

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

**PREVENÇÃO E CONTROLE DA EROSÃO URBANA: BACIA
DO CÓRREGO DO LIMOEIRO E BACIA DO CÓRREGO DO
CEDRO, MUNICÍPIOS DE PRESIDENTE PRUDENTE E
ÁLVARES MACHADO, SP.**

José Luís Ridente Júnior

Orientador: Prof. Dr. Leandro Eugenio Silva Cerri

Dissertação de Mestrado elaborada no
Curso de Pós-Graduação em Geociências
Área de Concentração em Geociências e
Meio Ambiente, para obtenção do Título de
Mestre em Geociências.

Rio Claro, SP
2000

Comissão Examinadora

José Luís Ridente Júnior

Rio Claro, _____ de _____ de _____

Resultado: _____

*“Só mesmo pelas experiências sensíveis e,
depois, por uma operação mental,
que se chama indução,
é que se pode chegar à verdade”.*
Francis Bacon

A dedicação a este estudo eu ofereço
a minha esposa Fabiana e
aos meus pais José Luiz e Plácida.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Leandro Eugenio Silva Cerri pela orientação, estímulo e confiança nas idéias e propostas das diversas fases deste trabalho e pela sincera amizade que cultivamos.

Ao Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE, na pessoa da Geog^a Maria Isabel Faria Gouveia pela cessão dos dados do projeto “Programa de controle de erosão urbana: projeto piloto do rio Santo Anastácio”, projeto este que o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT desenvolveu no ano de 1997.

A todos que colaboraram na elaboração desta pesquisa, em especial ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, em nome do Geól. Omar Yazbek Bitar, pelo apoio institucional e por viabilizar a oportunidade de estudar geologia de uma forma aplicada, utilizando esta ciência para a melhoria de qualidade de vida da população.

A todos os colegas do IPT que participaram desta empreitada, discutindo conceitos, legendas, mapas, resultados, levantamentos em campo, interpretação de fotografias aéreas, digitalização de mapas e figuras, tabelas e gráficos, etc., especialmente: Kátia, Gerson, Sonia, Aluízio, Luis Celso, Natalino, Eduardo (Duda), Ogura, Oswaldo (Chapisco), Fernando (Supô), Nórís, Nivaldo, Mário Otávio, Nodil, Maria Cristina, Ana Candida, Carlos Geraldo, Ana Maria, Samuel (Musgot), Zeno, José Aparecido, Reginaldo, Sebastião, Maria, José Luiz, Angelo, Gimenez, Damaris e à Marlene pela revisão do texto. Agradeço também a colaboração dos estagiários, Fabíola S. Pagliarani, Denise D. Costa, Valéria Guimarães e Márcio C. Alberto.

Aos ex-colegas de IPT e que muito me incentivaram e ensinaram, sobre as relações entre as rochas, solos, relevos e seres humanos, com os processos erosivos: Oswaldo, Antonio Manoel (Mané), Fernando (Fred), Dirceu (Totico), Ximenes, Waldir Ponçano, Felício e Benedito (Ditinho).

À amiga e colega Glaucia Cuchierato e ao Luisinho (IPT) pelos desenhos e aos amigos Márcio R. M. de Andrade e Luciana Ferrer pelo empréstimo do microcomputador.

Aos meus pais, José Luiz e Plácida pela confiança, amor, força e fé que sempre me depositaram.

Enfim, agradeço à minha esposa Fabiana pela sua colaboração, paciência, amor e carinho dedicados, principalmente nos meses de conclusão deste estudo.

SUMÁRIO

ÍNDICE.....	I
ÍNDICE DE FIGURAS	III
ÍNDICE DE QUADROS	IV
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	VI
ÍNDICE DE ANEXOS	VIII
RELAÇÃO DE SIGLAS E ABREVIACÕES.....	IX
RESUMO.....	X
ABSTRACT.....	XI
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OS OBJETOS DA PESQUISA	8
3. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS.....	23
4. PROCEDIMENTOS E TRABALHOS REALIZADOS	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	55
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	97
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
ANEXO I – DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA	109
ANEXO II – DESENHOS.....	115
ANEXO III – CD ROM.....	116

ÍNDICE

ÍNDICE.....	I
ÍNDICE DE FIGURAS	III
ÍNDICE DE QUADROS	IV
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	VI
ÍNDICE DE ANEXOS	VIII
RELAÇÃO DE SIGLAS E ABREVIACÕES.....	IX
RESUMO.....	X
ABSTRACT.....	XI
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos.....	4
1.1.1 Objetivo Principal	4
1.1.2 Objetivos específicos.....	4
1.2 Controle de erosão e a Geologia de Engenharia.....	5
2. OS OBJETOS DA PESQUISA	8
2.1 Área de estudo	9
2.1.1 Meio físico	11
2.1.2 Clima	12
2.1.3 Uso do solo.....	13
2.2 Erosão hídrica do solo	14
2.3 Os impactos da erosão em áreas urbanas.....	19
3. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS	23
3.1 Bases Conceituais	25
3.1.1 Cartas Geotécnicas voltadas à prevenção da erosão	26
3.1.2 Erosão e Risco Geológico	30
3.1.3 Suscetibilidade e Risco de Erosão.....	32
3.1.4 Prevenção e controle	34
4. PROCEDIMENTOS E TRABALHOS REALIZADOS	36
4.1 Levantamento de dados primários.....	38
4.2 Base cartográfica	39
4.3 Mapas de feições erosivas (1972, 1978 e 1995).....	39
4.4 Mapa de declividade dos terrenos	40

4.5 Levantamento de solos	41
4.6 Levantamento do uso atual do solo	43
4.7 Levantamento das erosões urbanas.....	44
4.8 Elaboração da carta de suscetibilidade à erosão	46
4.9 Elaboração da carta de risco de erosão.....	48
4.10 Elaboração do plano de prevenção e controle de erosão	51
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	55
5.1 Mapa de solos	55
5.2 Mapa de uso e ocupação atual do solo	60
5.3 Interpretação das ocorrências de feições erosivas	63
5.4 Cadastro das erosões urbanas	73
5.5 Suscetibilidade à erosão.....	75
5.5.1 Unidade de análise 1	75
5.5.2 Unidade de análise 2	76
5.5.3 Unidade de análise 3	76
5.5.4 Unidade de análise 4	77
5.5.5 Unidade de análise 5	77
5.6 Risco de erosão.....	78
5.6.1 Unidade de Risco potencial muito baixo	78
5.6.2 Unidade de Risco potencial baixo.....	79
5.6.3 Unidade de Risco potencial médio.....	80
5.6.4 Unidade de Risco potencial alto.....	81
5.6.5 Unidade de Risco potencial muito alto	81
5.6.6 Unidade de Risco Instalado.....	82
5.7 Plano de prevenção e controle de erosão.....	83
5.7.1 Plano de prevenção.....	84
5.7.2 Plano de controle das erosões.....	90
5.7.3 Ações de emergência.....	97
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	97
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
ANEXO I – DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA	109
ANEXO II – DESENHOS	115
ANEXO III – CD ROM.....	116

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - Localização da área de estudo.	10
FIGURA 2 – Erosão laminar ou em lençol.....	16
FIGURA 3 – Feições erosivas de pequeno porte, sulcos e calhas.	17
FIGURA 4 – Ravina.	17
FIGURA 5 – Boçoroca.	18
FIGURA 6 – Solapamento de margens fluviais.	19
FIGURA 7 - Fases da pesquisa e produtos obtidos.	25
FIGURA 8 – Feições erosivas fotointerpretadas	41
FIGURA 9 – Exemplo da ficha de cadastro utilizada.....	47
FIGURA 10 – Proposição de medidas de prevenção para as situações de risco potencial	52

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1 - Dados gerais dos municípios.....	11
QUADRO 2 – Formas de erosão e potencial de impacto nos recursos hídricos.	22
QUADRO 3 – Definições sobre cartas geotécnicas.	28
QUADRO 4 – Conceitos de cartas geotécnicas mais utilizados no Brasil.....	29
QUADRO 5 – Tipos de cartas geotécnicas produzidas no Brasil	29
QUADRO 6 – Objetivos, medidas e ações de plano preventivo de acidentes para movimentos gravitacionais de massa (CERRI, 1993).	35
QUADRO 7 - Categorias de uso e ocupação do solo.	43
QUADRO 8 - Categorias de uso e ocupação do solo e principais processos decorrentes.....	45
QUADRO 9 - Indução de processos erosivos diante das formas de uso e ocupação do solo.	46
QUADRO 10 – Matriz de cruzamento entre solo e declividade para a definição de unidades de suscetibilidade natural.	46
QUADRO 11 – Legenda da carta de suscetibilidade à erosão.	48
QUADRO 12 – Matriz de cruzamento (uso do solo X suscetibilidade à erosão), para a definição das unidades de risco potencial de erosão.	49
QUADRO 13 – Legenda do carta de risco de erosão.	50
QUADRO 14 - Operações realizadas para análise do risco das erosões	53
QUADRO 15 – Pontos de descrição dos perfis de solos	56
QUADRO 16 – Análise granulométrica de amostras coletadas em campo.....	58
QUADRO 17 – Pontos descritos e analisados por CARVALHO (1997).....	59
QUADRO 18 - Número de feições fotointerpretadas, por bacias hidrográficas.	63
QUADRO 19 – Número de ocorrências de erosão por classe de declividade.....	69
QUADRO 20 – Número de ocorrências de erosão por tipo de solo.....	71
QUADRO 21 – Erosões cadastradas e custos estimados de controle.....	74
QUADRO 22 – Área das unidades de suscetibilidade à erosão	75
QUADRO 23 – Grau de suscetibilidade à erosão para a Unidade de análise 1.....	75
QUADRO 24 – Grau de suscetibilidade à erosão para a Unidade de análise 2.....	76
QUADRO 25 – Grau de suscetibilidade à erosão para a Unidade de análise 3.....	76
QUADRO 26 – Grau de suscetibilidade à erosão para a Unidade de análise 4.....	77
QUADRO 27 – Grau de suscetibilidade à erosão para a Unidade de análise 5.....	77

QUADRO 28 – Aplicação das cartas de suscetibilidade e risco de erosão na legislação municipal.....	85
QUADRO 29 – Recomendações para concepção, execução e manutenção das unidades de risco	86
QUADRO 30 - Soma dos atributos	92
QUADRO 31 - Soma dos atributos com peso diferenciado para cada atributo.....	93
QUADRO 32 - Multiplicação da média dos atributos (consequência) pelo grau de atividade das erosões (possibilidade).....	94
QUADRO 33 - Multiplicação da média dos atributos (consequência), com peso para cada atributo, pelo grau de atividade das erosões (possibilidade).....	95
QUADRO 34 – Análise do risco das erosões cadastradas por grupos	96

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Número de boçorocas na bacia do Cór. da Faz. Nayran	64
Gráfico 2 - Número de ravinas na bacia do Cór. da Faz. Nayran.....	64
Gráfico 3 - Número de erosões de pequeno porte na bacia do Cór. da Faz. Nayran.....	64
Gráfico 4 - ICE Erosão/km ² na bacia do Cór. da Faz. Nayran	64
Gráfico 5 - Feições erosivas na bacia do Cór. da Faz. Nayran - 1972	64
Gráfico 6 - Feições erosivas na bacia do Cór. da Faz. Nayran - 1978	64
Gráfico 7 - Feições erosivas na bacia do Cór. da Faz. Nayran - 1995	64
Gráfico 8 –Número de boçorocas na bacia do Cór. do Cedro	65
Gráfico 9 –Número de Ravinas na bacia do Cór. do Cedro	65
Gráfico 10 –Número de erosões de pequeno porte na bacia do Cór. do Cedro.....	65
Gráfico 11 –Número de solapamentos de margens fluviais na bacia do Cór. do Cedro	65
Gráfico 12 –ICE Erosão/km ² na bacia do Cór. do Cedro	65
Gráfico 13 –Feições erosivas na bacia do Cór. do Cedro – 1972.....	65
Gráfico 14 – Feições erosivas na bacia do Cór. do Cedro - 1978	65
Gráfico 15 –Feições erosivas na bacia do Cór. do Cedro - 1995	65
Gráfico 16 - Número de boçorocas na bacia do Cór. do Limoeiro	66
Gráfico 17 – Número de ravinas na bacia do Cór. do Limoeiro	66
Gráfico 18 – Número de erosões de pequeno porte na bacia do Cór. do Limoeiro	66
Gráfico 19 – Número de solapamentos de margens fluviais na bacia do Cór. do Limoeiro...66	
Gráfico 20 – ICE Erosão/km ² na bacia do Cór. do Limoeiro.....	66
Gráfico 21 – Feições erosivas na bacia do Cór. do Limoeiro – 1972.....	66
Gráfico 22 – Feições erosivas na bacia do Cór. do Limoeiro - 1978	66
Gráfico 23 – Feições erosivas na bacia do Cór. do Limoeiro – 1995.....	66
Gráfico 24 – Total de boçorocas	67
Gráfico 25 – Total de ravinas.....	67
Gráfico 26 –Total de erosões de pequeno porte.....	67
Gráfico 27 – Total de solapamentos de margens fluviais	67
Gráfico 28 – ICE total de erosão/km ² total.....	67
Gráfico 29 –Feições erosivas - 1972.....	67
Gráfico 30 –Feições erosivas - 1978.....	67

Gráfico 31 –Feições erosivas - 1995.....	67
Gráfico 32 – ICE de boçorocas por classe de declividade.....	70
Gráfico 33 – ICE de ravinas por classe de declividade	70
Gráfico 34 – ICE concentração de erosões de pequeno porte por classe de declividade	70
Gráfico 35 – Gráfico 35 – ICE de solapamento de margens fluviais por classe de declividade	70
Gráfico 36 – Total de processos por classe de declividade	70
Gráfico 37 – ICE total por classe de declividade.....	70
Gráfico 38 – ICE total de boçorocas por tipos de solo	72
Gráfico 39 – ICE total de ravinas por tipos de solo.....	72
Gráfico 40 – ICE total de concentração de erosões de pequeno porte por tipos de solo	72
Gráfico 41 – ICE total de solapamentos de margens fluviais por tipos de solo	72
Gráfico 42 – Total de processos erosivos por tipos de solo.....	72
Gráfico 43 – ICE total de processos erosivos por tipos de solo.....	72

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I.....ANEXO FOTOGRÁFICO

ANEXO IIDESENHOS

DESENHO 1 – MAPAS DE FEIÇÕES

DESENHO 2 – MAPA DE DECLIVIDADE

DESENHO 3 – MAPA DE SOLOS

DESENHO 4 – MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

DESENHO 5 – CARTA DE SUSCETIBILIDADE À EROSÃO

DESENHO 6 – CARTA DE RISCO DE EROSÃO

ANEXO III.....CD-ROM

RELAÇÃO DE SIGLAS E ABREVIACÕES

ABGE -	Associação Brasileira de Geologia de Engenharia
DAEE -	Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo
EESC/USP -	Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAU/USP	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo
IAEG	International Association of Engineering Geology and Environmental
ICE	Índice de concentração de erosões
IGC -	Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo
IPT -	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S. A.
IUGS	International Union of Geological Sciences
SAA -	Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo
Sabesp -	Companhia de saneamento básico do Estado de São Paulo
SEADE	Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados
Sucepar -	Superintendência de controle de erosão do Estado do Paraná
UGRHI -	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
Unesp -	Universidade Estadual Paulista
USGS	United States Geological Survey

RESUMO

Esta pesquisa apresenta um plano para a prevenção e controle da erosão hídrica do solo, nas bacias hidrográficas dos córregos do Cedro e Limoeiro, municípios de Presidente Prudente e Álvares Machado, SP. Para a elaboração deste plano foram realizados levantamentos do meio físico e do uso e ocupação do solo, na escala 1:25.000, como base para as cartas geotécnicas (susceptibilidade e risco). A sistemática adotada na confecção das cartas geotécnicas é a utilizada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, a qual propõe a integração de dados referentes ao comportamento dos processos geológicos superficiais com o meio físico e com o uso e ocupação do solo. A análise dos processos erosivos em relação ao meio físico é representada por meio de unidades homogêneas da carta de susceptibilidade a erosão. A carta de risco de erosão, apresentando unidades de risco atual e potencial, traduz o comportamento do meio físico (carta de susceptibilidade) associado à análise da intervenção humana atual (mapa de uso e ocupação do solo). Também é apresentada uma análise hierárquica dos processos de erosão cadastrados nas áreas urbanas e caracterizadas como áreas de risco atual, para a priorização de controle.

