitação cadastrada em 1988.

--- Delimitação da área da feição/medida de reabilitação

— Traçado da feição erosiva

Figura 40: Delimitação das Feições Erosivas e Medidas de Reabilitação de 1988

* A fotografia não permite a delimitação das três feições separadamente.



LEGENDA

■ ■ ■
Delimitação da feição erosiva/medida de reabilitação

A e B: observações

Figura 41: Feição F1a, no ano de 1988

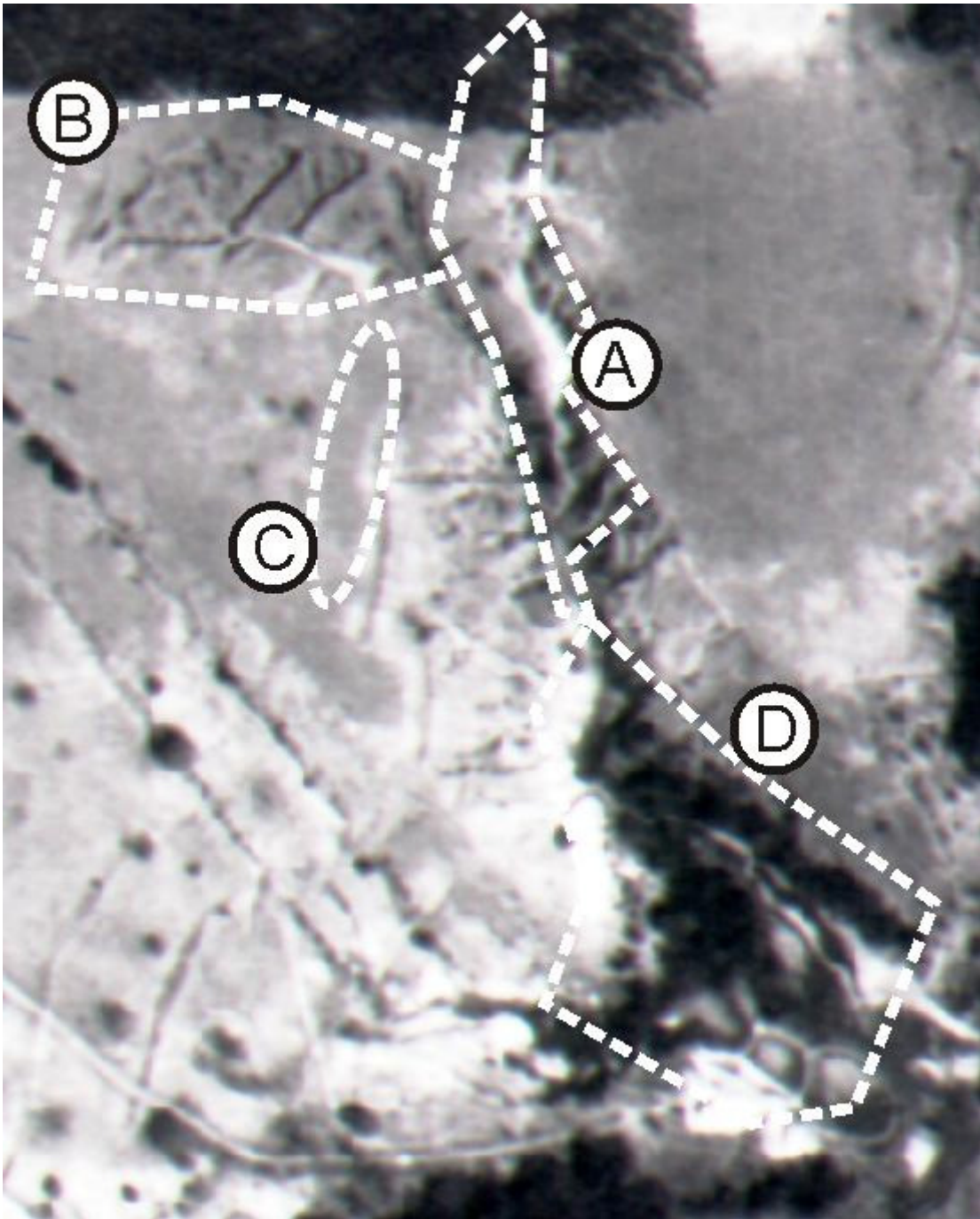

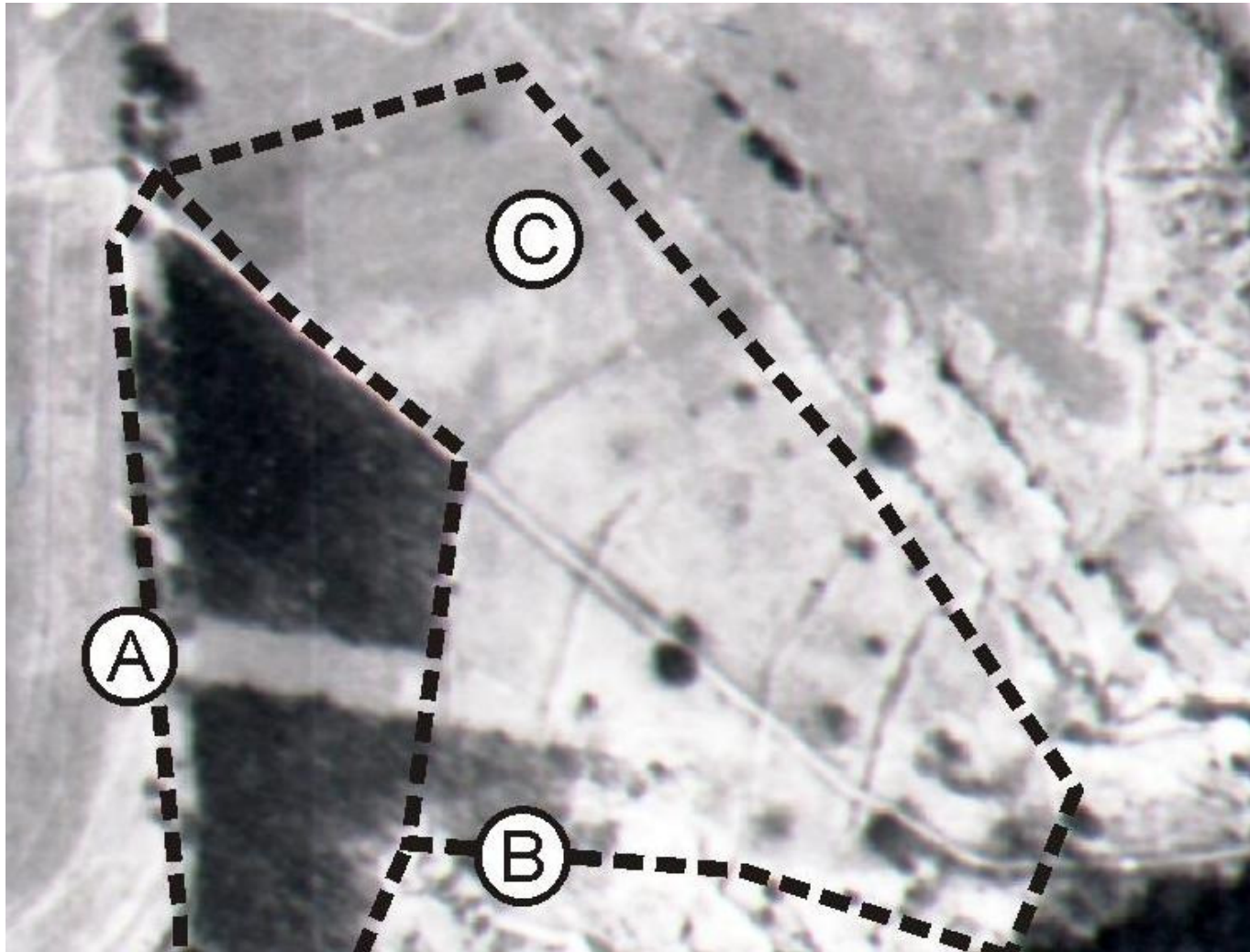


Figura 42: Feição F5/6a, no ano de 1972

LEGENDA

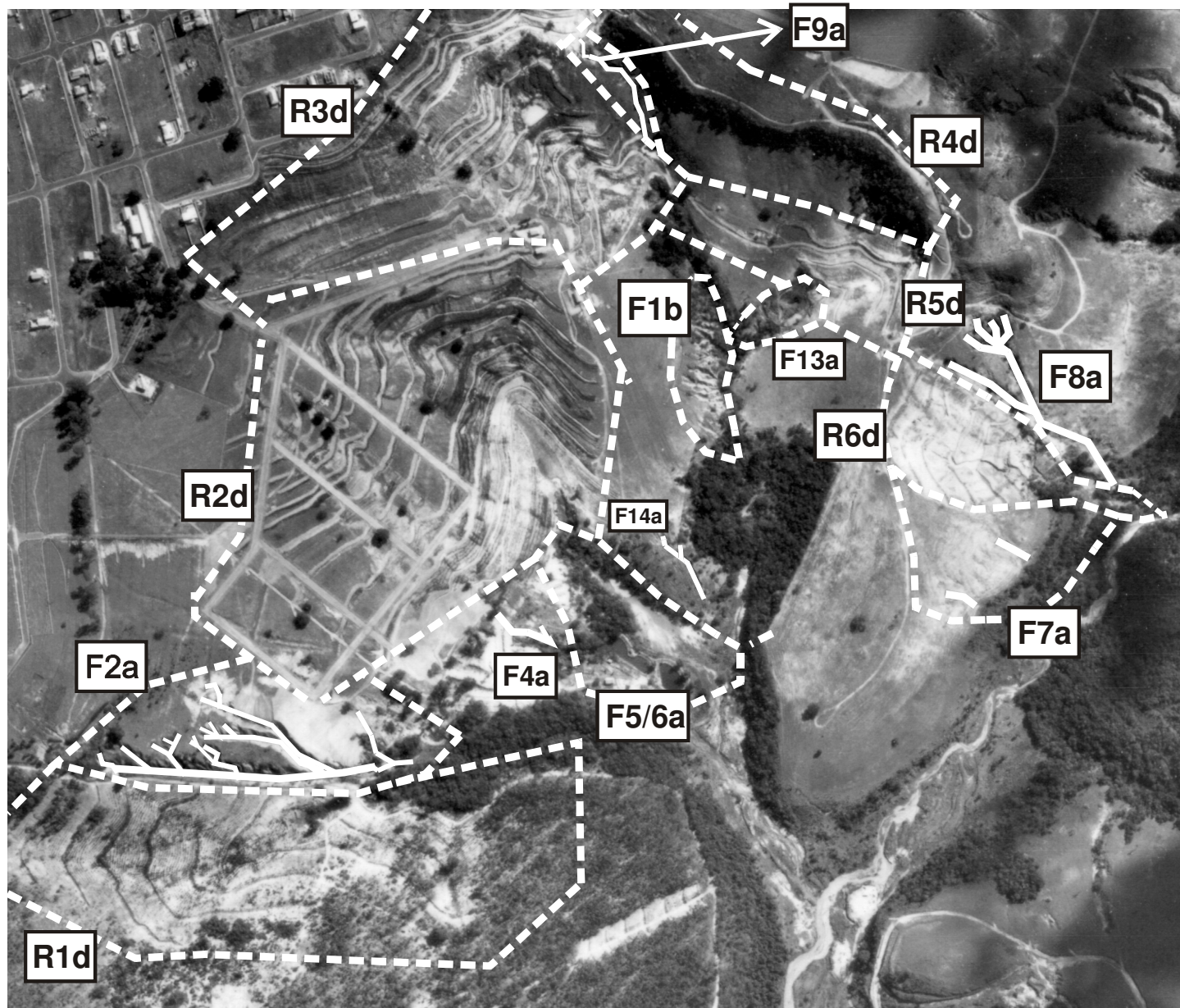
 Delimitação da feição erosiva/medida de reabilitação