Palavras chave: erosão, susceptibilidade, risco, carta geotécnica, bacia hidrográfica

ABSTRACT

This research puts forward a plan for the prevention and control of water erosion of the soil in the Cedro and Limoeiro creeks drainage basin, located in the municipalities of Presidente Prudente and Álvares Machado, state of São Paulo. The preparation of this plan involved an assessment of the physical environmental and a survey of land use and occupation, on a scale of 1:25.000. These assessments were used in the preparation of engineering geology maps (maps showing degree of erosion susceptibility and risk). The particular methodology adopted in the preparation of the engineering geology maps is the same as that currently used by the "*Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT*" (Institute for Technological Research of São Paulo State), the objective of which is to integrate data obtained regarding the behavior of surface geological processes, with that concerning the physical environment and land use and occupation. The analysis of erosion processes in relation to the physical environment is represented in uniform units on the erosion susceptibility map. The erosion risk map shows the behavior of the physical environment (erosion susceptibility map) together with an analysis of the present degree of human intervention (soil use map), represented by the use of both actual and potential risk units. Also included is a hierarchical analysis of erosion processes recorded in urban areas and characterized as areas of present risk, for the purpose of establishing priorities regarding control.

Key words: erosion, susceptibility, risk, engineering geology map, drainage basins

1. INTRODUÇÃO

Dos processos da dinâmica superficial da Terra, que colaboram para a modelagem da superfície do planeta, a erosão hídrica do solo, chamada nesta pesquisa apenas de erosão, é um dos processos que mais afetam os terrenos paulista e brasileiro, seja em áreas rurais ou urbanas. O processo de erosão torna-se acelerado devido à alteração da dinâmica superficial por atividades humanas que levam à movimentação e desestruturação dos terrenos. Tais transformações estão associadas à alteração do escoamento das águas de superfície e de subsuperfície, causadas primariamente pela remoção ou destruição da cobertura vegetal (INFANTI JR. & FORNASARI FILHO, 1998).

O processo de urbanização, é hoje, a forma mais expressiva da ação do homem como agente transformador da natureza e a sua realização, desrespeitando a fragilidade dos meios biótico e físico, leva a conseqüências por vezes inesperadas (CARVALHO & PRANDINI, 1998). A erosão é apenas uma das respostas do meio físico ante o processo da ocupação urbana desordenada, porém, a sua ocorrência causa muitos impactos.

A erosão em áreas urbanas pode ser considerada, hoje, como o principal problema geotécnico enfrentado pelos municípios localizados sobre solos arenosos (SALOMÃO, 1994b). No Planalto Ocidental Paulista definido por ALMEIDA (1964) e em outros locais do País onde predominam os solos arenosos, durante o processo de expansão urbana, formam-se processos erosivos em diferentes escalas, podendo até mesmo ocorrer catástrofes. Este fato deve-se, principalmente, à falta de capacitação técnica das prefeituras municipais e órgãos competentes, no âmbito do planejamento, aprovação e fiscalização de novos projetos urbanísticos.

As alterações que empreendimentos como conjuntos habitacionais e loteamentos provocam poderiam ser minimizadas se estivesse embutida, em seus projetos urbanísticos, a preocupação com o meio físico de cada local e a preservação e conservação do meio ambiente. Porém, a falta de investimentos em infra-estrutura urbana (guias, sarjetas, asfalto, drenagem, etc.), devido à escassez de recursos financeiros e técnicos, torna estas áreas de expansão os principais focos de erosão.

Após a erosão deflagrada, o poder público municipal passa a ser o responsável pela recuperação destas áreas, aplicando os escassos recursos de maneira desordenada na tentativa de contornar a situação. É comum, em bairros periféricos de cidades do interior do Estado de

São Paulo, observar ano a ano, durante as estações chuvosas ou logo após estas, maquinários e funcionários das prefeituras realizando reparos, devido a problemas cíclicos como: interrupção dos acessos devido à erosão no leito viário, destruição de sistemas de drenagem, assoreamento de galerias e fundos de vales, etc. A falta de investimento em soluções adequadas e definitivas, como também a falta de planejamento adequado da urbanização são responsáveis por um significativo desperdício do dinheiro público.

Portanto, a otimização do uso de recursos naturais, respeitando a capacidade do meio físico e utilizando-se do planejamento e gestão da ocupação da terra e da construção de obras adequadas a este meio, leva à melhor aplicação dos recursos financeiros (SALOMÃO & IWASA, 1995). Desta maneira, esta pesquisa propõe a utilização do planejamento e gestão da ocupação urbana e do controle da erosão, como um caminho que o poder público deve seguir, objetivando a otimização de investimentos em áreas mais críticas.

Para o enfrentamento dos problemas causados pela erosão, pode-se intervir de duas maneiras:

- a) Controle dos casos mais críticos, por meio de obras de engenharia, para que seja assegurada a eliminação do risco existente e, conseqüentemente, garantindo a segurança da população circunvizinha, evitando o avanço do processo; e
- b) Prevenção à ocorrência destes processos evitando problemas futuros.

O planejamento conjunto das medidas de prevenção e controle dos processos erosivos em áreas urbanas, tema principal desta pesquisa, está apresentado nos capítulos a seguir, quanto a objetivos, fundamentação conceitual, fundamentação metodológica, etapas de trabalho, resultados obtidos e conclusões.

No presente capítulo, serão abordados ainda, os objetivos gerais e específicos da pesquisa, que fundamentalmente visam à elaboração de um plano para a ocupação ordenada nas bacias dos córregos do Limoeiro e Cedro, evitando, assim, que novos processos erosivos sejam deflagrados e causem impactos, além de um plano de controle dos processos existentes. Também será apresentado o histórico e o papel da Geologia de Engenharia no estudo dos processos erosivos visando a ações de controle e de prevenção.

O capítulo 2, OS OBJETOS DA PESQUISA, traz os conceitos adotados neste estudo para os processos erosivos considerados, quais sejam: erosão laminar, feições erosivas

lineares de pequeno porte (sulcos e calhas), ravinas e boçorocas, além de solapamento de margens fluviais. Ainda no capítulo 2, é apresentada a área de estudo com sua localização, descrição do meio físico (geologia, pedologia e geomorfologia) e do clima, condicionantes naturais da erosão, além de serem mostrados os problemas relativos à ocorrência dos processos erosivos.

As discussões e apresentação dos FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS estão no capítulo 3, no qual conceitos e métodos de elaboração de cartas geotécnicas (susceptibilidade e risco) são descritos, bem como os estudos de prevenção de erosão. Ainda no capítulo 3 são descritos os fundamentos e princípios da sistemática adotados nesta pesquisa para a confecção de produtos cartográficos que visam à prevenção da erosão, baseada na sistemática adotada pelo IPT (DINIZ, 1998; ZUQUETTE & NAKAZAWA, 1998).

O capítulo 4, PROCEDIMENTOS E TRABALHOS REALIZADOS, descreve todas as etapas da pesquisa. As etapas foram assim estruturadas:

1^a: Entendimento dos processos e definição dos atributos (levantamento de dados preliminares, fotointerpretação e levantamento de feições, para a elaboração dos mapas de feições);

2^a: Proposição dos modelos (cadastrado das erosões urbanas e confecção dos mapas de: associação de solos, uso e ocupação do solo e de declividade dos terrenos); e

3^a: Elaboração das cartas de susceptibilidade à erosão e risco de erosão e estruturação do plano de prevenção e controle.

No capítulo 5, RESULTADOS E DISCUSSÕES, estão apontados os resultados relativos às análises de susceptibilidade dos terrenos, ou seja, número de erosões por classes de declividade dos terrenos e número de erosões por tipos de solo, além de serem apresentados os resultados dos levantamentos quanto às formas de uso e ocupação do solo e as associações de solo. Têm-se, como produtos principais, a Carta de susceptibilidade à erosão e a Carta de risco de erosão, com recomendações para a ocupação urbana como conteúdo do plano de prevenção e controle. Também são mostrados os resultados das análises de risco realizadas com as erosões cadastradas nas áreas urbanas dos municípios de Presidente Prudente e Álvares Machado, SP, inseridas nas bacias dos córregos do Limoeiro e Cedro, que consistem

na priorização de controle das erosões como parte de um plano de obras para a eliminação dos riscos que as erosões oferecem.

O capítulo 6, **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**, traz os comentários quanto à eficiência da sistemática adotada, bem como os estudos a serem realizados para o complemento da presente pesquisa e perspectivas futuras para a melhoria da qualidade técnica e aplicabilidade dos produtos elaborados.

1.1 Objetivos

Os objetivos desta pesquisa podem ser separados em principal e específicos.

1.1.1 Objetivo Principal

A presente pesquisa visa, principalmente, à elaboração de um plano de prevenção e controle da erosão urbana, com base em estudos realizados sobre o meio físico e o uso e ocupação do solo.

Para atingir este objetivo, serão identificadas áreas do terreno com a maior possibilidade de ocorrência de processos erosivos e hierarquizados os processos instalados nas áreas urbanas, a partir de uma análise de risco. Tais procedimentos permitirão a apresentação conjunta das ações de prevenção e controle da erosão urbana.

1.1.2 Objetivos específicos

O objetivo desta pesquisa é verificar, por meio da aplicação, a eficiência de uma metodologia que possa subsidiar técnicos e autoridades públicas pertinentes (municipais, estaduais e federais), quanto a prevenção e controle da erosão.

Os estudos para a prevenção da erosão nas bacias hidrográficas dos córregos do Cedro e Limoeiro estão baseados na sistemática adotada pelo IPT para a confecção de cartas geotécnicas (DINIZ, 1998; ZUQUETTE & NAKAZAWA, 1998), por meio dos seguintes produtos: Carta de suscetibilidade à erosão e Carta de risco de erosão, as quais apresentam objetivos distintos.

A Carta de suscetibilidade à erosão tem o objetivo de subsidiar ações de planejamento futuro do uso do solo, ou seja, identificar áreas favoráveis para futura expansão, através da caracterização do meio físico.

A Carta de risco de erosão tem o objetivo de apresentar o quadro atual da dinâmica dos processos, indicando as áreas com maior potencial de deflagração de processos e áreas com risco atual, ou seja, com processos erosivos instalados.

Também é objetivo desta pesquisa realizar uma análise de risco dos processos erosivos atuais (erosões cadastradas nas áreas urbanas), definindo-se parâmetros para esta análise, de maneira a hierarquizar estas áreas através de priorização de investimentos em obras de contenção.

1.2 Controle de erosão e a Geologia de Engenharia

A questão da erosão é, por muitos, entendida como sendo atribuição principalmente da área agrônômica. No caso de erosão em áreas agrícolas é, de fato, a Engenharia Agrônômica que aborda o problema, estudando especialmente a erosão laminar. No Estado de São Paulo, a erosão do solo é um processo que vem sendo objeto de pesquisas há mais de 50 anos. Foram realizados os primeiros estudos com o apoio da Secretaria Estadual da Agricultura como, por exemplo, o trabalho de FREIRE (1941), devido à preocupação da perda da produtividade agrícola em culturas como do café, algodão e amendoim, baseando-se principalmente na ciência da Pedologia e outras áreas da Agronomia. Estes estudos tratam, essencialmente, da erosão formada pelos primeiros cultivos após os desmatamentos extensivos, iniciados no século passado no Estado de São Paulo. Estas atividades foram pioneiras no Vale do Paraíba e no início deste século avançaram, rumo a Oeste, onde a prática agrícola, associada à fragilidade dos terrenos, foi responsável pelo desenvolvimento acelerado dos processos erosivos (MONBEIG, 1984). Entretanto, naquela época, foram também realizados estudos com base na Geomorfologia, principalmente os desenvolvidos com o apoio da Secretaria Estadual da Agricultura como, por exemplo, o trabalho de FREIRE (1941) e SETZER (1944), que relacionava os processos erosivos à declividade dos terrenos.

Para esta pesquisa, o interesse maior associa-se aos estudos iniciados por PICHLER (1953), nas erosões de Casa Branca (Norte do Estado de São Paulo), que utilizou a Geologia como base científica para análise do comportamento dos processos erosivos. Na década de 70, o IPT, por meio da Divisão de Geologia - Digeo, passa a atuar mais diretamente no controle

de erosão em áreas urbanas com estudos realizados no Noroeste do Estado do Paraná e Oeste do Estado de São Paulo. Na década de 80, surge, no Estado do Paraná, a Superintendência de Controle de Erosão do Estado do Paraná – SUCEPAR, importante órgão que atuou em ações diretas de controle de erosão com o desenvolvimento de técnicas e execução de obras de recuperação de áreas degradadas por erosões, principalmente em áreas urbanas. Também na década de 80, inicia-se no IPT o projeto “Orientações para o combate a erosão no Estado de São Paulo”, desenvolvido junto ao DAEE, com o objetivo de diagnosticar a situação do Estado em relação à erosão, tanto em áreas urbanas quanto rurais.