A, B, C e D: observações



LEGENDA
■ ■ ■ Delimitação da feição erosiva/medida de reabilitação
A, B e C: observações

Figura 43: Feições F3a e F4a, no ano de 1988



LEGENDA

F: Feição erosiva


R: Medida de reabilitação

1a: Identificação da feição erosiva ou medida de reabilitação cadastrada em 1962

1b: Identificação da feição erosiva ou medida de reabilitação cadastrada em 1972

1c: Identificação da feição erosiva ou medida de reabilitação cadastrada em 1988

1d: Identificação da feição erosiva ou medida de reabilitação cadastrada em 1995

 Delimitação da área da feição/medida de reabilitação


 Traçado da feição erosiva

Figura 44: Delimitação das Feições Erosivas e Medidas de Reabilitação de 1995

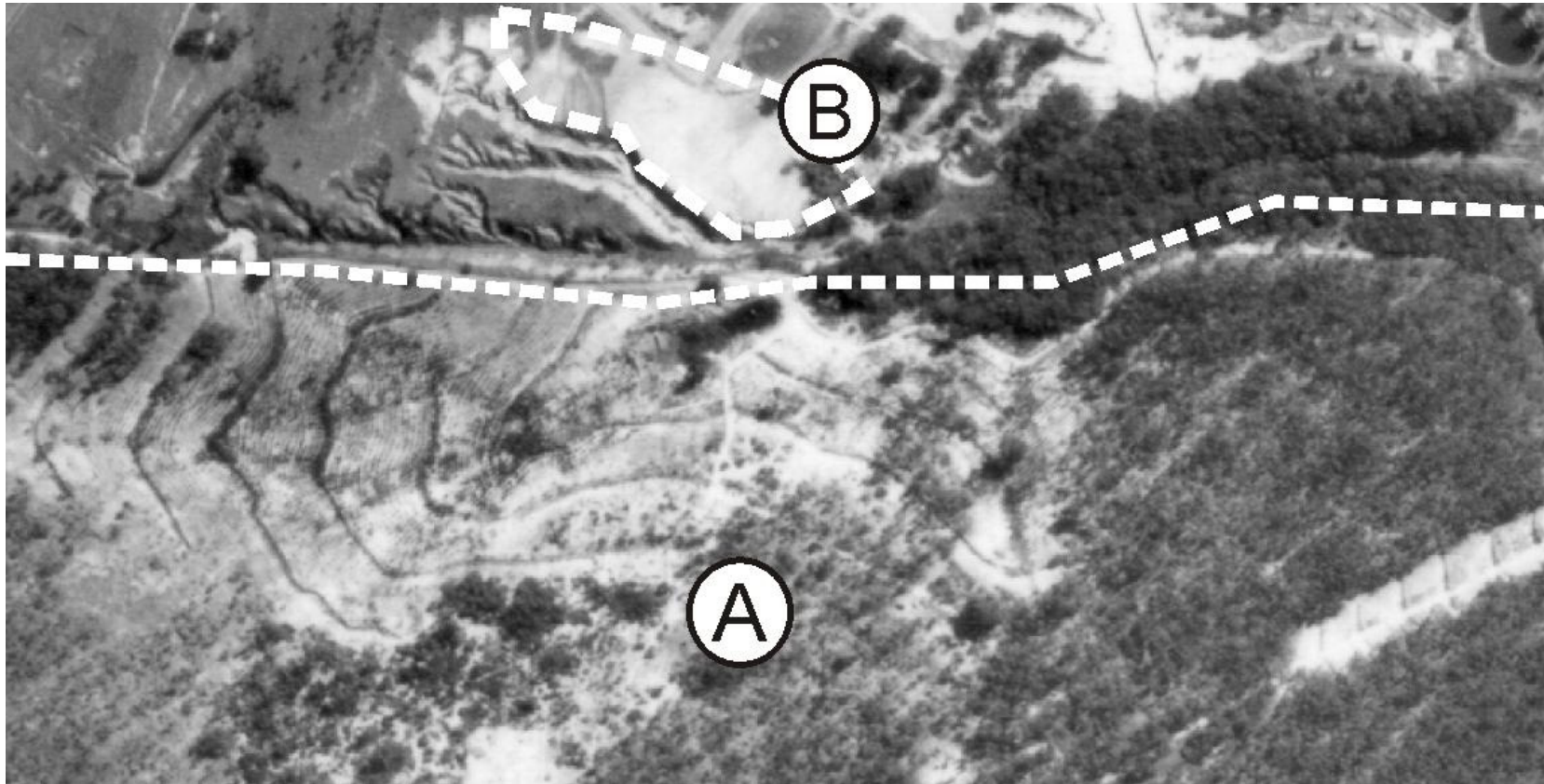



Figura 45: Feições F1a e F2a, no ano de 1995

LEGENDA

 Delimitação da feição erosiva/medida de reabilitação

A e B: observações

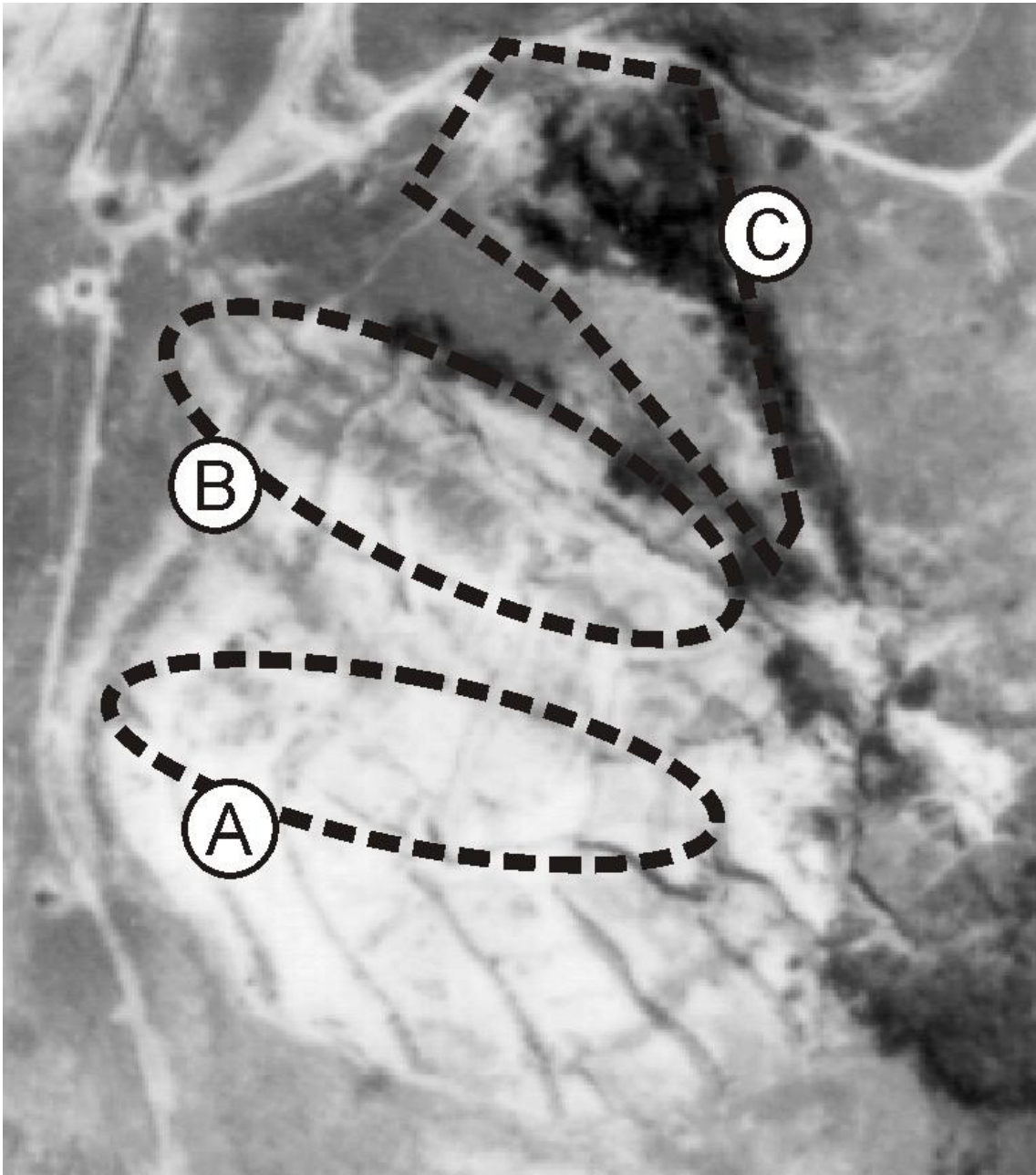
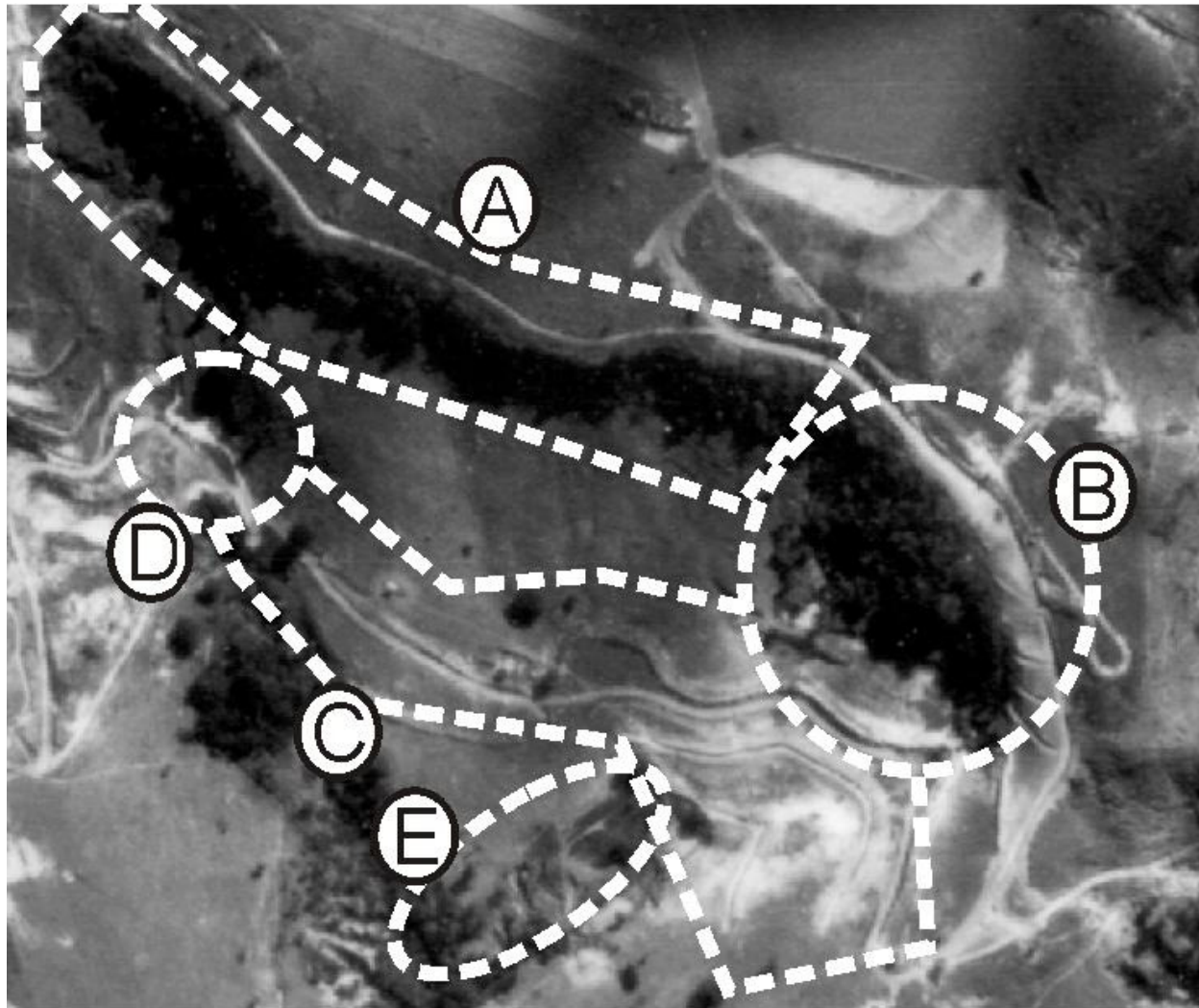