No ano de 1980, a Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE, realiza, em Curitiba, PR, o 1º Simpósio Nacional de Controle de Erosão. A partir daí foram realizados mais cinco edições deste evento, 1981 em São Paulo, SP, 1985 em Maringá, PR, 1987 em Marília, SP e 1995 em Bauru, SP. O crescente número de participantes e de trabalhos apresentados nestes eventos deve-se à importância que o tema passou a ter para as administrações públicas, devido aos grandes transtornos e prejuízos causados pela erosão. Nos últimos eventos, foi flagrante a dimensão alcançada pelo tema, devido à interdisciplinaridade dos participantes, geólogos, engenheiros civis, engenheiros agrônomos, engenheiros florestais, geógrafos, arquitetos, tecnólogos, etc., de vários locais do País; além da participação de diferentes instituições: universidades públicas e particulares, institutos de pesquisa, órgãos municipais, estaduais e federais e, principalmente, empresas da iniciativa privada (OLIVEIRA, 1996). Finalmente, em 1998 na cidade de Presidente Prudente, ocorre o VI Simpósio Nacional de Controle de Erosão, com as mesmas características observadas por OLIVEIRA (1996) para os eventos anteriores.

A Geologia de Engenharia realiza, há muito, o estudo dos processos geológicos atuais, sejam eles exógenos ou endógenos, como terremoto, vulcão, escorregamento, subsidência cárstica e, também, a erosão. Alguns destes problemas, como escorregamentos, subsidência cárstica e erosão, se relacionam ao uso do solo, especialmente aqueles que se desenvolvem em áreas urbanas, levando à perda de vidas humanas e danos materiais (CERRI, 1993). A própria *International Association of Engineering Geology - IAEG* (1992), define a Geologia de Engenharia como, “*a ciência dedicada à investigação, estudo e solução de problemas de engenharia e meio ambiente, decorrentes da interação entre a Geologia e os trabalhos e atividades da humanidade, bem como à previsão e desenvolvimento de medidas preventivas ou reparadoras de acidentes geológicos*”.

Nas condições geológicas predominantes no território nacional, a Geologia de Engenharia permite que a quase totalidade de comportamentos indesejáveis seja prevista, tanto quanto à suscetibilidade dos terrenos, ou mesmo mais acuradamente, quanto à própria iminência de deflagração e/ou aceleração de fenômenos catastróficos. Assim, tais comportamentos são previsíveis no espaço e no tempo (NAKAZAWA et al., 1991) e dentre estes, o mais comum é a erosão dos solos. Concordando com esta análise, SANTOS (1994) propõe que a filosofia da Geologia de Engenharia seja baseada em três conceitos apresentados a seguir, juntamente com seus fundamentos:

- a) **Natureza em contínuo movimento:** toda natureza geológica está submetida a processos e toda intervenção humana interage com a dinâmica desses processos;
- b) **Sentido do equilíbrio:** todos os movimentos inerentes aos processos naturais ou induzidos explicam-se pela busca de posições de maior equilíbrio; e
- c) **Imanência das características físicas:** materiais com características intrínsecas diferentes responderão diferenciadamente a solicitações semelhantes.

Os tipos de processos de erosão que levaram a Geologia de Engenharia a estudar este fenômeno, tão comum no Estado de São Paulo e outras regiões brasileiras, são aqueles de maior porte, geralmente ravinas e boçorocas, que afetam com maior intensidade as áreas periféricas de cidades paulistas como: **Presidente Prudente, Álvares Machado, Marília, Bauru, Botucatu, Votuporanga, São José do Rio Preto, Franca, Casa Branca** etc., sendo estes alguns dos municípios mais críticos do Estado, em relação à erosão (KERTZMAN et al., 1995b).

Portanto, pode-se definir que, no controle de erosão, a Geologia de Engenharia atua principalmente em duas linhas: a preventiva e a corretiva. A linha corretiva da erosão utiliza-se de várias ferramentas, para a realização de análises e diagnósticos do processo, visando a subsidiar o engenheiro civil para a proposição de obras adequadas e efetivas de controle (OLIVEIRA, 1996). São utilizadas ferramentas como fotointerpretação, levantamento geológico (estruturas e litologias), levantamento de solos, ensaios geotécnicos dos materiais e levantamento do comportamento hidrogeológico e hidrológico da área, para a determinação dos condicionantes. Também é analisado o histórico do processo, e são analisados os fatores determinantes, como urbanização, desmatamento, construção de estradas, etc. Por meio desta

análise podem-se hierarquizar e priorizar investimentos de controle da erosão (IWASA, 1995).

Na Geologia de Engenharia, as medidas de prevenção de processos da dinâmica externa e conseqüentemente de acidentes geológicos (dentre estes a erosão) têm como ferramenta a cartografia geotécnica. “O mapa geotécnico é um tipo de mapa geológico, que classifica e representa os componentes do ambiente geológico, os quais são de grande significado para todas as atividades de engenharia, planejamento, construção, exploração e preservação do ambiente” (IAEG, 1976). Segundo ZUQUETTE (1987), o produto final do mapeamento geotécnico deve possuir uma linguagem que atinja os usuários não especializados. Neste sentido, buscou-se apresentar esta pesquisa em linguagem acessível ao usuário, ou seja, o poder público municipal, estadual e federal, de maneira que possa utilizar os produtos para o controle dos problemas atuais e para que sejam evitados problemas futuros.

2. OS OBJETOS DA PESQUISA

As bacias hidrográficas dos córregos do Cedro e Limoeiro, localizadas no alto rio Santo Anastácio, fazem parte das nascentes deste importante rio do Oeste do Estado de São Paulo. Trabalhos realizados anteriormente (IPT 1992, 1993, 1994a, 1994b e 1994c) identificaram, na bacia do rio Santo Anastácio, algumas sub-bacias hidrográficas prioritárias para a execução de estudos em escala de detalhe, visando à prevenção e controle de erosão, devido ao alto grau de degradação ambiental apontados, dentre estas, as bacias dos córregos do Cedro e Limoeiro.

Segundo IPT (1994a), as bacias dos córregos do Cedro e Limoeiro apresentam alta incidência de processos erosivos. No Mapa de Erosão do Estado de São Paulo (IPT, 1995), identifica-se o terreno das bacias hidrográficas dos córregos do Cedro e Limoeiro como de muito alta suscetibilidade à erosão, e os municípios de Presidente Prudente e Álvares Machado como muito críticos em relação à erosão urbana. Vários outros trabalhos citam a área de estudo como crítica de ocorrência de processos de erosão como FRANCISCO (1989); FRANCISCO & SANTOS (1993); FRANCISCO & SANTOS (1991), LEITE (1965), GODOY (1989), SUDO (1980), SUDO (1981), CANIL & IWASA (1993), CANIL et. al. (1998b) e ELIAS et al. (1998).

A degradação ambiental apontada é proveniente da alta taxa de crescimento urbano provocada pela expansão da área urbana de Álvares Machado e, principalmente, de Presidente

Prudente, sendo caracterizada pela grande intensidade de processos erosivos que ocorrem dentro das áreas urbanas e pelo intenso assoreamento de rios, córregos e represas.

A abordagem por bacias hidrográficas como unidade básica de análise foi adotada nesta pesquisa, de acordo com a forma de abordagem de CANIL et al. (1998a) que se fundamentam na ciência hidrológica. Os autores citados consideram a bacia hidrográfica como um sistema, que guarda as respostas de toda a história do seu desenvolvimento. Para esta forma de abordagem, foi considerado que um dos impactos dos processos erosivos, o assoreamento, é diretamente identificados nas regiões de baixadas e nos cursos d'água à jusante das erosões. Os prejuízos provocados pela erosão do solo e conseqüente assoreamento dos cursos d'água serão absorvidos, de forma direta, pela população que habita a bacia hidrográfica. Também foi considerado que o gerenciamento do uso do solo através do planejamento da ocupação e monitoramento de processos torna-se mais aplicado quando utiliza, como unidade básica de análise, a bacia de drenagem.

Portanto, os córregos do Cedro e Limoeiro, nos municípios de Presidente Prudente e Álvares Machado, sofreram e sofrem, grande impacto ambiental proveniente dos processos erosivos que ocorrem em suas bacias hidrográficas. A seguir serão apresentados: a área de estudo, os tipos de processos erosivos que ocorrem na área e suas formas de impactos.

2.1 Área de estudo

As bacias hidrográficas do córrego do Cedro e do córrego do Limoeiro, nos municípios de Presidente Prudente e Álvares Machado, localizam-se na porção Oeste do Estado de São Paulo. Estas bacias possuem área de 152,2 km², compreendidas entre as coordenadas de latitude 443000 e 462000 (UTM) e de longitude 7455000 e 7558000 (UTM) (FIGURA 1). A área urbana destes municípios extrapola o limite destas bacias hidrográficas, porém o estudo restringiu-se a estas bacias, já que estas foram adotadas como unidade de análise.

Os córregos do Cedro e Limoeiro estão localizados na porção alta da bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio, que desagua no rio Paraná, pertencentes à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema (UGRHI 22). Presidente Prudente e Álvares Machado estão inseridos na Região Administrativa de Presidente

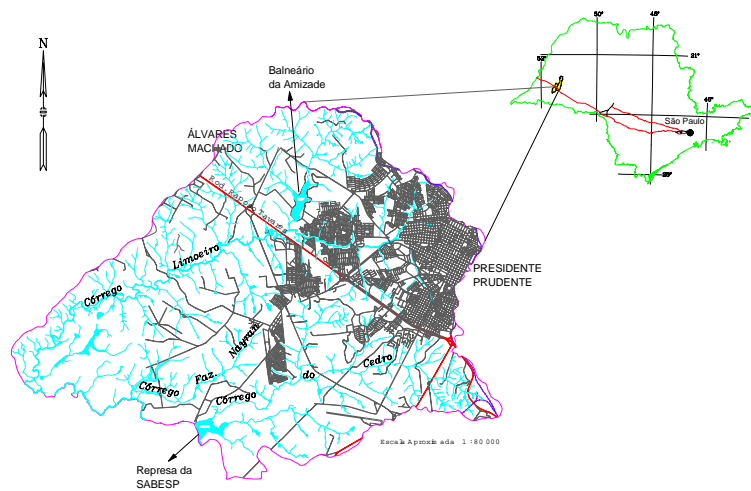


FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

FIGURA 1 - Localização da área de estudo.

Prudente, da qual fazem parte 53 municípios, cujo município sede é Presidente Prudente. As características gerais dos dois municípios são apresentadas a seguir (QUADRO 1):

Município	Área Total (km ²)	Área nas Bacias (km ²)	População Total (hab.)	Taxa de Urbanização (%)	Taxa Cresc. Anual (%)
Presidente Prudente	555	125	169.371	94,74 (1980)	1,42 (1991-1996)
Álvares Machado	357	27 (Limoeiro)	19.578	60,94 (1980)	2,63 (1991-1996)

(Fonte: SEADE, 1997; IPT, 1997)

QUADRO 1 - Dados gerais dos municípios.

2.1.1 Meio físico

Para a análise da Geologia, de acordo com os levantamentos registrados, em escalas regional e semidetalhe, foram estudados e compilados diversos trabalhos prévios.

A área de estudo está inserida no contexto de uma única formação, a Formação Adamantina (Grupo Bauru), caracterizada por arenitos finos a muito finos, dispostos em bancos alternados, com intercalações freqüentes de camadas lenticulares de siltito e subordinadas de argilitos quartzosos, bem selecionados, com cimento e nódulos carbonáticos, matriz argilosa, maciços ou com estratificação plano-paralela, freqüentes estruturas hidrodinâmicas e cor bege a cinza (ALMEIDA, 1981; ALMEIDA et al., 1980).

FERNANDES (1998), numa revisão da estratigrafia do Grupo Bauru, propõe que na região de Presidente Prudente aflora a Formação Presidente Prudente, composta por arenitos muito finos a finos de cores marrom-avermelhada claro a bege, de seleção moderada a má, matriz lamítica, e lamitos argilosos de cor marrom-escuro (chocolate). Os arenitos apresentam-se, com freqüência, parcialmente cimentados por carbonato de cálcio, sobretudo como estratos de aspecto maciço. Nestes casos a cimentação mascara estruturas sedimentares de pequeno porte, como laminação por migração de ondulações. O autor referido não faz nenhum levantamento sistemático de estruturas rochosas (fraturas), que poderia colaborar no estudo da erosão. São levantadas apenas as direções de paleocorrentes que possuem tendência para SW.

O relevo das bacias dos córregos do Limoeiro e do Cedro é caracterizado, de modo geral, por interflúvios de topos achatados que emolduram as cabeceiras do Cedro, tornando-se faixas mais estreitas ao norte, no limite com a bacia do rio do Peixe. As vertentes são

retilíneas e/ou suavemente convexas, apresentando, localmente, maiores declividades. Em direção a jusante destas drenagens, sobressaem-se as colinas médias e, subordinadamente, morrotes em topos alongados (cabeceiras do córrego do Cedro), destacando-se as médias e altas declividades (SUDO, 1980). Do baixo curso até a foz no rio Santo Anastácio, estas colinas cedem lugar às colinas pequenas de topos arredondados e amplos, com vertentes retilíneas de baixa declividade, caracterizando a formação de terraços. O padrão geral da rede de drenagem é subparalelo a dendrítico (ALMEIDA, 1964; FIGUEIREDO et al., 1970; IPT, 1994a).

Segundo estudos anteriores realizados por IPT (1994a, b, c) e CARVALHO (1997), em levantamentos de semidetalhe dos solos na bacia do rio Santo Anastácio, os principais tipos de solo encontrados na área de estudo são: solos hidromórficos, Latossolo Vermelho-Amarelo textura média, Areia Quartzosa, Podzólico Vermelho-Amarelo textura arenosa/média arenosa, Podzólico Vermelho-Escuro textura arenosa/média, Litólicos e Cambissolos. Estes solos possuem, em geral, como característica principal, a baixa quantidade de argila, o que determina alta erodibilidade (FREIRE et al., 1998).

2.1.2 Clima

A região oeste do Estado de São Paulo, na qual se localizam as bacias dos córregos do Limoeiro e do Cedro, é caracterizada por clima tropical quente e úmido (com chuvas de verão), e com 1 a 2 meses de estação seca (inverno). Próximo ao rio Paraná, a umidade relativa do ar é maior (NIMER, 1977).

A precipitação média anual é de 1.250 mm e a temperatura média anual superior a 18°C. O mês mais chuvoso é janeiro, com precipitação média de 200 mm, e o mais seco, julho, com precipitação média de 25 mm.

Esta região situa-se numa zona de transição climática em que a circulação atmosférica é controlada pela dinâmica das massas tropicais, setentrionais e meridionais (MONTEIRO, 1973). Destas massas de ar, observa-se que a frente polar atlântica é a principal responsável pela produção da maior quantidade de precipitações na região; as massas tropicais setentrionais, responsáveis por instabilidades, são correntes advindas da Amazônia e provocam chuvas intensas, de curta duração, com alta capacidade erosiva. A intensidade das

precipitações chega a atingir mais de 1,6 mm/minuto durante períodos de 15 minutos (IPT, 1994a).

Estas fortes chuvas, rápidas e intensas, quando ocorrem na área urbana, principalmente em áreas expostas, como loteamentos e conjuntos habitacionais com infra-estrutura deficiente, aceleram o desenvolvimento de muitas erosões de grande porte.

2.1.3 Uso do solo

Nas bacias hidrográficas dos córregos do Cedro e Limoeiro destaca-se a ocupação urbana nas áreas de suas cabeceiras. A bacia do córrego do Cedro está inserida totalmente no município de Presidente Prudente. Já a bacia do córrego do Limoeiro possui a parte Oeste pertencente ao município de Álvares Machado e o restante a Presidente Prudente. As áreas urbanas possuem a maioria de seus terrenos consolidados, com infra-estrutura completa (asfalto, drenagem, esgoto, etc.), porém, também existem várias áreas em consolidação, parceladas, de loteamentos projetados e industriais.

Outras formas de uso e ocupação do solo foram observadas nas bacias, tais como:

- Infra-estrutura, caracterizada por equipamentos urbanos, áreas institucionais, equipamentos de lazer, aeroporto, cemitério e áreas de disposição de resíduos, não sendo relativamente expressivos em área;
- Movimentos de terra e solo exposto, devido à realização de obras e terrenos preparados para o plantio, aparecendo em trechos isolados das bacias;
- Cobertura vegetal natural, como cerradão, mata ciliar e vegetação de depósito de assoreamento, predominantes nas partes baixas das bacias hidrográficas; e
- Culturas, com o predomínio de pastagens que ocupam a maior parte dos terrenos das bacias e ocorrendo também reflorestamento, culturas perenes e temporárias, cana-de-açúcar e chácaras.

Na porção alta da bacia do córrego do Limoeiro, encontra-se o reservatório de abastecimento, conhecido como Represa da Amizade, que atende à população das áreas urbanas dos dois municípios e que apresenta-se parcialmente assoreado (ANEXO I - FOTO 1). O reservatório da SABESP, no córrego do Cedro, localiza-se na porção baixa da bacia,

próximo ao encontro com o rio Santo Anastácio e atende ao abastecimento da população Prudentina, também apresenta-se parcialmente assoreado.

2.2 Erosão hídrica do solo

A presente pesquisa está fundamentada nos processos de erosão, que se manifestam na área de estudo sob as formas de erosão laminar (escoamento difuso), erosão linear (escoamento concentrado, provocando o desenvolvimento de feições erosivas de pequeno porte, ravinas e boçorocas) e solapamentos de margens fluviais.

Erosão é o processo de *“desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas, pela ação combinada da gravidade com a água...”* (Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE, 1990). A erosão pode ser “normal” ou “geológica”, que se desenvolve em condições de equilíbrio com a intensidade de formação do solo; e “acelerada” ou “antrópica” (ANEXO I - FOTO 2), cuja intensidade é superior à da formação do solo, não permitindo a sua recuperação natural.

Em regiões tropicais úmidas, característica da área de estudo, a erosão hídrica do solo é mais pronunciada e, por isso, é a única forma de erosão tratada por esta pesquisa. Antes dos desmatamentos, a ação das águas de chuvas era muito atenuada pela cobertura vegetal dos terrenos, configurando quadro de erosão natural. A ocupação dos terrenos, iniciada pelo desmatamento e seguida pelo cultivo das terras, implantação de caminhos e estradas, criação e expansão das vilas e cidades, sobretudo quando efetuada de modo inadequado, constitui o fator decisivo da aceleração dos processos erosivos (DAEE, 1990).

A erosão causada pela chuva inicia-se pela ação do impacto das gotas d'água na superfície do terreno, sobretudo quando desprotegido de vegetação, promovendo o desprendimento de partículas constituintes do solo. Havendo condições favoráveis ao escoamento superficial das águas, pode ocorrer o transporte das partículas liberadas do solo por escoamento laminar ou difuso e concentrado. A remoção de uma partícula da superfície não é função apenas das forças hidrodinâmicas sobre ela exercidas, mas também de uma série de outros fatores (forma, tamanho, rugosidade e das relações de contato com outras partículas vizinhas) existindo força crítica de tração, bem como velocidade crítica do fluxo para que a partícula se movimente ou se deposite (BIGARELLA e MAZUCHOWSKI, 1985). Portanto,

diferentes tipos de terrenos, submetidos a diferentes processos de escoamento superficial e subterrâneo, podem desenvolver diferentes formas de erosão.

A erosão acelerada, embora fundamentalmente determinada pela ação do homem, também é condicionada pelas características naturais do meio físico, pela erosividade das chuvas e erodibilidade dos terrenos, como abordado em vários trabalhos provenientes da área agrônômica (Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo – SAA, 1994 e BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990). O comportamento da água subterrânea também constitui importante fator condicionante de erosões em determinadas porções do território paulista, devido à ação do *piping* (RODRIGUES, 1982; SALOMÃO, 1994a).

Para PRIMAVESI (1990), a erosão é um processo que só passa a ocorrer quando a capacidade de infiltração da água no solo é menor do que a intensidade das chuvas. Isto significa que, com a retirada da cobertura vegetal, colocando-se o solo em exposição, a ação do escoamento superficial é superior à infiltração. Como consequência, ocorrem importantes alterações no comportamento hídrico de terrenos.

A erosão acelerada pode ser: **erosão laminar** ou em lençol, “quando causada por escoamento difuso das águas das chuvas, resultando na remoção progressiva dos horizontes superficiais do solo”; e **erosão linear**, “quando causada por concentração das linhas de fluxo das águas de escoamento superficial, resultando em incisões na superfície do terreno” na forma de sulcos, ravinas e boçorocas (DAEE, 1990); além da erosão por solapamento de margens fluviais.

Para a presente pesquisa, as diferentes formas de erosão hídrica são definidas em linhas gerais por:

1) Erosão laminar ou em lençol: Causada pelo escoamento em lençol superficial difuso, que retira a camada superficial do solo de maneira quase homogênea, lateralmente ou em pequenos filetes (DAEE, 1990), ou ainda *interrill erosion* segundo FOSTER et al. (1985). A erosão laminar é dificilmente perceptível, porém evidenciada por tonalidades mais claras dos solos, exposição de raízes e queda da produtividade agrícola (FIGURA 2).

2) Erosão linear: Corresponde às formas de erosão causadas por escoamento superficial concentrado ou *rill erosion* segundo FOSTER et al. (1985), que comanda o desprendimento das partículas do solo e o transporte das partículas desprendidas, segundo as

condições hidráulicas desse escoamento. Pode haver também a ação combinada entre o escoamento superficial concentrado e o escoamento subsuperficial (OLIVEIRA, 1994).

a) **Feições erosivas lineares de pequeno porte:** São formas de erosão causadas por escoamento superficial concentrado ou *rill erosion* e podem ser obliteradas por operações normais de preparo do solo (FOSTER et. al. 1985) (FIGURA 3) (ANEXO I - FOTO 3).

aa) **sulcos:** São, em geral, de profundidade e largura inferiores a cinquenta centímetros, sendo que suas bordas possuem pequena ruptura na superfície do terreno (DAEE, 1990). Ocorrem mais comumente associados a trilhas de gado e em locais de solo exposto devido à movimentação de terra;



FIGURA 2 – Erosão laminar ou em lençol.

ab) **calhas:** Tipo de erosão em forma de canal, originada pelo escoamento concentrado das águas superficiais, também é pouco profunda como os sulcos, porém, possuem bordas suaves e largura inferior a cinco metros (OLIVEIRA, 1994). Geralmente, mantêm-se com vegetação rasteira pouco densa em seu interior;

b) **Ravinas:** Além da ação do escoamento superficial concentrado, que forma as feições erosivas lineares, devem ainda ser considerados, no caso das ravinas, mecanismos de erosão que envolvem movimentos de massa, representados pelos pequenos deslizamentos nos seus taludes laterais, causados por solapamento de suas bases devido ao escoamento superficial em seu interior, que provocam seu alargamento (OLIVEIRA, 1994) (FIGURA 4), (ANEXO I, FOTO 4); e



FIGURA 3 – Feições erosivas de pequeno porte, sulcos e calhas.

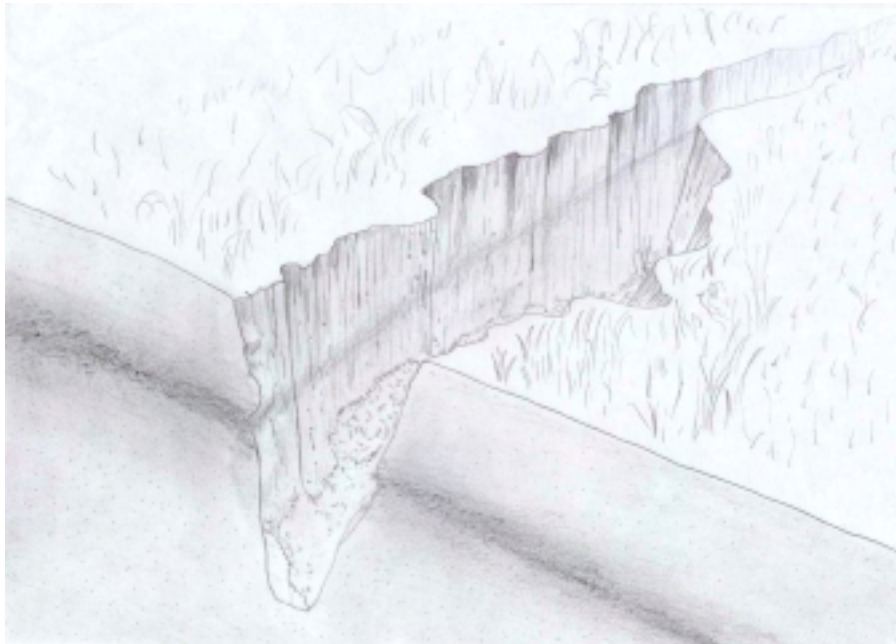


FIGURA 4 – Ravina.

c) **Boçorocas:** Formadas pelo aprofundamento das ravinas e interceptação do lençol freático, onde se pode observar grande complexidade de processos do meio físico (*piping*, liquefação de areia, escorregamentos laterais, erosão superficial), devido à ação concomitante das águas superficiais e subsuperficiais (RODRIGUES, 1982) (FIGURA 5). Este tipo de processo erosivo atinge grandes dimensões, gerando vários impactos ambientais na sua área de ação e na drenagem de jusante, tornando-se um complicador para o uso do solo nestas áreas. Também podem se desenvolver por ação principal da água subsuperficial que gera o *piping* ou erosão tubular regressiva (SALOMÃO, 1994a) (ANEXO I, FOTO 5).

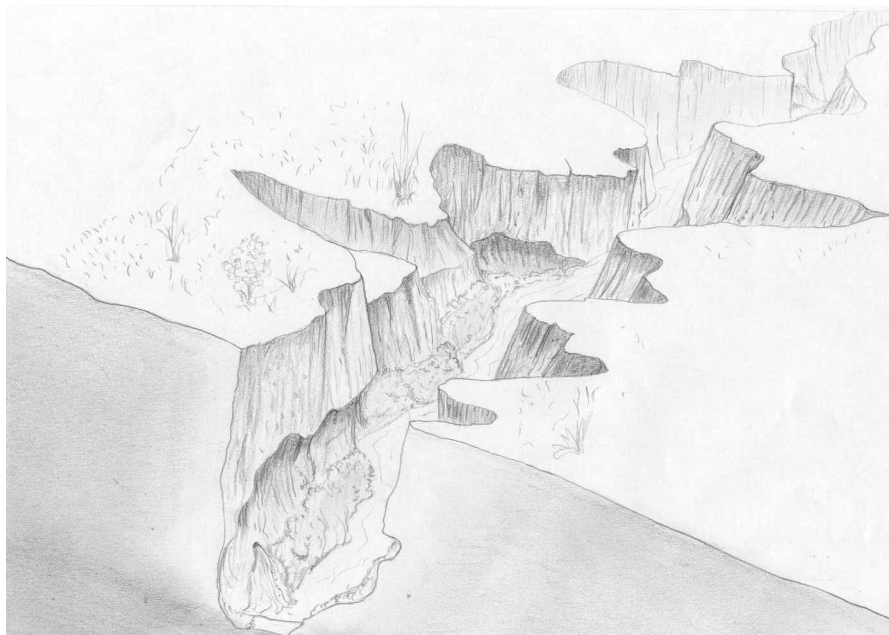


FIGURA 5 – Boçoroca.

Outro tipo de processo erosivo, significativo na área de estudo, é o *solapamento de margens fluviais* (ANEXO I, FOTO 6), que 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 (FIGURA 6).

Também as estradas vicinais de terra encaixadas se desenvolvem como processos erosivos, a partir do momento em que o seu leito é aprofundado e a água superficial passa a concentrar-se nas suas laterais, provocando o descalçamento dos taludes, bem como pequenos escorregamentos, comportando-se como ravinas e causando grandes impactos nos recursos hídricos (ANEXO I, FOTO 7).

Nesta pesquisa os estudos foram direcionados para a caracterização da erosão linear, na medida em que seus impactos são imediatos e de maior magnitude para os recursos hídricos e podem trazer maior prejuízo sócio econômico. No entanto, o mapa de suscetibilidade à erosão também expressa a fragilidade dos terrenos quanto à ocorrência de outras formas de erosão (laminar e solapamento de margens fluviais).



FIGURA 6 – Solapamento de margens fluviais.

2.3 Os impactos da erosão em áreas urbanas

A eliminação da cobertura vegetal e a ocupação de uma determinada área pode ser sucedida por uma série de alterações que levam a graves desequilíbrios ambientais. Considerando uma lei hipotética de causa e efeito, observam-se diversas formas de impacto, onde as áreas com maior suscetibilidade natural à erosão foram prévia e intensamente atingidas pelas ocorrências erosivas; quadro este agravado pelas formas inadequadas de uso e ocupação do solo. Vários estudos sobre o desmatamento e suas conseqüências foram realizados anteriormente para a área de estudo, tais como FRANCISCO (1989); FRANCISCO & SANTOS (1993); FRANCISCO & SANTOS (1991) e LEITE (1965).

Os impactos mais significativos da erosão causados pela expansão urbana dos municípios de Presidente Prudente e Álvares Machado podem ser verificados no intenso assoreamento dos reservatórios: Balneário da Amizade (córrego do Limoeiro) e da SABESP (córrego do Cedro) e de alguns trechos de várzeas destes mesmos rios (ANEXO I – FOTO 8), comprometendo os volumes destes reservatórios de abastecimento.

Os danos causados pela erosão podem ser abordados e analisados em dois momentos, o presente e o futuro. Comparado aos processos de movimento de massas, que se desenvolvem mais comumente nas regiões serranas e no Planalto Atlântico do Estado de São Paulo, a erosão pode ser considerada como processo geológico que proporciona

principalmente o prejuízo a médio e longo prazos, pois o seu desenvolvimento é, na maioria dos casos, lento e contínuo (CERRI, 1993).