Figura 46: Feições F7a e F8a, no ano de 1995

LEGENDA

■ ■ ■ Delimitação da feição erosiva/medida de reabilitação

A, B e C: observações



LEGENDA



Delimitação da feição erosiva/medida de reabilitação

A, B, C, D e E: observações

Figura 47: Feição F13a; medidas de reabilitação R4d e R5d, no ano de 1995

observa-se o plantio de árvores, o que estabilizou a feição. A jusante da feição F13a foram feitos alguns poucos terraços (R5c: Figura 47 - C). A grande finalidade dos terraços, como citado (4.9.1.3 B) é servir como obstáculo para o fluxo superficial, e conduzir o excedente pelo canal. Note que os terraços feitos apresentam comprimentos bastante variados, terminando em posições aleatórias. Uma delas (D) finaliza, inclusive, em antigas erosões (F11a e F12a).

Observa-se na Figura 48, do ano de 2000, que a feição F1a foi reativada, o que pode ser visto com mais detalhe na Figura 49 (A). Parte dos terraços permanece, mas se mostrou ineficiente no controle do processo erosivo. Houve plantio de *pinus* nas encostas, o que também não solucionou o problema. Uma das causas agravantes foi a ocupação no entorno por moradias populares (C, na Figura 49), com terrenos pequenos e pouco espaço permeável para infiltração das águas superficiais. Na mesma Figura 49, em B, nota-se que parte da feição F2a foi aterrada.

Ainda em relação ao ano de 2000, grande parte das ruas já havia sido implantada, e algumas residências já estavam prontas. A expansão do residencial ocorreu, mais uma vez, sem critérios, com novas tentativas de controle de erosão (R2d: Figura 48). Esta área, detalhada na Figura 50, apresenta uma nova rua (A), extensa, foi feita de forma a cortar perpendicularmente as curvas de nível, o que aumentou a velocidade das águas superficiais, favorecendo a erosão a jusante. Algo importante a ser feito em casos como esse, são dissipadores de energia ao final da rua (B). C enfatiza a ineficiência dos terraços feitos no período de implantação do residencial, uma vez que eles foram transpostos, criando uma série de novas feições.

O mesmo ocorreu na área da feição F13a (Figura 48), onde novamente a expansão das ruas ocorreu desrespeitando-se critério básicos de drenagem superficial. As setas na Figura 51 mostram a direção do escoamento superficial convergindo para feição F13a (A), a qual havia sido aterrada entre 1995 e 2000, porém, foi reativada. Na mesma Figura 51, observa-se que a feição F1b foi aterrada entre 1995 e 2000, ano cuja foto mostra sua reativação (B).

Devido ao fracasso da medida de recuperação R6d (Figura 48), novas tentativas de reabilitação foram aplicadas (R1e – Figura 48), em que feições foram aterradas e terraços refeitos (Figura 52 – B). Porém, algumas ravinas estão presentes. A feição F8a (Figura 48) foi aterrada (Figura 52 - A), mas ainda há uma parte da feição F8a que permanece ativa (C).

No ano de 2005 (Figura 53) poucas feições estavam presente, se comparado aos anos anteriores. Na sua maioria, remanescentes. A feição F1a (Figura 53) foi bastante modificada, apresentando uma série de feições menores, como ravinas (Figura 54 - A), devido à exposição do solo pelo corte dos *pinus*. O canal principal apresenta-se bastante erodido (Figura 54 - B).

Ao seu redor, a expansão de lotes residenciais de baixa renda prossegue (Figura 54 - C). Na mesma Figura 54 (D) mostra o processo de aterramento da feição F2a ocorrido em anos anteriores e prosseguiu em 2005, mas parte disso foi feito com uso de entulho (R1f). Essa prática, bastante comum em áreas cujos processos erosivos são constantes, não é adequada. Apesar da aparente estabilização da área, ela não foi recuperada, uma vez que, dificilmente, alguma atividade será implantada na área sem que os problemas ressurgam, se nada foi feito de forma criteriosa.

A medida de reabilitação R2f (Figura 55) visou à melhoria dos terraços feitos em R2d, reduzindo bastante os processos erosivos, mas a feição F1f surgiu (A). Na mesma Figura 55, em B, nota-se que a feição F5/6a foi reabilitada por meio de Rf1, que consistiu na recuperação da mata ciliar. Isso foi possível graças ao viveiro de mudas, mantidos pelos moradores, dos quais alguns se engajam no plantio de mudas.

A medida R4f envolveu aterramento e terraços com vistas à expansão do residencial.

7.6 Feições Atuais

Em 2008 e final de 2007 foram feitas três visitas a campo, nas quais foram observadas as feições e medidas de reabilitação detectadas em anos anteriores, assim como áreas em que feições poderiam existir, mas que a fotointerpretação poderia não revelar.

A fim de facilitar a demonstração das observações feitas em campo, a imagem de satélite de 2005 foi utilizada, na qual estão indicadas feições, medidas de recuperação e observações (Figura 56)

Na feição erosiva F1a (Figura 56) observa-se a tentativa de recuperação por meio da canalização do curso de água. No entanto, o diâmetro da tubulação empregada foi subdimensionada (Figura 57A). Na base da voçoroca, escoo esgoto lançado na área (Figura 57B), onde a rocha encontra-se exposta.