O prejuízo atual é principalmente de caráter socioeconômico, pois a deflagração ou evolução de processos erosivos leva à destruição de moradias e equipamentos públicos, como ruas, sistemas de esgoto, redes elétricas, sistemas de drenagem, além de poder levar à perda de vidas humanas. Se o processo erosivo for de grande porte, o dano também pode ser calculado com base na degradação do solo local e difícil recuperação da área, que envolve uma grande movimentação de terra associada à construção de sistemas de drenagem superficial e, por vezes, subterrâneo. A dimensão do processo erosivo instalado em áreas periurbanas também é outro fator a ser levado em conta, pois quanto maior for a erosão, maior é o impedimento ao avanço da urbanização para aquela direção, desvalorizando o imobiliário local.

O assoreamento resultante dos processos erosivos também acarreta prejuízos que, por vezes, são difíceis de ser mensurados. No entanto, suas conseqüências também são desastrosas. O impacto do assoreamento nos recursos hídricos corresponde a dano ambiental muito grave, pois gera a destruição do meio biótico e altera todo o equilíbrio do meio físico. As alterações do meio físico podem ser percebidas imediatamente ou ao longo do tempo, dependendo da intensidade e velocidade de evolução dos processos erosivos de montante.

Quanto aos danos socioeconômicos, destaca-se a ocorrência de enchentes em rios urbanos afetando a população que habita suas margens, ou também; a escassez de água para uma determinada população devido à colmatação de reservatórios de abastecimento, resultando na diminuição da capacidade de armazenamento (OLIVEIRA, 1994).

Nos cursos d'água e reservatórios, ocorre o aumento da turbidez nos corpos d'água, devido ao aumento da quantidade de sedimentos em suspensão na água. O aumento na quantidade de sedimentos transportados leva ao aumento da despesa com tratamento de água para o consumo, além de prejudicar a vida de organismos aquáticos, pela diminuição da incidência da luz solar.

Para o Rio Santo Anastácio, que recebe as águas dos córregos Limoeiro e Cedro, FIGUEIREDO (1998) apresenta análise da relação entre o intenso aporte de sedimentos e a precipitação pluviométrica, mostrando alta taxa de sedimentação neste rio, evidenciada pelo assoreamento de seu leito. SUDO & BATISTA (1998), em análise na bacia do Córrego do

Cedro, apontam o intenso assoreamento deste córrego principalmente com areia fina, característica dos solos desta bacia.

OLIVEIRA (1994) apresenta uma forma de classificação de erosões conforme a óptica da produção de sedimentos (QUADRO 2), de maneira que, modificado, pode também representar o potencial de impacto nos recursos hídricos de cada forma de erosão.

A ação da erosão laminar, mais comum em áreas agrícolas, é muito sutil e quase imperceptível, pois lentamente retira o horizonte superficial do solo. A queda da produtividade agrícola é mensurável em áreas afetadas pela erosão laminar. O impacto da erosão laminar, que ocorre nas áreas rurais, é perceptível em áreas urbanas quando, no transporte dos sedimentos, são também carregados fertilizantes, corretivos e defensivos aplicados ao solo, contaminando os cursos d'água e reservatórios, provocando, entre outros, o fenômeno da eutrofização das águas. Os sedimentos provenientes deste processo também contribuem significativamente para o assoreamento dos cursos d'água e reservatórios de abastecimento de áreas urbanas.

A erosão linear, seja em área rural ou em área urbana, gera um impacto ambiental imediato, devido à grande quantidade de solo removido, à dificuldade de recuperação do local, ao impacto visual e, principalmente, ao rápido transporte de material para a drenagem de jusante, com conseqüente assoreamento.

Modelos de escoamento	Tipos de erosão e feições correspondentes	Dimensões (ordem de grandeza) e porte	Bordas da feição	Mecanismos de erosão	Potencial relativo de impacto nos recursos hídricos	
Escoamento superficial difuso	Erosão laminar ou em lençol, ou erosão entre sulcos	Perda na espessura de solo (centímetros de solo)	Inexistentes	Desprendimento e transporte de partícula a superfície do solo.	Transporte de sedimentos a curtas distâncias. Baixo potencial de impacto	
Escoamento superficial concentrado	Erosão linear em sulcos	Erosão de pequeno porte, com largura de 10 a 30cm, e profundidade de 5 a 15cm.	Suaves, sem ruptura significativa na superfície do terreno.		Movimentos de massa	Transporte de sedimentos de maneira eficiente. Carreia sedimentos provenientes da erosão laminar e também são áreas fonte de sedimentos. Médio potencial de impacto.
	Erosão linear em calhas	Erosão de pequeno porte com largura inferior a 10m e profundidade inferior a 50cm.	Muito suave, sem ruptura na superfície do terreno			Transporte intenso de sedimentos. Alto potencial de impacto.
Escoamento superficial concentrado	Erosão linear em ravinas	Erosão de grande porte com largura superior a 1m, e profundidade superior a 0,5m.	Abruptas, com ruptura instável da superfície do terreno.		Erosão subterrânea	Transporte muito intenso de sedimentos devido à alta concentração de fluxo de água e a remoção de partículas e aprofundamento do leito, pela passagem de veículos e máquinas (ex. <i>Patrol</i>) Muito alto potencial de impacto.
Escoamento superficial concentrado com ou sem escoamento subsuperficial concentrado	Erosão em estradas vicinais de terra, cujo projeto e falta de manutenção potencializam a erosão (estradas de terra encaixadas)	Variada	Abruptas com ruptura instável da superfície do terreno			Transporte muito intenso de sedimentos devido à energia de escoamento de canal fluvial. Muito alto potencial de impacto.
Escoamento em canal fluvial.	Erosão por solapamento de margens fluviais	Variada	Abruptas com ruptura instável da superfície do terreno.			Transporte muito intenso de sedimentos devido ao escoamento superficial e a ocorrência de <i>piping</i> . Muito alto potencial de impacto.
Escoamento superficial concentrado e escoamento subsuperficial concentrado	Erosão em boçoroca	Erosão de grande porte com largura superior a 5m, e profundidade superior a 2m.	Abruptas, com ruptura instável da superfície do terreno.			

Fonte: OLIVEIRA, 1994 (modificado).

QUADRO 2 – Formas de erosão e potencial de impacto nos recursos hídricos.

A existência de processos de erosão linear dentro das áreas urbanas, como os sulcos, ravinas e boçorocas, torna a situação bem mais crítica. O impacto se agrava quando os processos possuem grande porte e passam a interferir diretamente na vida dos habitantes, com a interrupção de acessos, destruição de sistemas de abastecimento, esgoto, etc. (ANEXO I, FOTO 9). As erosões de grande porte, causadas, muitas vezes, pela expansão urbana, também tornam-se um empecilho ao crescimento urbano, devido ao risco que oferecem à população, dificultando até mesmo a ocupação ao seu redor, o que leva muitas vezes ao desvio do vetor natural de crescimento da cidade. Devido à magnitude das obras, a recuperação de áreas degradadas pela erosão é onerosa, necessitando muitas vezes de verbas externas ao orçamento municipal (RIDENTE JR. et al., 1998b).

3. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS

A base metodológica desta pesquisa corresponde à escolha e aplicação de um método considerado adequado para uma cartografia do terreno, acompanhada de uma análise de risco dos processos erosivos existentes na área de estudo, como base de um plano de prevenção e controle.

É considerado na sistemática utilizada que, como ponto de partida para a prevenção e solução dos problemas, é fundamental o entendimento da tipologia dos processos e suas relações com o meio físico e o uso e ocupação do solo. A sistemática utilizada é a adotada pelo IPT para a confecção de cartas geotécnicas, tendo sido descrita por ZUQUETTE & NAKAZAWA (1998) e DINIZ (1998).

No entanto, nesta pesquisa entende-se que a seqüência de atividades adotadas pelo IPT não configura propriamente uma metodologia, mas, sim, uma sistemática de trabalho, pois, as atividades a serem realizadas dependem dos processos envolvidos, objetivos e usuários, podendo ser diferente para cada caso (SANTOS, 1999).

A pesquisa realizada é baseada no método indutivo, que VARGAS (1985), fundamentado nas idéias de *FRANCIS BACON*, apresenta para as ciências naturais. O referido autor propõe que se observem os fenômenos fazendo uma série de enunciados sobre este para que se possa encontrar algo que está sempre presente quando o fenômeno acontece. VARGAS (op. cit.) diz, ainda, “encontrada uma natureza que esteja sempre presente no fenômeno

pesquisado, essa natureza será um gênero da forma pesquisada e, conhecendo-se os gêneros dos fenômenos, poder-se-á classificá-los”.

Coerente com esta linha de pensamento, a sistemática utilizada pelo IPT tem como base filosófica a proposta de SANTOS (1994) para a Geologia de Engenharia, que se fundamenta na “exatidão no diagnóstico para um perfeito casamento da solução adotada a um processo ocorrido ou que poderia vir a ocorrer novamente”.

Assim, SANTOS (op. cit.) define muito bem as ações e objetivos da Geologia de Engenharia em quatro fases, segundo as quais, as atividades para a elaboração do plano de prevenção e controle da erosão podem ser assim consideradas:

a) **Entendimento:** cujos objetivos são diagnosticar a natureza dos fenômenos geológico-geotécnicos envolvidos nas inter-relações solicitação/meio físico geológico;

b) **Solução:** visa apoiar a Engenharia na formulação das soluções adequadas, zelando, especialmente, pela perfeita aderência fenômeno/solução;

c) **Acompanhamento:** cujo fundamento é acompanhar a implantação da solução escolhida, sugerindo ajustamentos técnicos eventualmente necessários; e

d) **Monitoramento:** que irá auscultar o desempenho da solução implantada, propondo eventuais medidas complementares.

A sistemática adotada propõe que as cartas geotécnicas sejam instrumentos de aplicação que devem expressar os diferentes comportamentos/desempenhos esperados do terreno, diante de usos do solo predeterminados, por meio de uma compartimentação em zonas ou unidades geotécnicas, cada qual com orientações técnicas, preventivas e corretivas, dos problemas característicos previamente identificados (ZUQUETTE & NAKAZAWA, 1998). Por isso, as previsões geológicas dos comportamentos dos terrenos que envolvam áreas expressivas constituem suporte para elaboração e revisão do zoneamento definido no Plano Diretor Municipal, ou para a adoção de critérios de parcelamento e construção integrantes das leis de uso e ocupação do solo e dos códigos de obras municipais.

A FIGURA 7 apresenta, com base na sistemática adotada pelo IPT e coerentes com a proposta de SANTOS (1994), as três principais fases de desenvolvimento da pesquisa, bem como os produtos obtidos.

1ª fase - Obtenção de dados disponíveis para entendimento do problema da erosão na área de estudo, em relação ao meio físico e o uso do solo, com o levantamento de dados primários e com fotointerpretação de processos e de outros atributos;

2ª fase – Interpretação dos dados e criação do modelo da distribuição e causas da ocorrência de processos erosivos, realizando **investigação dirigida**, para caracterização das áreas afetadas, ou seja, levantamento de declividade do terreno, levantamento de solo, cadastro de campo das erosões urbanas e uso e ocupação atual, com o objetivo da elaboração dos produtos que servirão de atributos para a materialização da hipótese criada; e

3ª fase – Análise e conclusão, ou seja, a descrição final do fenômeno da erosão através da qualificação e quantificação, dinâmica e desenvolvimento e previsão de comportamento, ou seja, a Carta de suscetibilidade à erosão e a Carta de risco de erosão, com a elaboração do plano de prevenção e controle.

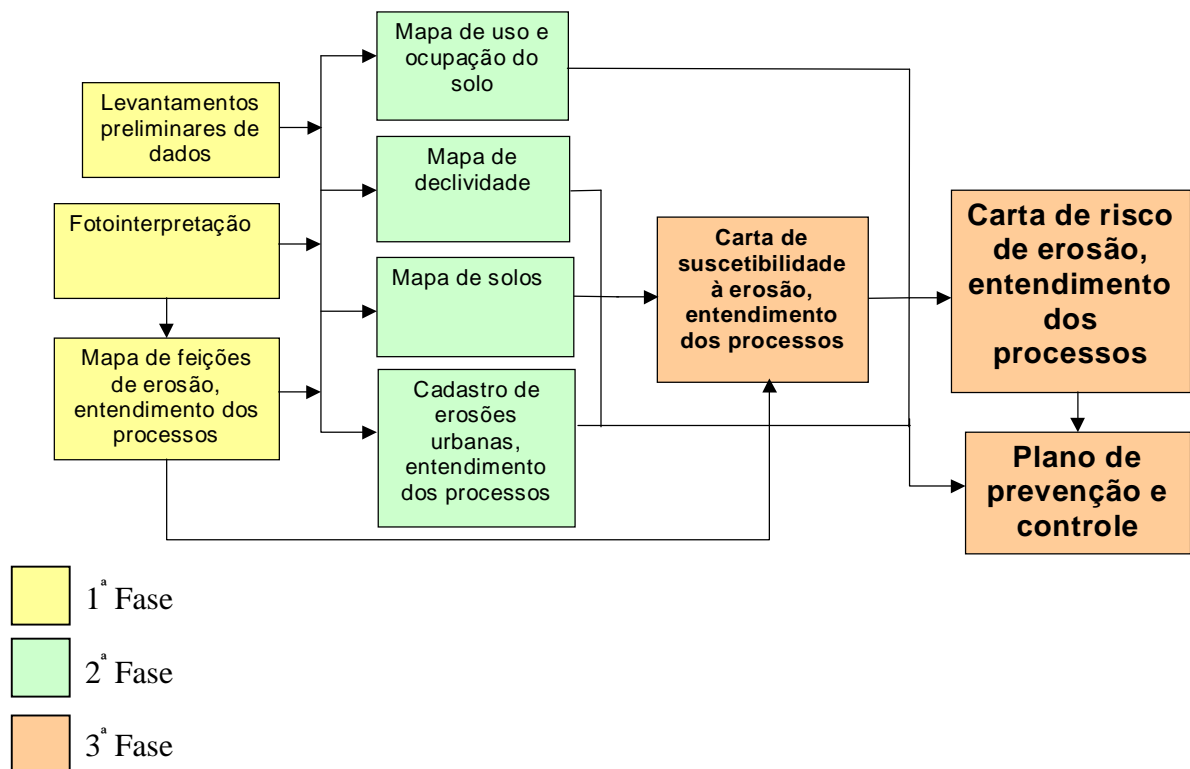


FIGURA 7 - Fases da pesquisa e produtos obtidos.

3.1 Bases Conceituais

As cartas de risco de erosão e de suscetibilidade à erosão, produtos deste estudo, fornecem subsídios para o Plano Diretor Municipal no que diz respeito ao parcelamento do solo urbano, com orientações para o estabelecimento das diretrizes dos projetos de

loteamentos em áreas que ainda não se encontram urbanizadas. No planejamento urbano, podem auxiliar na determinação do zoneamento de uso do solo, na delimitação do perímetro urbano e no direcionamento do vetor preferencial de expansão urbana (IWASA & FENDRICH, 1998). Estas cartas utilizadas em conjunto podem colaborar na definição de leis ambientais municipais, indicando áreas de proteção permanente, áreas de preservação, áreas destinadas a parques e praças públicas e áreas de proteção de mananciais.