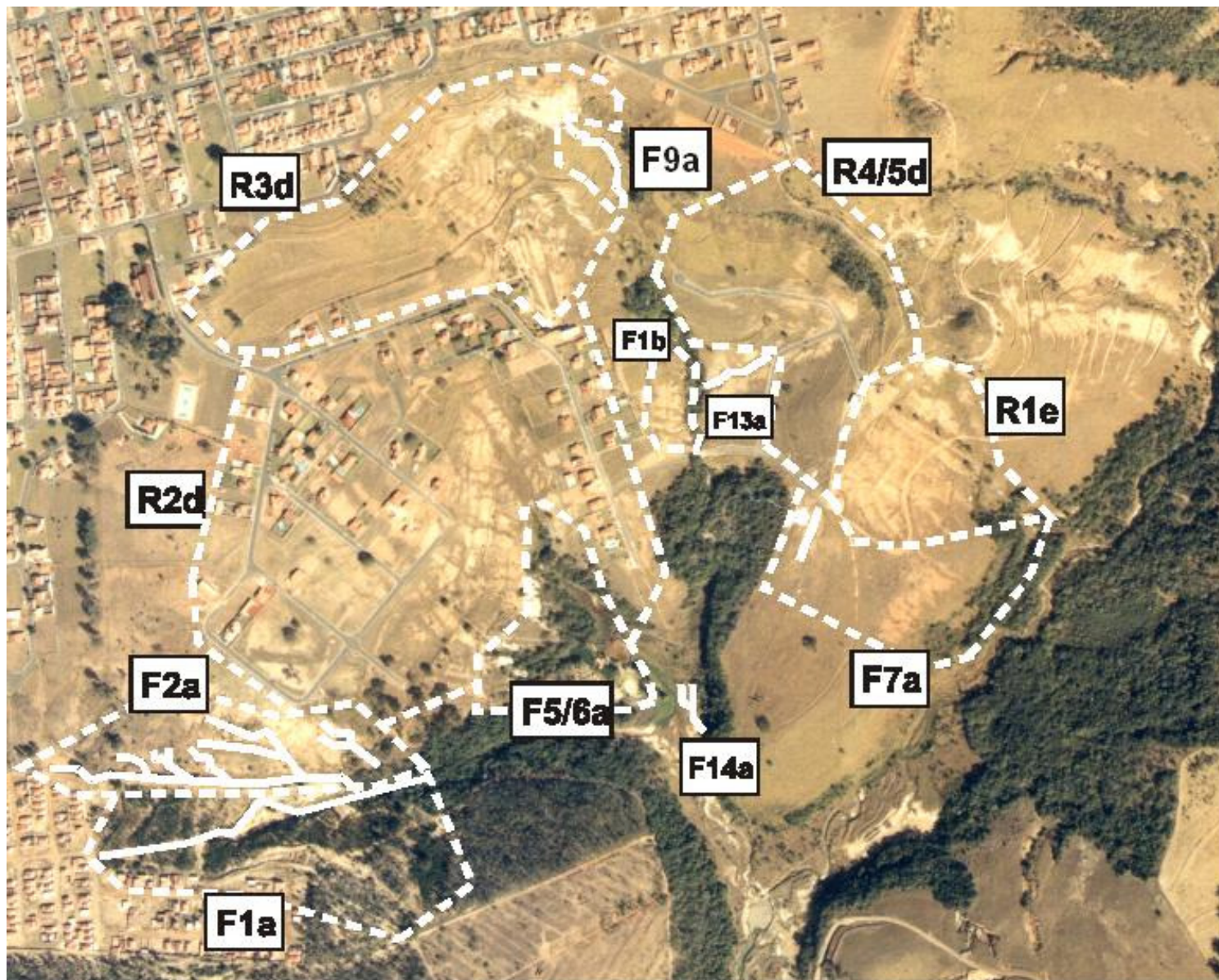


Figura 48: Delimitação das Feições Erosivas e Medidas de Reabilitação de 2000

LEGENDA

F: Feição erosiva

R: Medida de reabilitação


1a: Identificação da feição erosiva ou medida de reabilitação cadastrada em 1962


1b: Identificação da feição erosiva ou medida de reabilitação cadastrada em 1972

1c: Identificação da feição erosiva ou medida de reabilitação cadastrada em 1988

1d: Identificação da feição erosiva ou medida de reabilitação cadastrada em 1995

1e: Identificação da feição erosiva ou medida de reabilitação cadastrada em 2000

 Delimitação da área da feição/medida de reabilitação

 Traçado da feição erosiva

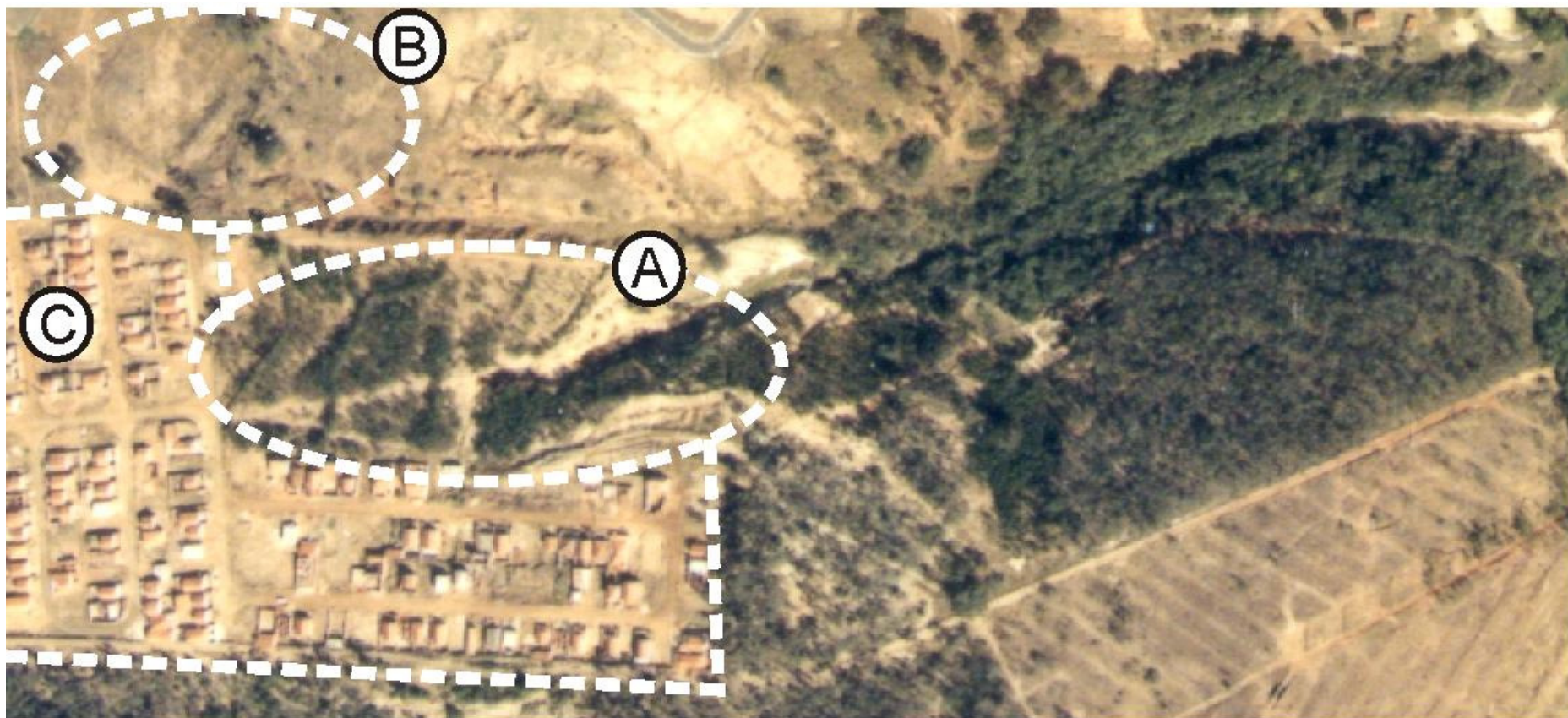


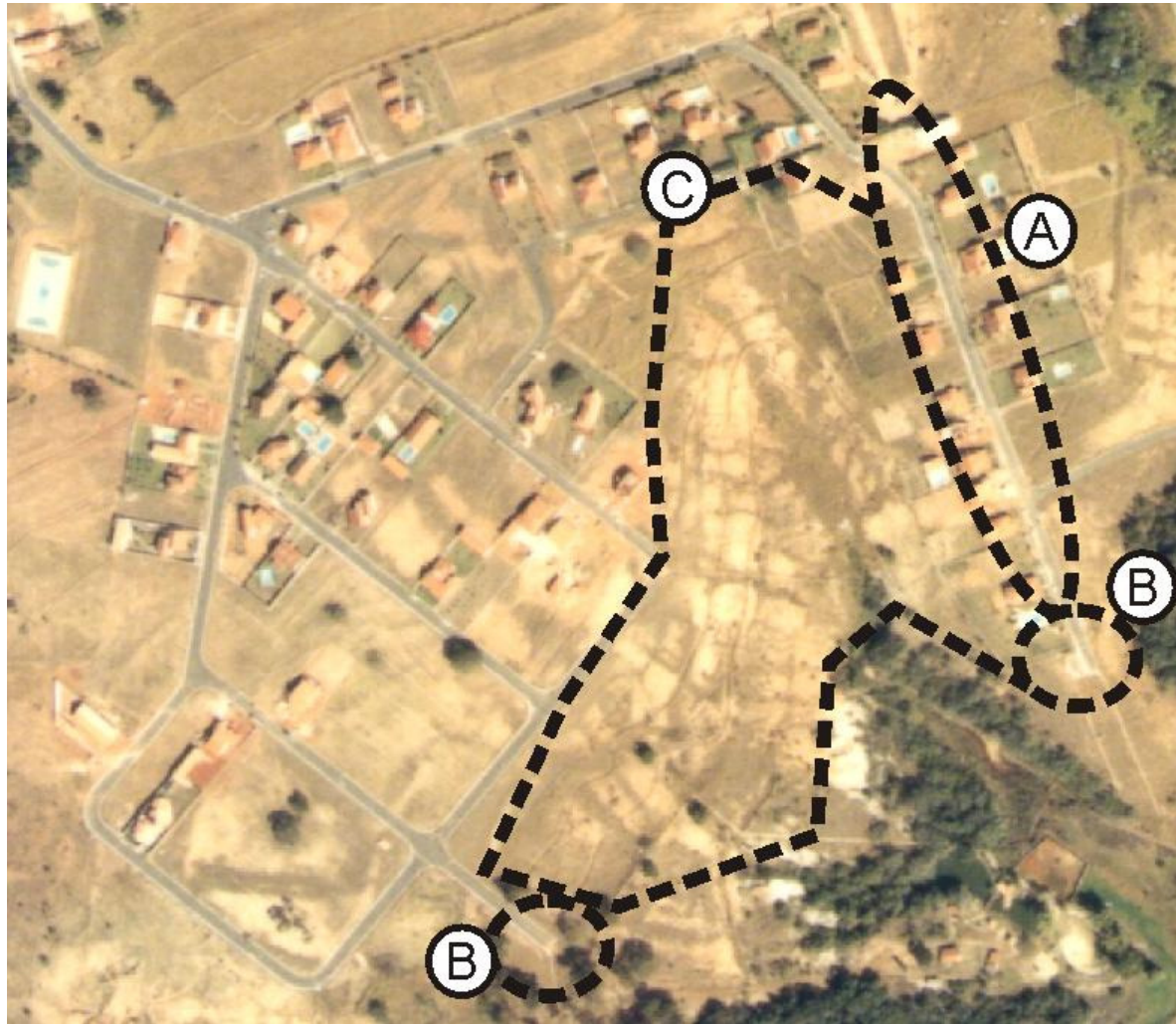
Figura 49: Feições F1a e F2a, no ano de 2000

LEGENDA



Delimitação da feição erosiva/medida de reabilitação

A, B e C: observações



LEGENDA

■ ■ ■ Delimitação da feição erosiva/medida de reabilitação

A, B e C: observações

Figura 50: Expansão do residencial e medida de reabilitação R2d, ano de 2000

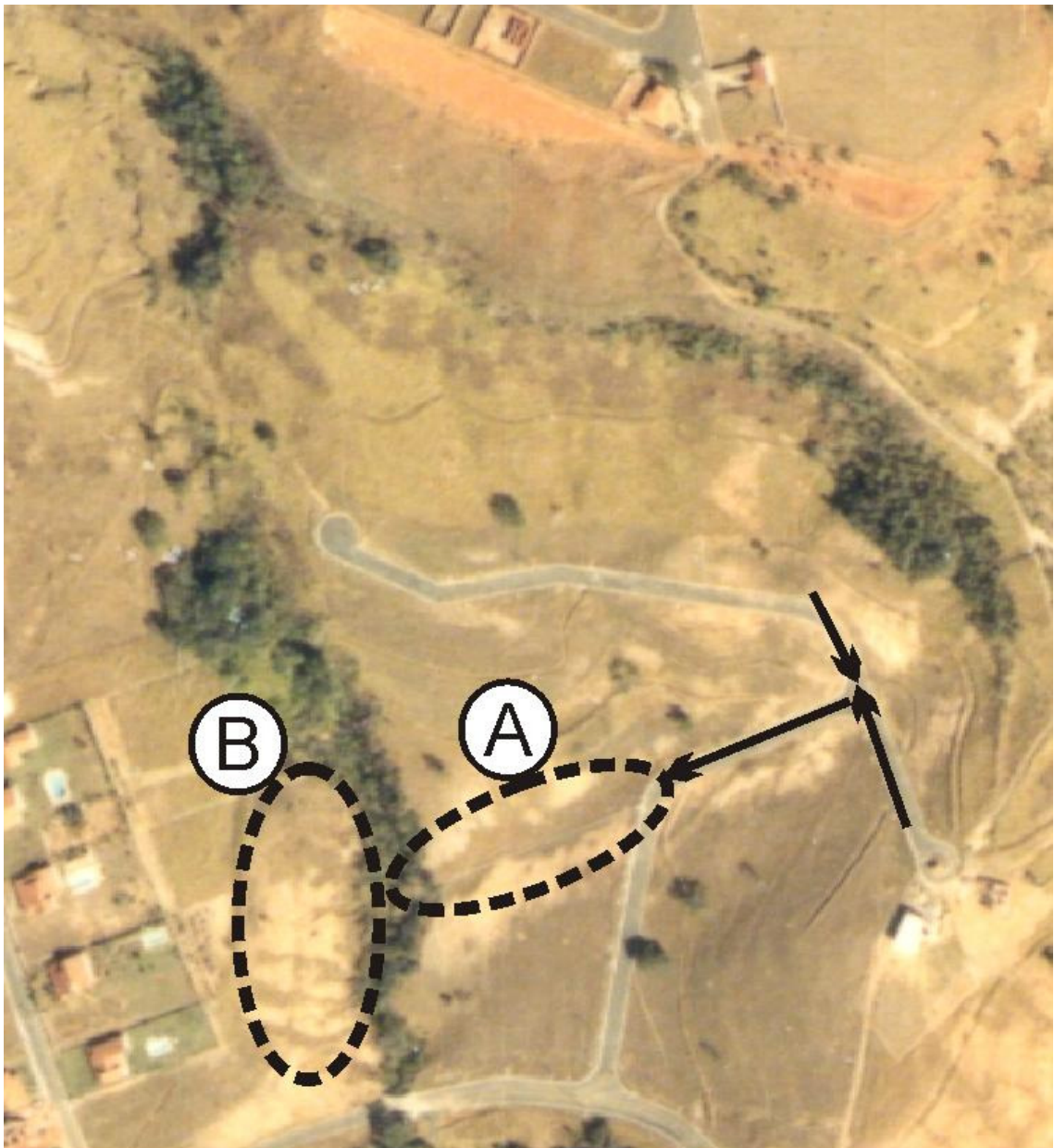


Figura 51: Feições F13a e F1b, no ano de 2000

LEGENDA

■ ■ ■ Delimitação da feição erosiva/medida de reabilitação

➔ Fluxo de água superficial

A e B observações

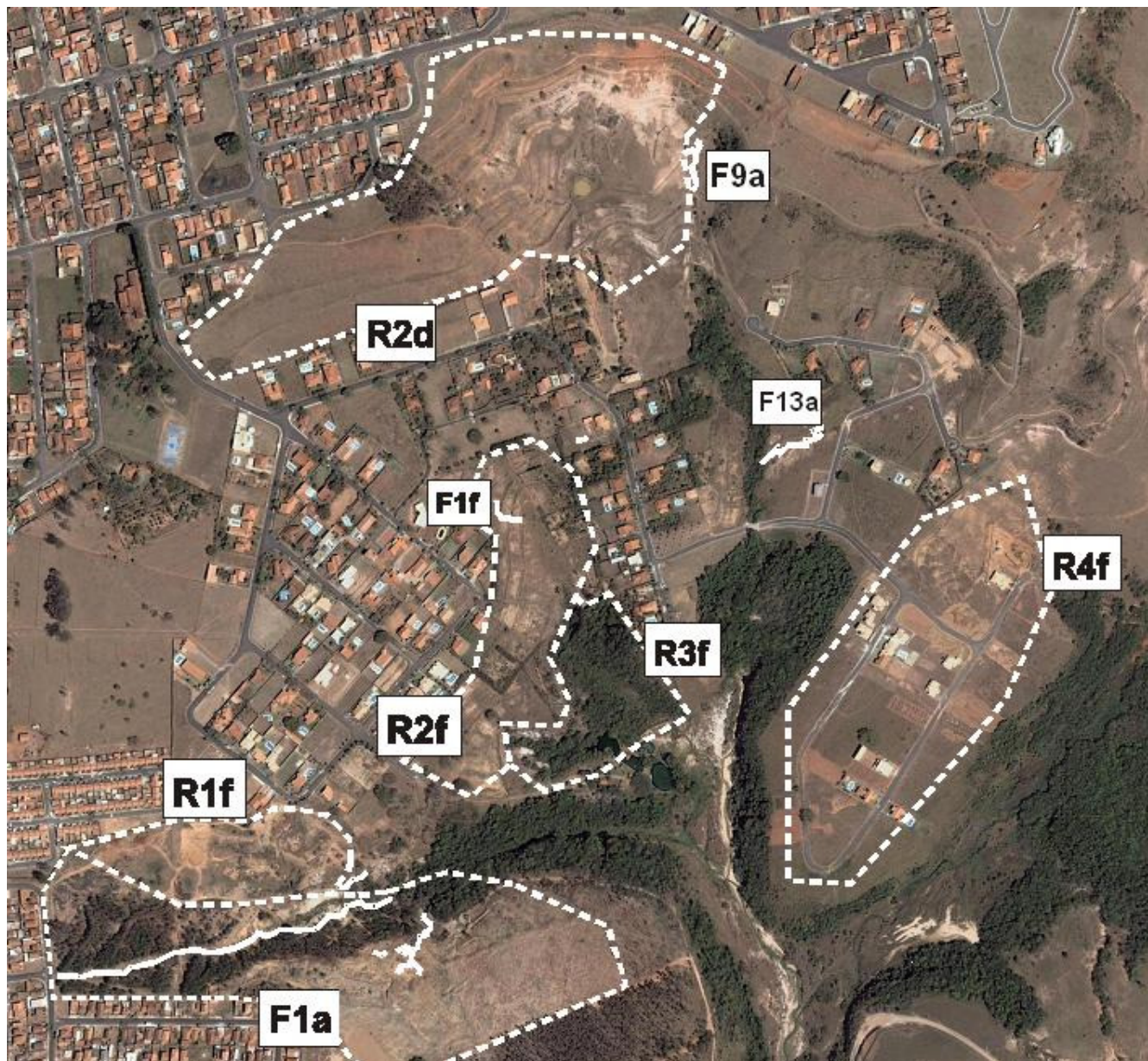


LEGENDA

■ ■ ■ Delimitação da feição erosiva/medida de reabilitação

A, B e C: observações

Figura 52: Feições F7a e F8a, no ano de 2000



LEGENDA

F: Feição erosiva
 R: Medida de reabilitação

1a: Identificação da feição erosiva ou medida de reabilitação cadastrada em 1962


1b: Identificação da feição erosiva ou medida de reabilitação cadastrada em 1972

1c: Identificação da feição erosiva ou medida de reabilitação cadastrada em 1988

1d: Identificação da feição erosiva ou medida de reabilitação cadastrada em 1995

1e: Identificação da feição erosiva ou medida de reabilitação cadastrada em 2000

1f: Identificação da feição erosiva ou medida de reabilitação cadastrada em 2005

 Delimitação da área da feição/medida de reabilitação


 Traçado da feição erosiva

Figura 53: Delimitação das Feições Erosivas e Medidas de Reabilitação de 2005

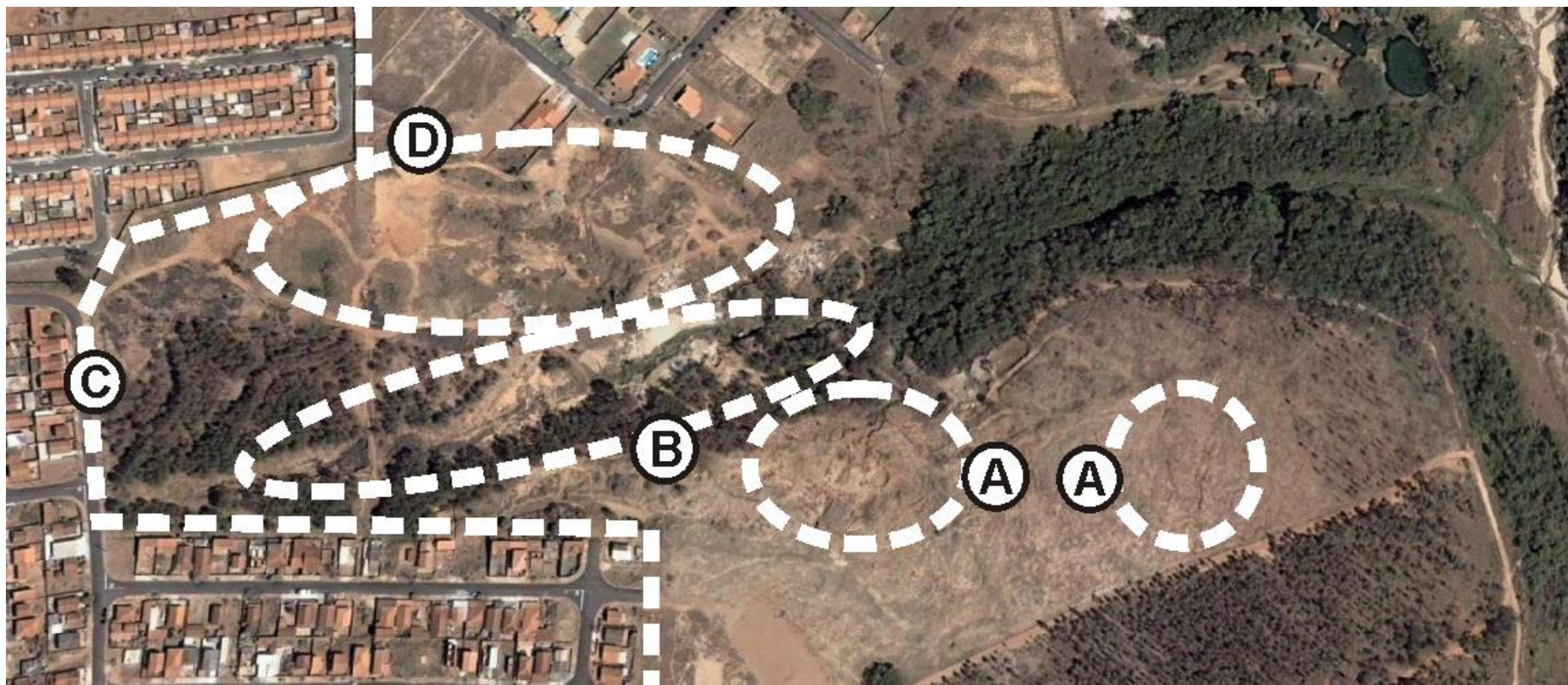


Figura 54: Feição F1a e medida de reabilitação R1f, no ano de 2005

LEGENDA




Delimitação da feição erosiva/medida de reabilitação

A, B, C e D: observações

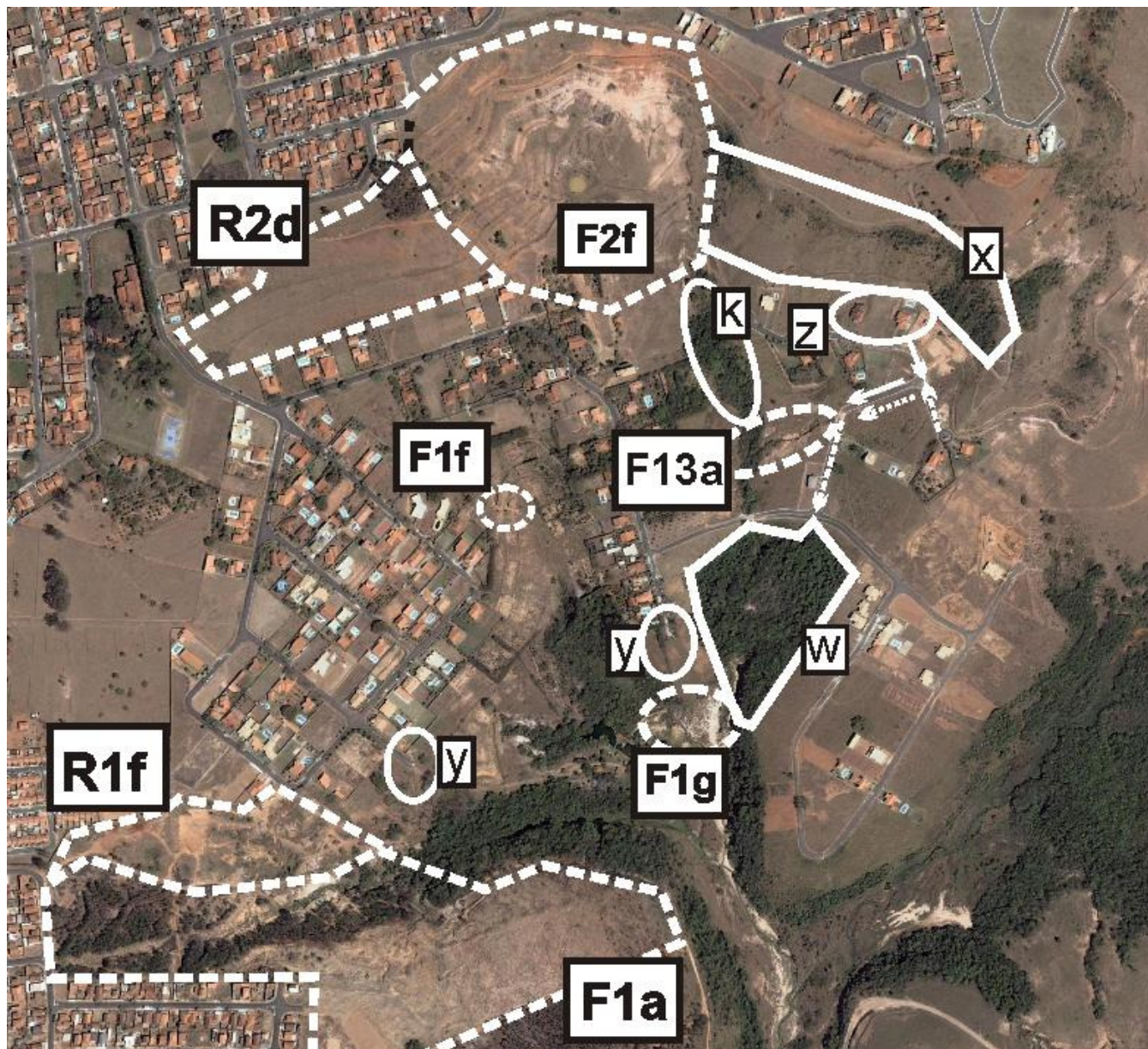


Figura 55: Feição F1f e medida de reabilitação R3f, no ano de 2005

LEGENDA

 Delimitação da feição erosiva/medida de reabilitação

A e B: observações



LEGENDA

F: feição erosiva

R: medida de reabilitação

1a: identificação da feição erosiva/medida de reabilitação cadastrada em 1962;

1d: identificação da feição erosiva/medida de reabilitação cadastrada em 1995;

1f: identificação da feição erosiva/medida de reabilitação cadastrada em 2005

k, x, y, z, w: observações



Delimitação da área da feição erosiva/medida de reabilitação



Destaque para observações



Fluxo de água superficial