A carta de suscetibilidade à erosão é, junto com a carta de risco, a base para a orientação do poder público na escolha e seleção de áreas preferenciais para a instalação de futuros conjuntos habitacionais e loteamentos, principalmente populares já que estes são atualmente os grandes indutores da deflagração de processos erosivos, por se instalarem geralmente em terrenos de menor custo, situados em áreas mais problemáticas sob o ponto de vista geotécnico, além de poder apresentar diretrizes de implantação do sistema viário (SALOMÃO, 1994a).

A principal aplicação da carta de risco de erosão é prevenir a formação da erosão por meio da identificação das áreas prioritárias à realização de investimentos de controle e implantação de infra-estrutura urbana. A carta é base para ações imediatas visando a não deflagração de novos processos erosivos e para a correção onde já houver processos instalados. Pode servir como base ao código de obras dos municípios, através da indicação de soluções normativas de obras de controle de erosões (IWASA & FENDRICH 1998) e de priorização de investimentos de controle. No entanto, por ser gerada a partir da carta de suscetibilidade, a carta de risco também pode conter indicações quanto a áreas para futura expansão, bem como diretrizes de como executá-la.

Nesta pesquisa adotou-se a proposta de ZUQUETTE (1987), quando este autor definiu, como *carta*, todo o produto cartográfico obtido pela interpretação de dados existentes ou produzidos, ou seja, carta de risco ou carta de suscetibilidade e, *mapa*, como todo produto cartográfico que é obtido através da simples coleta de dados, ou seja mapa de solos, mapa de declividade, etc.

3.1.1 Cartas Geotécnicas voltadas à prevenção da erosão

Como instrumentos cartográficos que apresentam as características do meio físico tem-se: cartas geotécnicas (cartas de suscetibilidade e de risco) aplicadas ao planejamento e

gestão de meios urbanos e cartas de capacidade de uso do solo, aplicadas ao planejamento e gestão agrícola.

As cartas geotécnicas, objetos deste estudo, tiveram os seus primeiros trabalhos realizados pelo Serviço Geológico Americano (USGS) em 1902, para a cidade de Nova York. Em 1913, foram apresentadas as primeiras cartas geotécnicas da Alemanha (DINIZ, 1998). A partir daí, teve início a produção de cartas geotécnicas no sentido estrito. O grande desenvolvimento da utilização da carta geotécnica se deu após a Segunda Guerra Mundial, devido à necessidade de reconstrução de cidades no leste europeu. Nas décadas de 60 e 70 várias metodologias foram disseminadas e aplicadas em todo o mundo.

Foram propostas várias metodologias de acordo com a concepção das variáveis envolvidas no problema da modelagem dos fenômenos físicos. As várias propostas metodológicas divergem desde a escala de apresentação, formas de representação, até a forma de coleta de dados, bem como sobre quais dados devem ser utilizados. ZUQUETTE (1987) descreve as mais importantes metodologias empregadas. A variabilidade de metodologias passa pela diversidade de definições propostas e que ZUQUETTE & NAKAZAWA (1998) apresentam sobre cartas geotécnicas (QUADRO 3), provenientes de várias escolas do mundo.

ALBERTO (1998) apresenta um resumo dos conceitos de cartas geotécnicas mais utilizadas no Brasil (QUADRO 4), evidenciando as várias escolas existentes no País e as diferentes aplicações deste produto.

Segundo CERRI (1990), as cartas geotécnicas no Brasil podem ser divididas em quatro grandes grupos:

- **Cartas geotécnicas clássicas**, desenvolvidas a partir de unidades de análise, ensaios de campo e mapas temáticos, resultando em compartimentos geológico-geotécnicos, analisados em conjunto com o uso e ocupação do solo;

- **Cartas de suscetibilidade**, desenvolvidas a partir de um processo geológico que é analisado através de mapas temáticos mais o uso e ocupação do solo enquanto potencializador do processo;

Autor	Definições
VARNES (1974)	Um mapa geotécnico requer, para sua realização, operações físicas de adição, seleção, generalização e transformações de informações especializadas, relativas à litologia, estruturas dos solos e rochas, hidrogeologia, geomorfologia e processos geológicos.
IAEG (1976)	O mapa geotécnico é um tipo de mapa geológico que classifica e representa os componentes do ambiente geológico, os quais são de grande significado para todas as atividades de engenharia, planejamento, construção, exploração e preservação do ambiente
MATULA (1976)	Um bom mapa geotécnico é considerado o modelo mais ilustrativo do ambiente geológico servindo às finalidades de engenharia e outras.
ZUQUETTE (1987)	Um processo que tem por finalidade básica levantar, caracterizar, classificar, avaliar e analisar os atributos que compõem o meio físico, sejam geológicos, hidrogeológicos, hidrológicos e outros. Tais informações deverão ser produzidas de maneira tal que possam ser utilizadas para fins de engenharia, planejamento, agronomia, saneamento, avaliações ambientais e outros. As informações devem ser tratadas através de processos de seleção, generalização, adição e transformação, para que possam ser relacionadas, correlacionadas, interpretadas e, ao final, representadas em mapas, cartas e anexos descritivos, sempre respeitando os princípios básicos que regem a execução do mapeamento geotécnico.

Fonte: ZUQUETTE & NAKAZAWA (1998)

QUADRO 3 – Definições sobre cartas geotécnicas.

- **Cartas de risco**, desenvolvidas através da carta de suscetibilidade mais o uso e ocupação do solo enquanto consequência social e econômica; e

- **Cartas de conflito de uso**, desenvolvidas através do diagnóstico do meio físico com o uso e ocupação atual do solo, analisando-se os problemas de ordem geológico-geotécnica.

Esta definição é adotada por NAKAZAWA et al. (1991) e por BITAR et al. (1992), com ligeiras diferenças em relação à divisão dos grupos e faz parte da evolução da sistemática adotada pelo IPT, que define: cartas geotécnicas dirigidas, cartas geotécnicas convencionais, cartas de suscetibilidade e cartas de risco geológico (QUADRO 5). BITAR et al. (op. cit.) fazem ainda uma análise quanto às escalas de apresentação para os diferentes tipos de cartas geotécnicas produzidas.

Segundo BITAR et al. (1992), nas cartas de risco geológico prepondera a avaliação quanto ao dano à ocupação e são as apresentadas em escalas maiores, sendo realizadas principalmente para os processos de escorregamentos e processos correlatos, nos quais os prejuízos socioeconômicos são diretamente identificáveis. No entanto, para alguns tipos de processos específicos, como a erosão, colapsividade de solos etc., a quantificação do prejuízo

socioeconômico e, conseqüentemente do risco, é mais difícil, pois, tratam-se de processos lentos e de pouca relação com a perda de vidas humanas (CERRI, 1993).

MATULA (1976) VARNES (1974)	Fusão dos termos em apenas uma definição, sendo de forma genérica, cartas e/ou mapas geotécnicos, aqueles documentos cartográficos que melhor apresentam o conjunto de informações geológico-geotécnicas de uma determinada área.
ZUQUETTE (1987)	Mapa geotécnico é a forma de representar os atributos geotécnicos sem realização de análise interpretativa e sempre em escalas inferiores a 1:10.000. Planta geotécnica é a forma de representar os atributos em escala grande (< 1:10.000). Carta geotécnica é a forma de representar os resultados da interpretação dos atributos que estão num mapa.
CERRI (1990)	Tais cartas e mapas englobam a distribuição dos diferentes tipos de rochas e solos, as formas de relevo e a dinâmica dos principais processos atuantes, eventuais alterações decorrentes da implantação das diferentes formas de usos e ocupação, e o reflexo dos processos (naturais e induzidos), nas formas de uso e ocupação.
BITAR et al. (1992)	Cartas geotécnicas são aquelas que representam a expressão prática do conhecimento geológico aplicando à gestão de problemas impostos pelo uso do solo permitindo aos seus usuários prever o desempenho da interação entre a ocupação e o meio físico, bem como os conflitos entre as diversas formas de uso do solo e orientar medidas preventivas e corretivas para reduzir os riscos referentes aos diferentes empreendimentos de uso do solo.
CERRI et al. (1996)	Uma carta geotécnica tem uma inerente interpretação no estabelecimento dos limites espaciais de determinadas características ou atributos do meio físico geológico ante o objetivo do trabalho, independente da escala de representação cartográfica escolhida.

Fonte: ALBERTO (1998), modificado

QUADRO 4 – Conceitos de cartas geotécnicas mais utilizados no Brasil.

Cartas geotécnicas dirigidas	Cartas geotécnicas convencionais	Cartas de suscetibilidade	Cartas de risco geológico
Expõem as limitações e potencialidades dos terrenos, ante a identificação de problemas de natureza geológico geotécnica, estabelecendo alternativas de solução destes problemas e apontando diretrizes para o adensamento e expansão da ocupação ante a uma ou mais formas de uso do solo.	Apresentam a distribuição geográfica das características dos terrenos, a partir de atributos do meio físico e de determinados parâmetros geológico-geotécnicos, muitas vezes sem considerar as interações existentes entre o meio físico e as diferentes formas de uso do solo.	Indicam a potencialidade de ocorrência de processos geológicos naturais e induzidos em áreas de interesse ao uso do solo, expressando a suscetibilidade segundo classes de probabilidade de ocorrência.	Preponderam a avaliação de dano potencial à ocupação expressos segundo diferentes graus de risco, resultantes da conjugação da probabilidade de ocorrência de manifestações geológicas naturais ou induzidas e das conseqüências sociais e econômicas decorrentes.

Fonte: BITAR et al. (1992)

QUADRO 5 – Tipos de cartas geotécnicas produzidas no Brasil

3.1.2 Erosão e Risco Geológico

Este capítulo apresenta os conceitos sobre riscos e suas aplicações para análise dos processos erosivos, não sendo objetivo esgotar a discussão sobre riscos.

Para a definição de riscos geológicos vários autores propuseram terminologias ainda não-consensuais. As palavras *hazard* e *risk* são as mais utilizadas para a definição do termo risco. SOUZA (1996) compara a definição destes termos realizada por VARNES (1974); BUSTAMANTE (1992) e ZUQUETTE (1993), caracterizam a falta de consenso entre as propostas de definição dos termos. A *International Union of Geological Sciences – IUGS*, (1997), propõe uma definição:

Risk – medida da probabilidade e consequência de fenômenos adversos a vida, propriedade e meio ambiente.

Hazard – uma condição potencial para causar uma consequência indesejável.

RAHN (1986) define que um evento natural é apenas uma ocorrência natural, e risco é o perigo potencial para a vida do homem e suas propriedades, sendo um acidente a efetivação de um acontecimento, originando danos. Define também que fenômenos naturais não são risco, pois apenas se tornam riscos por interferência do homem, seja por ignorância ou negligência.

Neste sentido, SHOOK (1997) define risco de desastre como:

Risco de desastre = Possibilidade X Consequência X Plano de controle

Nesta equação, SHOOK (1997) propõe que o plano de controle signifique o grau de organização institucional de manejo de um acidente, quando da deflagração de um evento, neste caso os processos erosivos. Neste sentido, o termo plano de controle pode variar de 0 a 1 e a inexistência de um plano de controle ou a existência de um plano com funcionamento precário fazem com que sejam utilizados na equação valores próximos de 1 e, para um plano muito eficiente, faz com que sejam utilizados na equação valores próximos a 0 (zero).

Segundo BOLT et al. (1975), uma situação de risco geológico só é caracterizada quando as informações geológicas e as circunstâncias socioeconômicas são combinadas. Os mesmos autores propõem índices numéricos aos riscos geológicos associados a diferentes

processos simultaneamente, representando-os em uma única carta de forma que as áreas com determinado tipo de risco estejam individualizadas.

CERRI (1993) define risco como a probabilidade de registro de um acidente. Acidente é um fato ocorrido, em que foram registradas conseqüências sociais e/ou econômicas relacionadas diretamente ao fato, podendo ser classificado em alto, médio e baixo grau, dependendo das suas proporções de ocorrência. Um evento é um fato já ocorrido sem o registro de conseqüências sociais e/ou econômicas causadas por este evento (CERRI, 1993).

Para CERRI (1993), riscos são classificados em três grupos:

- **Riscos naturais**, agrupados em biológicos (fauna e flora) e físicos (atmosféricos, hidrológicos e geológicos). Os riscos geológicos são relacionados à dinâmica interna e externa do planeta, como terremotos, atividades vulcânicas, escorregamentos, erosão e assoreamento, etc.;
- **Riscos sociais** são aqueles relativos ao meio antrópico (socioeconômico), como guerras, assaltos, acidentes de trânsito, etc.; e
- **Riscos tecnológicos**, aqueles associados às atividades modificadoras do meio ambiente e a processos correlatos, opções e concepções técnicas do tipo: acidentes radioativos, vazamento de produtos químicos, etc.

No Brasil as situações de risco geológico associam-se a processos geológicos endógenos (terremotos), e processos geológicos exógenos (escorregamentos e processos correlatos, erosão e assoreamento, subsidências e colapsos em áreas cársticas, solos colapsivos e expansivos), sendo os processos exógenos mais freqüentes e causadores dos maiores desastres.

O risco geológico, como definido por CERRI (1993), é aplicado aos processos de erosão através da definição da possibilidade de deflagração ou avanço do processo erosivo (susceptibilidade - fator constante de cada tipo de terreno, ou nos casos pontuais, o grau de atividade), ante a um tipo de intervenção humana (uso e ocupação atual do solo - fator dinâmico), analisando-se ainda as suas conseqüências ambientais e socioeconômicas.

A definição de risco adotada nesta pesquisa é aquela proposta por CERRI & AMARAL (1998), que definem risco como: a possibilidade de que o fenômeno seja

acompanhado de danos e perdas (acidentes). Pois os riscos geológicos são considerados como uma situação de perigo, perda ou dano, ao homem e suas propriedades, em razão da possibilidade de ocorrência de processo geológico, induzido ou não (CERRI, 1993). Neste sentido, é apresentado na carta de risco de erosão um zoneamento de risco, onde unidades homogêneas são apresentadas conforme a potencialidade à deflagração dos processos e, ainda, são apresentadas as áreas de risco atual.

3.1.3 Suscetibilidade e Risco de Erosão

A erosão, por tratar de processos que não levam a conseqüências tão diretas e óbvias comparando-se, por exemplo, a escorregamentos (morte e destruição), em trabalhos anteriores, na realização de cartas geotécnicas é mais comum a utilização apenas de parâmetros relacionados ao meio físico. Estes trabalhos, em sua maioria, desconsideram as características do uso e ocupação do solo, pois os objetivos são apenas a construção e expansão das cidades e não a gestão urbana.