Figura 56: Delimitação das feições erosivas, medidas de reabilitação e observações de 2008

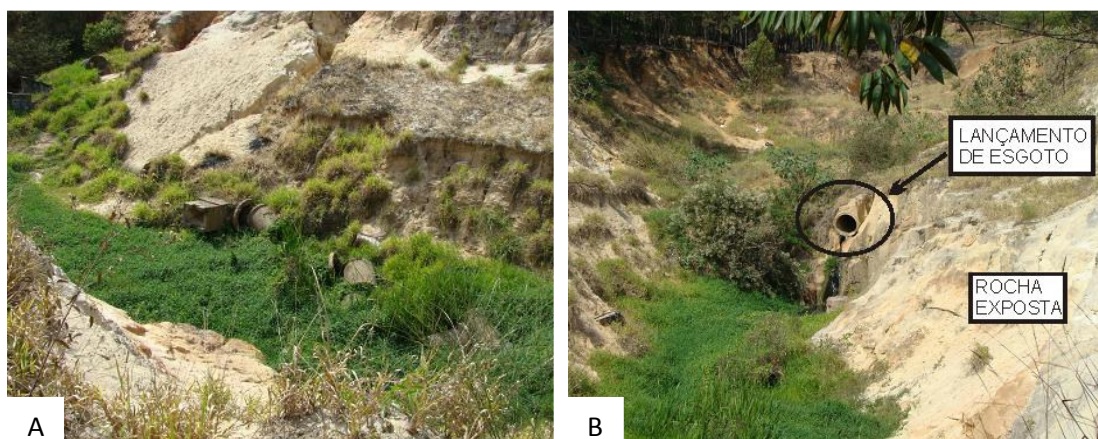


Figura 57: “A” destaca uma tubulação lançando esgoto na feição F1a. “B” mostra as tubulações subdimensionadas e destruídas – Julho de 2008

A área continua sendo utilizada para plantação de *pinus* (Figura 58), para comercialização de lenha. Na mesma Figura 58 percebe-se que houve queima da vegetação, o que prejudica o solo, além de receber lixo dos moradores do bairro ao lado.

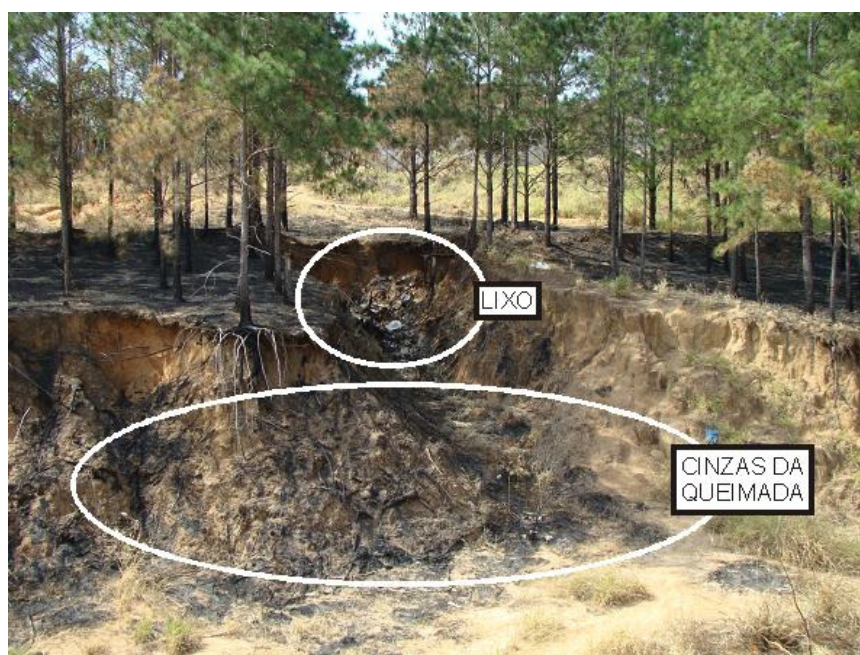


Figura 58: Feição F1a ainda presente, mostrando cinzas de queimada e lixo depositado na área

A feição F1f (Figura 56), que foi detectada em 2005 permanece, apesar das gramíneas presentes. Nota-se a exposição da rocha (Figura 59).



Figura 59: Feição F1f – Julho de 2008

Parte da área nomeada R2d em 2005 (Figura 53) encontra-se bastante erodida. Desta forma, ela foi dividida em duas: uma que está estabilizada (Figura 56 - R2d) e a outra erodida (Figura 56 - F2f). Na primeira (Figura 60A), foram implantados terraços, o solo permanece coberto por gramíneas e a área não é constantemente danificada por ações antrópicas, como retirada de areia e pastagens, diferentemente da segunda. Esta mostra-se intensamente modificada e degradada por ação antrópica. O principal condicionante é a exposição da rocha (arenitos da Formação Pirambóia – Figura 60B), na qual ocorre pouco crescimento de vegetação, logo, impõe elevada velocidade de escoamento, intensificando processos



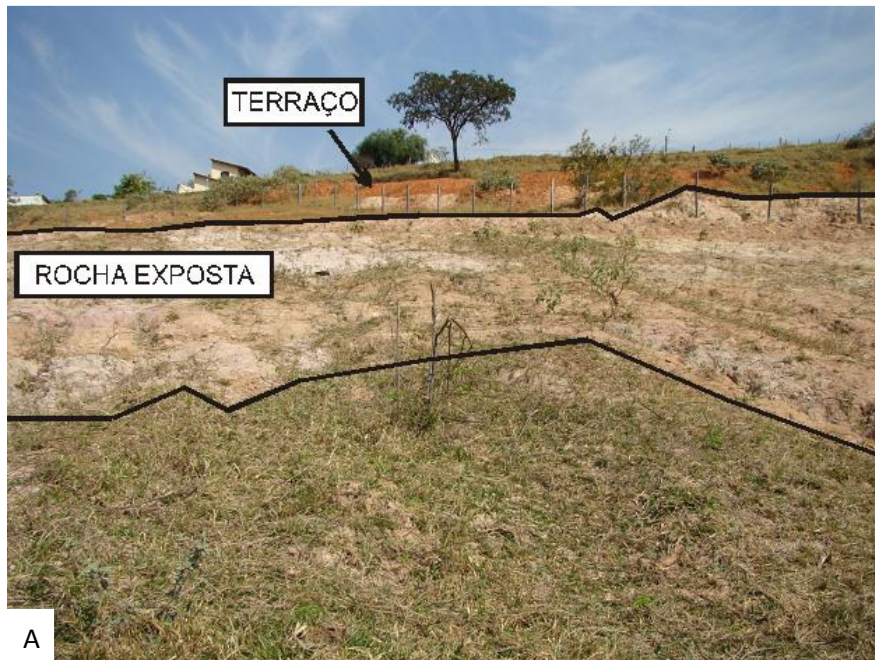
erosivos a jusante. Comparando-se as Figuras 60A, B e C, nota-se que as duas primeiras foram modificadas por ação antrópica, sendo que na segunda esse processo vem ocorrendo ainda. A terceira, por outro lado, apresenta apenas processos naturais de erosão. Na Figura 56, esta área está representada pela observação “x”.

Apesar da rocha exposta não ocupar parte extensa da encosta, além de haver terraços

a montante (Figura 61A), a velocidade de escoamento atingida nessa área é suficiente para criar um caminho preferencial, o qual apresenta-se como uma feição (Figura 61B). A fim de conter esse fluxo, construiu-se um terraço a jusante, o qual não foi suficiente, criando-se, assim, uma nova feição (Figura 61C).



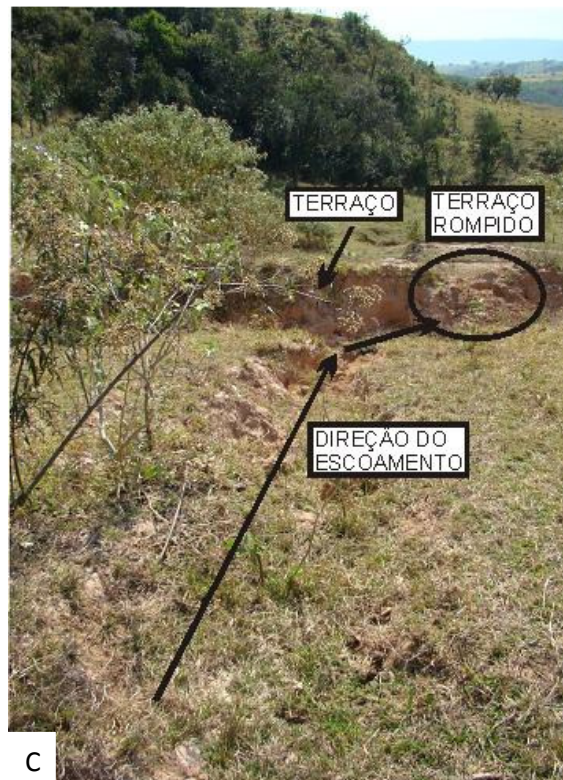
Figura 60: Em A está representada uma área recuperada, em B uma área bastante erodida, e em C uma área pouco modificada – Julho 2008



A



B



C

Figura 61: Em A observa-se rocha exposta e a montante terraços foram feitos. B mostra o caminho preferencial das águas superficiais, após ganharem velocidade na encosta (A). Um terraço foi feito a jusante na tentativa de conter esse fluxo, o que não foi suficiente (C) – Julho 2008

Terraços mais a jusante também foram feitos, a fim de conter esse escoamento (Figura 62). Nota-se, no entanto, que eles foram feitos sem critérios técnicos. Suas dimensões (especialmente comprimento e altura) e posição em relação ao terreno são aleatórias. Como

comentado em itens anteriores, a finalidade dos terraços é direcionar a água superficial a locais menos propícios a processos erosivos, geralmente compostos por dissipadores de energia ao final de cada terraço. Além disso, apesar de estar reservada como área de lazer para o bairro Jardim Botânico, como visto nas imagens do Plano Diretor, ela vem sendo ocupada por pastagem (Figura 60B). O freqüente pisoteio dos animais cria caminhos preferenciais de escoamento, nos quais feições erosivas são formadas.



Figura 62: Tentativa de conter o escoamento superficial por meio de terraços – Julho de 2008

A posição das residências mostradas na Figura 63 (observação “z”, na Figura 56) enfatiza a falta de critérios na implantação do bairro. Para a construção de tais residências, cortes foram feitos na encosta em que há processos erosivos naturais (desbarrancamentos). A médio/longo prazo, isso pode causar danos às residências, além de poder causar acidentes.



Figura 63: Residências construídas na encosta, com alto risco de ocorrência de processos erosivos – Julho de 2008

A conformação das ruas do bairro Jardim Botânico propicia elevada velocidade de escoamento superficial. Ao final das ruas há aberturas (observações “y” – Figura 56; Figura 64A) direcionando esse escoamento para fora do bairro (Figura 64B), onde se formaram feições erosivas intensas (F1g – Figura 56, e Figura 64C), uma vez que nenhum tipo de dissipador de energia foi implantado.



Figura 64: Canal que direciona a água de escoamento (A); entrada do canal (B); erosão a jusante do canal (C) – Julho de 2008

A feição F13a (Figura 56) foi aterrada em anos anteriores (entre 1995 e 2000). No entanto, a conformação das ruas, e a ausência de drenagem subsuperficial fazem com que toda água escoe superficialmente na direção indicada pelas setas, na Figura 65A. Além disso, há uma abertura proposital por onde tal escoamento passa (Figura 65B), sendo direcionado, por um canal aberto (Figura 65C), para a feição (Figura 65D). Esse fluxo é o principal condicionante dessa feição, uma vez que a encosta a jusante não é extensa, além de ser vegetada. A Figura 66 mostra uma fotografia de novembro de 2007, quando a área encontrava-se aterrada e um terraço foi feito a fim de conter o escoamento. Tal medida não é a mais adequada. O ideal seria a instalação de um canal fechado que levasse a água escoada até a mata ciliar do córrego ao lado da feição (Figura 67).



Figura 65: Em A está representado o escoamento superficial, que é direcionado para um abertura (B), a partir do qual o fluxo é feito por um canal aberto, atingindo um ponto em que houve surgimento de uma feição (D) – Março de 2008



Figura 66: Área estabilizada por aterramento da feição, em novembro de 2007



Figura 67: Encosta a montante da feição erosiva, e mata ciliar do córrego

A área recuperada pela medida R1f (Figura 56) ainda recebe entulho, como pode ser visto na Figura 68A. Além disso, ocorre extração de areia (Figura 68B). Na visita do dia 30 de julho, um trator foi visto na área.

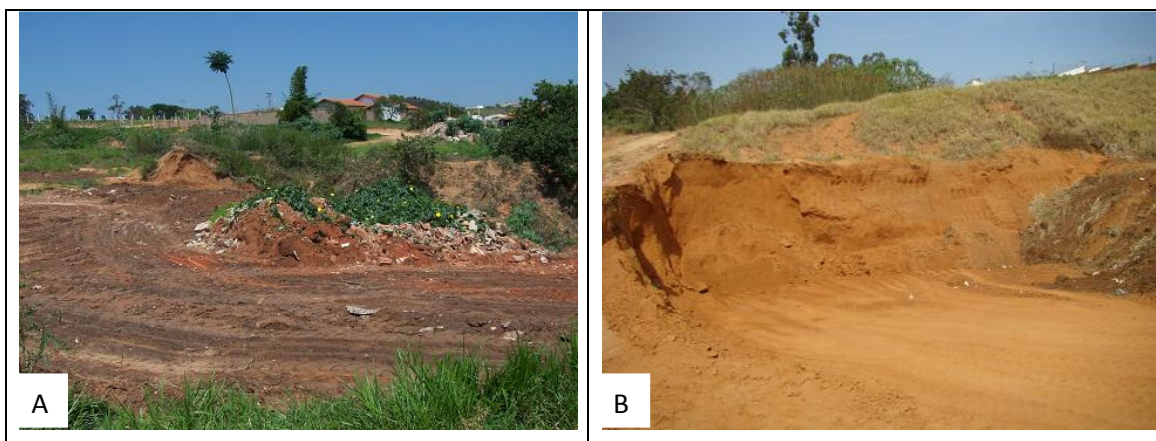


Figura 68: Em A observa-se a deposição de entulho na área (Novembro de 2007). Em B ocorre extração de areia (Julho de 2008)

7.7 Sugestões de Medidas de Controle e Prevenção

Todas as sugestões dadas serão feitas com base na Figura 56.

Em relação à feição F1a, devido à gravidade da situação, seria prudente avaliar se seu entorno está propício a receber o uso que nele ocorre, a silvicultura, ou se melhor seria reserva parte da área isolada a fim de promover a recuperação da voçoroca.

Independente disso, impedir totalmente o lançamento de esgoto nela feito é essencial, dando a ele o adequado tratamento. A fim de desviar o escoamento difuso que converge para o interior da voçoroca, é preciso avaliar o entorno e dimensionar precisamente terraços, atentando-se para suas extremidades, as quais devem conter dissipadores de energia capazes de suportar a energia das águas drenadas pelos canais. Essa mesma área reservada aos terraços deve ter o solo protegido, com vistas aos quatro pontos básicos supracitados. Na Tabela estão algumas opções de vegetação de rápido crescimento e raízes bem ramificadas, obtidas em BIGARELLA & MAZUCHOWSKI (1985). Isolar a área a fim de evitar acidentes, depósito de resíduos, e fogo.

É essencial ressaltar a importância da proteção da cabeceira da voçoroca. Nesse caso, ela encontra-se adjacente a um bairro que promove intensa impermeabilização do solo, além de haver uma rua que direciona o fluxo superficial diretamente para a cabeceira. Caso o desvio dessa água não seja possível, dissipadores de energia são essenciais.

Em relação à feição F13a, uma sugestão seria direcionar parte do fluxo (seta contínua) ao córrego adjacente (observação k) a essa área institucional, cuja mata ciliar existe e sua área está reservada para tal finalidade no Plano Diretor, por meio de cana de drenagem fechado. A

outra parcela do fluxo (seta descontínua) seria direcionada ao outro córrego (observação w), mais abaixo, cuja ocupação também está reservada para mata ciliar.

Em se tratando de F2f e R2d, primeiramente, é preciso ter em mente que ambas não devem ser ocupadas. A primeira deve seguir o exemplo da segunda. Os passos são basicamente os mesmo daqueles seguidos no controle das feições na área A: desviar o escoamento por meio de terraços bem projetados, com os devidos dimensionamentos, e direcionamentos; cobertura do solo com espécies de rápido crescimento para reduzir o tempo de exposição dele nu; isolar a área, excluindo a presença de gado e inibir o fogo.

No caso da feição F1g, o canal que direciona o escoamento superficial é contínuo. Dissipadores de energia na sua extensão poderiam ser feito, como pequenos degraus ou anteparos. Além disso, o ponto de convergência desse fluxo, apesar de que deveria haver mata ciliar protegida, encontra-se desmatado. Sua devida revegetação, juntamente com os dissipadores de energia ao longo do canal que drena o escoamento seria uma boa medida.

8. Conclusões

O embasamento teórico realizado por meio de levantamento bibliográfico foi essencial para um melhor entendimento do tema, o que auxiliou no direcionamento dos estudos feitos, e nos resultados em si.

O aprendizado de ferramentas computacionais importantes para estudos geológicos foi importante não apenas para o estudo em si, mas também como ferramenta de uso futuro.

Os estudos das características naturais da área, das modificações feitas pelo seu uso e ocupação e das medidas de controle aplicadas foram importantes para o melhor entendimento da evolução das feições ao longo dos anos. Isto auxiliou na avaliação da eficiência das medidas aplicadas e deu respaldo às sugestões fornecidas para prevenção e controle dos processos erosivos da área de estudo.

O projeto do bairro não considerou as características geotécnicas dos materiais geológicos, assim como as condições geomórficas.

Verifica-se que planejamento é imprescindível em se tratando de urbanização e meio ambiente, especialmente em locais tão predispostos, como é o caso de São Pedro em relação aos processos erosivos.

O Plano Diretor, se bem elaborado, é um instrumento de grande valor, que agiliza e direciona as tomas de decisão.

Ações preventivas são mais eficientes que as de mitigação, uma vez que evitam danos ambientais, sociais e econômicos, seguindo-se o princípio da prevenção e precaução, princípio básico de qualquer ação que envolva o meio ambiente. As medidas de controle, por sua vez, também são importantes, e devem ser aplicadas em locais em que o problema já é uma realidade. No entanto, isso deve ser feito de maneira adequada às condições de cada local.

Muitas técnicas de controle escolhidas são, teoricamente, bastante eficientes, mas nenhuma delas foi aplicada com base em critérios técnicos, nem considerando fatores intrínsecos e antrópicos. Foram aplicadas a fim de mitigar os efeitos do processo erosivo, e não de solucionar a causa, ou seja, os condicionantes dos processos foram ignorados.

O estudo pode auxiliar a prefeitura e os habitantes do município de São Pedro a entenderem melhor a situação local, suas fragilidades e aptidões, auxiliando, desta forma, na tomada de decisões.

A ação da prefeitura em relação aos processos erosivos não tem vistas, de forma alguma, à prevenção, mas sim à mitigação de problemas já em estágio avançados. Além disso, as ações são paliativas, e não visam à solução do problema.