ALBERTO (1998) apresenta a diferença de definições existentes entre risco e suscetibilidade, através da análise da tipologia de 13 trabalhos de cartas voltadas à prevenção da erosão, em que observa que 23% apresenta análise de riscos atuais, 30%, risco potencial e 47% com a apresentação conjunta entre risco atual e potencial. Quanto às escalas, 30% apresentam escalas entre 1:50.000 e 1:100.000, 25%, entre 1:100.000 e 1:500.000, 15%, entre 1:500.000 e 1:1.000.000 e 30% com escalas menores que 1:1.000.000. Cerca de 70% das cartas apresentam o termo zoneamento e 30% com outras formas de abordagem. Os principais usuários destas cartas não são definidos, sendo apenas uma delas direcionada a técnicos da área e duas a órgãos públicos.

Um exemplo particular de carta, voltada especificamente para a prevenção da erosão, é apresentada por SALOMÃO (1994a), que denomina a carta de suscetibilidade gerada em sua pesquisa, de carta geotécnica de Bauru. SALOMÃO (op. cit.) utilizou, como atributos da carta geotécnica, a diferenciação pedológica com a caracterização do comportamento hidrológico de cada tipo de solo, tipos litológicos, declividade dos terrenos, geomorfologia e o levantamento da ocorrência de feições erosivas. Os compartimentos geotécnicos foram caracterizados pelo comportamento físico-hídrico de unidades morfopedológicas preestabelecidas.

RIDENTE JR. et al. (1995) também não utilizaram os fatores de uso e ocupação do solo e denominaram a carta de suscetibilidade gerada, de carta de risco de Botucatu. Os autores utilizaram a diferenciação litológica associada à declividade do terreno para a definição das unidades homogêneas quanto ao comportamento ante a erosão.

Alguns estudos, voltados à prevenção de erosão, possuem como base metodológica apenas atributos relacionados ao meio físico e hidrológicos, como o potencial de escoamento superficial e caracterização geotécnica dos materiais inconsolidados para a definição da suscetibilidade dos terrenos, como são os casos de GRUBER & RODRIGUES (1995); AGUIAR et al. (1995); NISHIYAMA & ZUQUETTE (1996); GOMES & RODRIGUES (1998); GRECCHI & PEJON (1998); RODRIGUES & PEJON (1998) e ALMEIDA & RODRIGUES (1998). Estes autores, por vezes, chamam as cartas geradas de potencial à formação de erosões, potencial a risco de erosão ou suscetibilidade. Esta definição também é adotada por PEJON & ZUQUETTE (1995), quando apresentam a importância no estabelecimento de cartas de potencial ao escoamento superficial para a definição do potencial a risco de erosão acelerada, ou seja, suscetibilidade natural.

Nesta pesquisa, entende-se por suscetibilidade o conjunto de fatores naturais do terreno que determinam a potencialidade de deflagrar os processos, associados à análise dos processos instalados (fator antrópico). A sistemática utilizada para a definição de suscetibilidade é a apresentada por CERRI (1990), para as cartas geotécnicas do tipo cartas de suscetibilidade. Esta proposta metodológica também é apresentada por ZUQUETTE & NAKAZAWA (1998) e DINIZ (1998).

A carta de suscetibilidade à erosão é resultado do estudo da tipologia e da distribuição dos processos erosivos que ocorrem na área, que posteriormente foram analisados em conjunto com os fatores do meio físico que condicionam a ocorrência destes processos (tipos de solo e declividade do terreno), ou seja, o comportamento geotécnico (SALOMÃO, 1994a).

A suscetibilidade induzida, definida por BITAR et al. (1992), também pode ser considerada como risco potencial como proposto por CERRI & AMARAL (1998), pois o fator uso e ocupação do solo aparece como potencializador da deflagração de novos processos erosivos associados à suscetibilidade. Em alguns trabalhos, os autores utilizaram essa definição em suas cartas, ou seja, cartas de risco potencial, como é o caso de RIDENTE JR. et al. (1998b), CANIL et al. (1998a) e CANIL et al. (1998b).

CERRI (1993) define, ainda, que risco potencial é relacionado a áreas ainda não ocupadas. Nesta pesquisa, adota-se o termo risco potencial para áreas que, devido às análises do meio físico e do uso e ocupação do solo, apresentam diferentes potencialidades de deflagração dos processos erosivos.

Nesta pesquisa, devido à utilização da análise entre meio físico e uso e ocupação do solo, segundo CERRI & AMARAL (1998), a carta de risco poderia ser denominada de carta de risco potencial. No entanto, devido à identificação e análise de áreas de risco atual, adotou-se a denominação de carta de risco.

Alguns trabalhos abordam a erosão como risco atual, mas estão geralmente associados a áreas costeiras, como CASTRO & ALHEIROS (1994), CASTRO et al. (1992), e MARÇAL (1996), que tratam de processos pontuais e realizam análise de risco de acidentes em moradias localizadas próximas aos taludes das feições de erosão.

Para CERRI (1993), risco atual é definido para áreas já ocupadas. Nesta pesquisa adota-se, para os processos de erosão, que risco atual ou instalado é aquele em que o processo de erosão já ocorre.

A carta de risco de erosão produzida nesta pesquisa é um produto aplicado ao problema da erosão em meios urbanos (NAKAZAWA et al., 1991), que é dinâmico e pode ser modificado de acordo com as novas condições de uso do solo e deflagração de novos processos e, portanto, pode ser representada de forma simplificada, pela expressão:

Carta de risco de erosão =

= [(susceptibilidade x uso do solo) + processos atuais] X análise conseqüências

A carta de risco de erosão é um tipo de carta geotécnica (CERRI, 1990; BITAR et al., 1992) que apresenta a síntese da análise integrada entre susceptibilidade à erosão e o uso e ocupação atual do terreno, perante a formação de novos processos erosivos e o avanço daqueles já instalados.

3.1.4 Prevenção e controle

Segundo CARVALHO & PRANDINI (1998), todos os efeitos da urbanização sobre as características do meio físico são previsíveis com a aplicação dos recursos da Geologia.

Segundo os autores, as cidades acabam por acarretar alterações no meio físico, para as quais a Geologia de Engenharia, através do entendimento de processos e suas relações com o meio físico em gradientes espaço-temporais, pode dispor de ferramentas capazes de melhorar a qualidade ambiental.

Com este fundamento apresentado por CARVALHO & PRANDINI (1998) e, baseado na proposta de CERRI (1993), que elaborou um plano de prevenção de acidentes para processos de movimentos gravitacionais de massa (escorregamentos), é que foram propostas as ações para o plano de prevenção e controle de erosão para as bacias dos córregos do Limoeiro e do Cedro.

O plano proposto por CERRI (1993) fundamenta-se em três objetivos para a prevenção dos acidentes (QUADRO 6).

OBJETIVO ESPECÍFICO	MEDIDA DE PREVENÇÃO	AÇÃO TÉCNICA
Eliminar e/ou reduzir riscos já instalados	Recuperação das áreas de risco	Retirada da ocupação ou, perenização da ocupação (quando possível), por meio de projetos de reurbanização e da implantação de obras de engenharia
Evitar a instalação de novas áreas de risco	Controle da expansão e do adensamento da ocupação	Estabelecimento de diretrizes técnicas que permitam adequada ocupação do solo, por meio da elaboração de cartas geotécnicas
Conviver com riscos atuais	Remoção temporária da população das áreas de risco iminente	Elaboração e operação de planos preventivos de Defesa Civil, visando a reduzir a possibilidade de perda de vidas humanas

QUADRO 6 – Objetivos, medidas e ações de plano preventivo de acidentes para movimentos gravitacionais de massa (CERRI, 1993).

Segundo a proposta de CERRI (1993) e como a carta de risco de erosão apresenta unidades de risco potencial e áreas de risco atual, as medidas e ações podem ser consideradas para áreas de risco atual ou instalados, eliminar ou reduzir e conviver com riscos e, para as unidades de risco potencial, evitar a instalação de novas áreas de risco.

Para processos de erosão, considerando as condições de uso e ocupação da área de estudo, pode-se analisar as seguintes condições de risco instalado:

- Nas áreas de risco instalado, a convivência com o risco seria viável. Porém, estando os processos erosivos em atividade, os impactos ambientais continuam a ser gerados e

os perigos de acidente nas proximidades da erosão se mantêm, independentemente da velocidade de avanço dos processos condicionada à ocorrência de precipitação de chuva. Portanto, entende-se que a convivência com o risco deve ser considerada, somente se obras “paliativas” de estabilização do processo forem realizadas como: desvio do escoamento superficial, construção de diques de terra em cachimbo, etc. A convivência com o risco se completa através do acompanhamento de índices pluviométricos e retirada da população das moradias mais próximas dos taludes, em caso de chuvas mais intensas; e

- Com relação à eliminação do risco nas áreas de risco instalado, tem-se de considerar que os processos de erosão estão ativos e a retirada da ocupação das proximidades elimina o risco de acidente socioeconômico, porém não o risco ambiental. A realização de obras de estabilização (redução do risco através de medidas estruturais) elimina o risco por completo, pois, além de estabilizar o processo erosivo, também elimina a possibilidade de impacto ambiental.

Para as áreas de risco potencial, pode-se analisar que:

- Evitar o risco significa, para as áreas urbanas, a implantação de obras que reduzam o risco, como: sistema de drenagem, asfalto das ruas, calçadas, etc. Nas áreas rurais, a redução do risco é garantida por adoção de práticas de conservação de solo.

Por fim, considera-se que evitar a instalação de novas áreas de risco, através do controle da expansão e do adensamento da ocupação urbana, é a melhor forma de enfrentamento do problema (IWASA & FENDRICH, 1998) para os processos de erosão. Esta ação está contemplada na aplicação das cartas de suscetibilidade e risco de erosão, através das recomendações realizadas.

4. PROCEDIMENTOS E TRABALHOS REALIZADOS

Os estudos visando ao plano de prevenção e controle da erosão para as bacias dos córregos do Cedro e Limoeiro, envolveram várias atividades que resultaram em produtos intermediários. Como já visto no capítulo anterior, esta pesquisa pode ser dividida em três fases principais, cujas atividades serão descritas detalhadamente a seguir:

1ª FASE – COLETA DE DADOS

Constam desta primeira fase:

- Levantamento de dados básicos sobre o município (geologia, geomorfologia, pedologia, hidrologia, uso e ocupação do solo, etc.);
- Confeção e digitalização de base topográfica, em escala 1:25.000, com curvas de nível em intervalo de 10 m, drenagem, malha viária urbana, estradas, ferrovia, etc.;
- Fotointerpretação para a identificação de feições de erosão com fotografias aéreas de 1995, 1978 e 1972, em escala 1:25.000, para análise da ocorrência da erosão;
- Fotointerpretação de formas do relevo, como base para o levantamento de solos; e
- Diagnóstico em campo dos processos erosivos (área urbana e periurbana, áreas rurais e estradas vicinais).

2ª FASE – INTERPRETAÇÃO DE DADOS E INVESTIGAÇÃO DIRIGIDA

Na segunda fase, têm-se:

- Elaboração do mapa de declividade dos terrenos;
- Levantamento pedológico em escala 1:25.000;
- Levantamento de uso e ocupação do solo; e
- Cadastro das erosões urbanas.

3ª FASE – ANÁLISE E CONCLUSÃO

Na terceira fase, têm-se:

- Análise conjunta de dados do meio físico para a confecção da carta de suscetibilidade à erosão, em escala 1:25.000;
- Análise conjunta de dados de suscetibilidade à erosão e uso e ocupação do solo, além da análise dos processos instalados para o zoneamento de risco e confecção da carta de risco de erosão, em escala 1:25.000; e
- Plano de prevenção e controle das erosões.

4.1 Levantamento de dados primários

Para início dos estudos, foi realizado levantamento bibliográfico de dados primários sobre a área de estudo, como geologia, geomorfologia, pedologia, geotecnia, hidrologia, clima e erosão.

O levantamento de dados do meio físico e de dados sobre clima e hidrologia teve por finalidade subsidiar a elaboração do mapa de suscetibilidade à erosão. Dentre estes, destacam-se os trabalhos de FERNANDES (1998) sobre geologia regional; GODOY (1989), geotecnia do município de Presidente Prudente, CARVALHO (1997), pedologia da bacia do rio Santo Anastácio; IPT (1992), IPT (1993), IPT (1994a, b, c), CANIL & IWASA (1993), CANIL et al. (1998b) e RIDENTE JR. et al. (1998b), controle de erosão na bacia do rio Santo Anastácio e nas bacias dos córregos do Limoeiro e Cedro; e NIMER (1977), clima da região.

Quanto aos dados relativos ao uso e ocupação do solo, destacam-se alguns trabalhos que dão ênfase à questão da história de ocupação da cidade de Presidente Prudente e da região, a saber FAU (1960), SÃO PAULO EM EXAME (1990) e SEADE (1997).

Os conceitos sobre processos erosivos e seus impactos foram levantados de quatro trabalhos principais, BIGARELLA & MAZUCHOWSKI (1985), RODRIGUES (1982), SALOMÃO (1994a) e OLIVEIRA (1994).

Foram também consultados artigos, teses e dissertações sobre métodos cartográficos de prevenção da erosão. Dentre estes, destacam-se os produzidos pela Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP, que propõem cartas de suscetibilidade com base em parâmetros geotécnicos dos solos e dados de hidrologia como PEJON & ZUQUETTE (1995). Em relação à sistemática adotada pelo IPT para a elaboração de cartas de suscetibilidade, foram estudados os trabalhos de CERRI (1990), SALOMÃO (1994a), IWASA & FENDRICH (1998), entre outros.

Sobre os conceitos de tipos de cartas geotécnicas e da relação do processo erosivo com risco geológico, destacam-se os trabalhos de BITAR et al. (1992), CERRI (1990, 1993), ZUQUETTE (1987), ZUQUETTE & NAKAZAWA (1998) e DINIZ (1998).

4.2 Base cartográfica

Para a confecção dos produtos cartográficos, foi necessária a elaboração de uma base planialtimétrica da área de estudo. Foram utilizadas bases cartográficas cedidas pela Prefeitura Municipal de Presidente Prudente, confeccionadas em 1996 pela BASE Aerofotogrametria S.A., na escala 1:10.000, com curvas de nível com intervalo de 10 metros e informações de drenagem (rios, córregos e lagos), traçado viário urbano, estradas, caminhos, etc. Foi realizada a digitalização da base planialtimétrica utilizando-se do *software* Autocad 14, apresentada na escala 1:25.000 nos desenhos.

4.3 Mapas de feições erosivas (1972, 1978 e 1995)

O levantamento das feições de erosão (ANEXO II – DESENHO 1), foi realizado por meio de fotografias aéreas de três datas diferentes, 1972 na escala 1:25.000 (sobrevôo do Instituto Brasileiro do Café – IBC), 1978 na escala 1:35.000 (Instituto Geográfico Cartográfico – IGC) e 1995 na escala 1:25.000 (Presidente Prudente – BASE), para análise evolutiva dos processos erosivos e utilização da distribuição espacial das feições na definição do mapa de suscetibilidade. A fotointerpretação de feições erosivas de 1995 também colaborou na definição do zoneamento de risco, pois apresenta a atualização do uso do solo. Também foram observadas fotografias aéreas de 1962 na escala 1:25.000 (Instituto Geográfico Cartográfico – IGC), não de maneira sistemática como as das outras datas, mas apenas como comparação da situação da erosão em relação ao levantamento de 1972.