Esse caso estudo mostra uma realidade freqüente nos municípios brasileiros, que é a irresponsabilidade destes na aprovação de empreendimentos, assim como do proprietário pela venda de imóveis com alto passivo ambiental, sem considerar os aspectos técnicos necessários dentre eles os relativos à geologia e geotecnia.

9. Referências Bibliográficas

ATTANASIO JÚNIOR, M. R. (2005). **A Função Social e Ambiental da Propriedade e o Ordenamento Territorial do Município**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

AMORIM, A. **Utilização de Modelos Estereoscópicos Híbridos na Atualização Cartográfica**. 2000. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000.

BERTONI, J. E LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 5a Edição. São Paulo: Editora Ícone, 2005.

BERTONI, J. E LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 3a Edição. São Paulo: Editora Ícone, 1993.

BOTTARI, T. S. **Gestão Ambiental e Planejamento Municipal: articulações e critérios necessários para a produção de cidades sustentáveis**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

BRAGA, R. Plano Diretor Municipal: Três Questões para Discussão. Caderno do Departamento de Planejamento (Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP): Presidente Prudente, v. 1, n. 1, p. 15 – 20, ago 1995.

BRASIL. **Avaliação De Impacto Ambiental: Agentes Sociais, Procedimentos e Ferramentas**. Brasília: MMA, 1995.

CAPPI, D. M. **Recuperação Ambiental de Áreas Erodidas Como Alternativa de Destino Final de Pneus Inservíveis**. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CYMBALISTA, R. Urbanização. In: RICARDO, B. e CAMPANILI, M. (editores). **Almanaque Brasil Socioambiental**. São Paulo: ISA, 2007.

DAEE. **Controle de erosão: bases conceituais e técnicas, diretrizes para planejamento urbano e regional; orientação para o controle de boçorocas urbanas**. 2ª ed. São Paulo: DAEE/IPT, 1990.

DELGADO, J. A. **Reflexões Sobre Direito Ambiental e Competência Municipal** (2000).

Biblioteca digital do Supremo Tribunal de Justiça. Disponível em:

<http://bdjur.stj.gov.br/dspace/handle/2011/1882> - Acesso em: 13 mar. 2008.

FERRARI, R. M. M. N. **Elementos de Direito Municipal**, São Paulo: RT, 1993.

FORTUNATO NETO, J. **Análise do relatório ambiental preliminar (RAP) como instrumento de avaliação e de suporte para o licenciamento ambiental**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

FENDRICH, R.; OBLADEN, N. L.; AISSE, M. M.; GARCIAS, C. M. **Drenagem e Controle da Erosão Urbana**. 4ª edição. Curitiba: Champagnat, 1997.

FERREIRA, M. D. **Análise da Evolução dos Processos Erosivos Acelerados em Áreas Urbanas e das Técnicas De Controle e Recuperação - Córrego do Tucum (São Pedro/SP)**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

FONTES, S. B. **Mapeamento geotécnico com ênfase em erosões no município de Ouro Preto- MG**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

GALERANI, C. et al. (1995). Controle da erosão urbana. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. (Org.). **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH; Ed. da UFRGS. Cap.8, p.349-385.

GARCIAS, C. M. - Drenagem Urbana In: FREDRICH, R., OBLADEN, N. L., AISSE, M. M. ; GARCIAS, C. M. –**Drenagem e Controle da Erosão Urbana**. Curitiba: Editora Ibrasa/Champagnat, Cap.5, p.271-327, 1997.

- GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas. In: GUERRA, A. J. T ; CUNHA, S. B. (organizadores). **Geomorfologia: Uma Atualização das Bases e Conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
- HYLANDS, K. H.; SHULMAN, V. **Civil Engineering Applications of Tyres**. UK: Viridis Report VR5, 2003.
- INFANTI JÚNIOR, N. e FORNASSI FILHO, N. Processos de Dinâmica Superficial. In: OLIVEIRA, A. M. S. e BRITO, S. N. A. (editores). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, Cap. 9, p. 131 – 152, 1997.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Noções Básicas de Cartografia**. 1998. Rio de Janeiro. Disponível em:
ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/cartografia/nocoes_basicas_cartografia.pdf Acesso em: 10 abr 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa de Informações Básicas Municipais: Perfil dos Municípios Brasileiros – 2006**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em:
<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/2006/munic2006.pdf> - Acesso em 03 abr. 2008.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**.
- IWASA, O. Y.; FENDRICH, R. Controle de Erosão Urbana. In: OLIVEIRA, A. M. S. e BRITO, S. N. A. (editores). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, cap. 16, pag. 271 – 281, 1997.
- KÖEPEN, W. **Climatologia, com um Estudio de los Climas de la Tierra**. Mexico: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478p.
- MACHADO, R. L.; CAMPELLO, E. F. C.; RESENDE, A. S.; MENEZES, C. E. G.; SOUZA, C. M.; FRANCO, A. A. **Recuperação de Voçorocas em Áreas Rurais**. Seropédia: Embrapa Agrobiologia. Disponível em:
<http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/sistemasdeproducao/vocoroca/index.htm> – Acesso em: 02 abr. 2008.
- MAFFRA, C. Q. T. e MAZZOLA, M. As Razões dos Desastres em Território Brasileiro. In: SANTOS, R. F. (organizadora). **Vulnerabilidade Ambiental: Desastres Naturais ou Induzidos?** Brasília: MMA, 2007.
- MARCHETTI, D. A. B.; GARCIA, G. J. **Princípios de Fotogrametria e Fotointerpretação**. 1ª Ed. São Paulo: Nobel, 1977.
- MARICATO, E. Urbanismo na Periferia do Mundo Globalizado. **São Paulo Perspectiva**. São Paulo, v. 14, n. 4, out/dez 2000. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-88392000000400004;script=sci_arttext;tlng=en – Acesso em: 25 mar. 2008.

MARTINS, J.R.S (1995). Obras de Macrodrenagem. In: TUCCI, C. E. M, Porto, R.L.L. ; BASTOS, M. T. - **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, cap.5, p.167-240, 1995.

MAZOLLENIS, E. **Política municipal de meio ambiente: propostas e reflexões para uma sociedade sustentável**. Jaboticabal: Fábrica da Palavra S/C Ltda., 1998.

MILARÉ, E. **Direito do Ambiente**. 4ª edição. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2005.

MOREIRA, C. V. R. e PIRES NETO, A. G. Clima e Relevô. In: OLIVEIRA, A. M. S. e BRITO, S. N. A. (editores). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, cap. 5, pag. 69 – 85, 1997.

MORGAN, R.P.C. (1996). **Soil erosion and conservation**. 2nd ed. Harlow Essex England: Longman; New York: Wiley.

MOTA, S. **Planejamento Urbano e Preservação Ambiental**. Fortaleza: Edições UFC, 1981.

OLIVEIRA, I. S. D. **A contribuição do zoneamento ecológico econômico na avaliação de impacto ambiental: bases e propostas metodológicas**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

PEREIRA, A. R. **Como Selecionar Plantas para Área Degradadas e Controle de Erosão**. Disponível em: <http://www.deflor.com.br/portugues/pdf/LivroSEAD.pdf> - Acesso em 02 abr. 2008.

RANIERI, V. E. L.; **Discussão das Potencialidades e Restrições do Meio como Subsídio para o Zoneamento Ambiental – O Caso do Município de Descalvado (SP)**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

RANIERI, V. E. L.; MONTAÑO, M.; FONTES, A. T.; OLIVEIRA, I. S. D.; SOUZA, M. P. O Zoneamento Ambiental como Instrumento de Política e Gestão Ambiental. In: Espíndola, E. L. G.; Wendland, E. C. (organizadores). **PPG-SEA : trajetórias e perspectivas de um curso multidisciplinar**. São Carlos: Rima, 2005.

RAY, R. G. **Fotografias Aéreas na Interpretação e Mapeamento Geológicos**. 1ª Ed. Washington: US Geological Survey Professional Paper 373, 1963.

RODRIGUES, J.E. **Estudo de fenômenos erosivos acelerados: boçorocas**. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1982.

SANTOS, R. F.; CALDEYRO, V. S. Paisagens, Condicionantes e Mudanças. In: SANTO, R. F. (organizadora). **Vulnerabilidade Ambiental: Desastres Naturais ou Induzidos?** Brasília: MMA, 2007.

SERRA JÚNIOR, E. e OJIMA, L. M. Caracterização e Classificação de Maciços Rochosos. In: OLIVEIRA, A. M. S. e BRITO, S. N. A. (editores). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1997.

SILVA, A. F. **Mapeamento geotécnico e análise dos processos erosivos na bacia do córrego tuncum, São Pedro-SP, escala 1:10.000.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

SISCOUTTO, R. A.; SZENBERG, F.; TORI, R.; RAPOSO, A. B.; CELES, W.; GATTASS, M. Estereoscopia In: KIRNER, C. ; TORNER, R. (Ed.) **Realidade Virtual: Conceitos e Tendências.** São Paulo: Mania de Livro, 2004. p. 179-201.

SOUZA, M. P. **Instrumentos de gestão ambiental: fundamentos e prática.** São Carlos: Riani Costa, 2000.

_____ **Sustentabilidade Ambiental.** São Carlos {s.n.}. 1 transparência, color, 9cm x 13cm. 2003.

SOUZA, M. L. de – **Proposta de um Sistema de Classificação de Feições Erosivas voltados a Estudos de Procedimentos de Análises de Decisões quanto a Medidas Corretivas, Mitigadoras e Preventivas: Aplicação no Município de Umuarama (PR).** Tese (Doutorado). UNESP. Rio Claro, 2001.

TEODÓZIO, D. M. Planejamento Estratégico e Estratégias de **Gestão do Planejamento: princípios e limites.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

THOMAZLELLO, S. Usos da Terra e sua Influência sobre a qualidade ambiental. In: SANTO, R. F. (organizadora). **Vulnerabilidade Ambiental: Desastres Naturais ou Induzidos?** Brasília: MMA, 2007.

TUCCI, C. E. M; PORTO, R. L. L. **Drenagem Urbana.** Porto Alegre: Ed Universidade UFRGS/ABRH, 1995.

UNFPA: Fundo de População das Nações Unidas. **Situação da população mundial 2007: Desencadeando o potencial do crescimento urbano.** Disponível em: http://www.unfpa.org.br/relatorio2007/swp2007_por.pdf - Acesso em 25 abr. 2008.

VILLAÇA, F. **As ilusões do plano diretor.** São Paulo: FV, 2005.

_____ A Crise do Planejamento Urbano. In: **São Paulo em Perspectiva,** Fundação Seade, vol 9, nº 2. São Paulo. 1995.

WADT, P. G. S. **Construção de Terraços para Controle da Erosão Pluvial no Estado do Acre.** Embrapa: Rio Branco, 2003.

WEILL, M. A. M; PIRES NETO, A. G. Erosão e Assoreamento. In: SANTO, R. F. (organizadora). **In Vulnerabilidade Ambiental: Desastres Naturais ou Induzidos?** Brasília: MMA, 2007.

YAMANOUTH, G. R. B. **Avaliação dos Processos Erosivos e das Técnicas de Controle e Reabilitação - Bacia do Córrego do Espriado (São Pedro - SP).** Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.