Utilizando-se de estereoscópio de espelho, foram fotointerpretadas, para as três datas, as feições erosivas do tipo boçorocas, ravinas, áreas de concentração de feições erosivas de pequeno porte e solapamento de margens fluviais. Os depósitos de assoreamento foram mapeados apenas nas fotografias de 1995 (FIGURA 8), pois este levantamento traduz a situação atual de impacto dos recursos hídricos, não sendo objetivo deste estudo a análise da evolução destes depósitos.

As estradas vicinais de terra que apresentavam erosão expressivas (estradas de terra encaixadas) foram consideradas, com base na análise das fotos de 1995 e levantamento de campo, como feições com comportamento semelhante às ravinas.

A fotointerpretação de 1995 foi complementada com trabalho de campo, que contribuiu para a localização de algumas áreas com solapamento de margens fluviais e também de erosões em estradas vicinais de terra.

Foi realizada uma análise da distribuição de processos por bacia hidrográfica, tendo sido calculado o Índice de Concentração de Erosão – ICE, por meio da divisão do número de erosões pela área (DAEE 1990). Nesta análise os processos de boçoroca, ravina (e estradas de terra encaixadas), solapamento de margens fluviais e área de concentração de feições erosivas de pequeno porte foram considerados com o mesmo peso. A atribuição de pesos similares para processos diferentes, pode ser utilizada, já que nesta etapa da pesquisa a análise se restringe a densidade de feições erosivas.

Com base em proposta de MURATORI (1984) apud PONÇANO & PRANDINI (1987), para a definição da suscetibilidade, foi realizada a associação do número de feições de erosão aos tipos de solo e declividade do terreno.

4.4 Mapa de declividade dos terrenos

Na elaboração do mapa de declividade dos terrenos (ANEXO II – DESENHO 2), foi utilizada a base cartográfica na escala 1:25.000, com curvas de nível com intervalo de 10 metros. O mapa de declividade foi realizado por meio de ábaco manual (DE BIASI, 1970; COTAS, 1983). Os intervalos de declividade dos terrenos utilizados foram de 0 a 6%, 6% a 12%, 12% a 20% e >20%, definidos segundo critérios aferidos em trabalhos anteriores que se basearam no comportamento de processos erosivos, como IPT (1994a), SALOMÃO (1994a) e RIDENTE JR. et al. (1995).

Após a confecção do mapa de declividade dos terrenos utilizando-se do ábaco manual, foi realizado ajuste nos limites através de interpretação de fotografias aéreas escala 1:25.000 (1972) para a definição da declividade nos topos do relevo e fundos de vale. Ainda com base na fotointerpretação, foi realizada a homogeneização das classes de declividade para evitar a ocorrência de áreas extremamente pequenas ante a escala de trabalho. O mapa de declividade é apresentado na escala 1:25.000, com os ajustes citados.

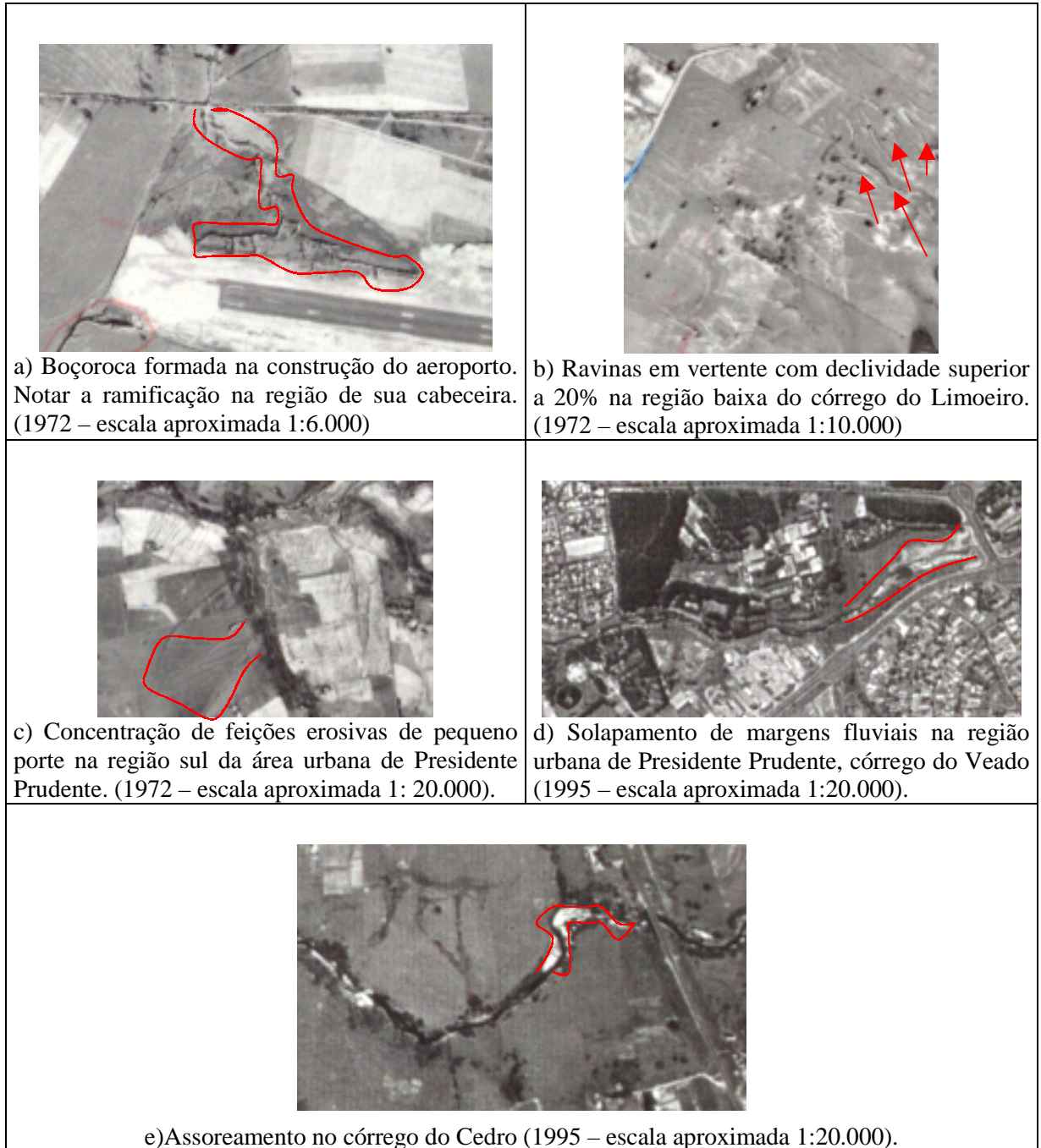


FIGURA 8 – Feições erosivas fotointerpretadas

4.5 Levantamento de solos

Como base para o levantamento de solos, foi realizada a fotointerpretação de formas homogêneas do relevo por meio de fotografias aéreas na escala 1:25.000, de 1972, do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo – IGC. Este levantamento definiu unidades que possuem comportamento homogêneo quanto à morfologia, rugosidade, cor, densidade de drenagem, etc., visando à separação preliminar das unidades morfopedológicas como proposto por TRICART & KILLIAN (1979). A fotointerpretação foi determinante para a

definição das grandes unidades de relevo como subsídio à coleta de dados em campo, além da delimitação dos solos hidromórficos nos fundos de vale e talvegues de drenagem.

Após esta etapa, foram compilados os dados dos mapeamentos de CARVALHO (1997) e IPT (1994a), para a caracterização dos tipos de solos existentes na área de estudo e planejamento da coleta de dados em campo. Os dados de CARVALHO (1997) foram também utilizados no fechamento do mapa de associação de solos, pois os pontos de coleta de dados estão localizados em mapa e apresentam dados detalhados dos perfis de solo descritos e, também, os resultados das análises realizadas.

A campanha de campo baseou-se na descrição de perfis de solos em cortes e taludes e sondagens a trado. Foram definidas algumas seqüências típicas das unidades de solo (SALOMÃO, 1994a), com a caracterização de diferentes horizontes através da descrição da textura, cor e profundidade. Nesta campanha foram coletadas amostras de diferentes horizontes de solo em 13 perfis descritos, para análise em laboratório.

Foram descritos 55 pontos em campo e realizadas 30 análises de laboratório com amostras de diferentes horizontes em treze destes pontos. Os pontos com coleta de amostras foram selecionados por dois critérios: serem perfis típicos dos solos descritos ou por estarem em locais onde havia dúvida sobre a classificação dos solos. As análises de laboratório foram realizadas apenas para a caracterização da textura das amostras coletadas, visando à classificação pedológica mais precisa de cada perfil. A composição granulométrica das amostras foi obtida de acordo com o método de análise de solos da EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA (1989), através de dispersão em água com NaOH, agitação de alta rotação, sedimentação, sendo a argila determinada pelo método do densímetro no sobrenadante, a areia determinada por peneiramento e o silte calculado pela diferença.

Nesta pesquisa, não foram realizados ou utilizados dados de ensaios químicos, como é comum em levantamentos pedológicos clássicos, pois entende-se que estes não são necessários para a caracterização geotécnica dos solos.

Foram utilizados, ainda, dados geotécnicos de solos levantados por GODOY (1989), que realizou ensaios de granulometria, limites de Atterberg e Proctor, para amostras coletadas em diferentes solos da área (solos coluviais, solos residuais, podzólicos em interflúvios, podzólicos em terraços, solos aluvionares e solos litólicos). O autor citado não indica a

localização dos pontos de amostragem e, portanto, os dados apresentados serviram apenas para a caracterização geral, não tendo sido utilizados para a definição das unidades de solo.

4.6 Levantamento do uso atual do solo

O mapa de uso e ocupação foi confeccionado por meio de fotointerpretação, utilizando-se de fotografias aéreas de 1995, escala 1:25.000, complementadas por fotografias na escala 1:25.000 (levantamento da TERRAFOTO – IGC, de 1978), onde através da diferenciação de cor, textura e rugosidade das fotos, além da análise de campo, foram definidas as classes de uso e ocupação do solo (ALMEIDA & FREITAS, 1996). As informações foram transcritas para os mapas topográficos (base cartográfica da área de estudo) na escala 1:25.000, checadas e atualizadas com levantamento de campo. As categorias de uso e ocupação do solo (QUADRO 7) foram estabelecidas de acordo com o objetivo do trabalho, que diz respeito à identificação de risco de erosão e seus impactos nos recursos hídricos e a proposição de medidas de mitigação e prevenção deste processo.

Categoria	Subdivisão
Cobertura vegetal natural	Cerradão, mata ciliar e vegetação de depósito de assoreamento.
Culturas	Reflorestamento, culturas perenes e temporárias, cana-de-açúcar, pastagens e chácaras.
Ocupação urbana	Consolidada, em consolidação, parcelada, loteamentos projetados e indústrias.
Infra-estrutura	Equipamentos urbanos/áreas institucionais, equipamentos de lazer, aeroporto, cemitério e disposição de resíduos.
Movimento de terra	Operações de corte e/ou aterro para realização de uma obra.
Solo exposto	Área sem cobertura, com exposição de solo em lotes ou no sistema viário.

QUADRO 7 - Categorias de uso e ocupação do solo.

Experimentos realizados por CARVALHO e TROPPIAIR (1997), em área de Latossolo Vermelho-Escuro, a uma declividade de 10%, coberta por seringueiras, cana-de-açúcar, pastagem e solo nu, visando à identificação da atuação da proteção da vegetação em relação aos processos erosivos, apresentaram os seguintes resultados: o solo sem nenhuma proteção mostrou maior porcentagem de erosão superficial, seguido pelas áreas com seringueira, cana-de-açúcar e pastagem. Isto se deve principalmente à estrutura da cobertura com maior ou menor recobrimento do solo.

Trabalhos como o de CARVALHO e TROPMAIR (1997) possibilitam evidenciar que as diferentes formas de uso e ocupação imprimem modificações no meio, que podem desencadear diferentes problemas ambientais, como os que ocorrem nas bacias dos córregos do Limoeiro e do Cedro. A seguir, são apresentadas algumas formas de uso e ocupação e os principais problemas que podem ocasionar (QUADRO 8).

Após o levantamento das classes de uso e ocupação do solo, estas foram reagrupadas em quatro unidades conforme suas potencialidades de formação de processos erosivos (QUADRO 9). São chamadas de unidades de indução aos processos erosivos e foram classificadas em baixo, médio, alto e muito alto potencial de formação de processos erosivos.

4.7 Levantamento das erosões urbanas

A caracterização dos processos erosivos lineares das áreas urbanas pertencentes às bacias dos córregos do Cedro e do Limoeiro foi realizada por meio de cadastramento sistemático, em campo, das erosões fotointerpretadas e indicadas pelas prefeituras municipais, utilizando-se de ficha de cadastro adaptada de OLIVEIRA et al. (1990). A ficha proposta por OLIVEIRA et al. (op. cit.) visa apenas a caracterizar os condicionantes da deflagração das erosões, a dinâmica dos processos, o nível de criticidade, e a tipologia; correlacionando-os à ocupação atual do solo e ao meio físico. A ficha de cadastro adaptada (FIGURA 9) utiliza, além dessas, outras informações voltadas à concepção de obras de controle (hidrologia e geotecnia).

A concepção das obras de controle das erosões proporcionou um ensaio quanto ao estabelecimento de uma estimativa de custo para cada obra. Utilizaram-se, para este levantamento preliminar de estimativa de custo das obras de controle das erosões cadastradas, proposições de obras de drenagem, movimento de terra e revegetação das áreas, conforme apresentado em RIDENTE JR. et al. (1998b). Estes autores realizaram levantamento que envolveu uma análise do sistema de drenagem instalado no local, sendo proposta a complementação ou implantação de novo sistema. A abordagem geotécnica foi baseada em análise da estabilidade dos taludes laterais (necessidade de corte e aterro), análise de surgências d'água (necessidade de instalação de drenos), além da análise do processo como um todo. Para a proposta de revegetação, foi recomendado o plantio de gramíneas em placa nos locais de movimentação de terra e de algumas espécies arbóreas em locais determinados, para evitar o escoamento d'água superficial concentrado. Os custos foram baseados nos

índices de preço da Secretaria de Obras da Prefeitura Municipal de São Paulo (tabela de outubro de 1997). A definição destes custos foi posteriormente utilizada no plano de prevenção e controle das erosões.

Categorias de Uso	Processos/Problemas
Cobertura vegetal natural	O desmatamento dessas áreas pode ocasionar erosão e com conseqüências em áreas adjacentes (assoreamento).
Culturas	Há que se considerar como fatores importantes o manejo, uso excessivo de fertilizantes e pesticidas nessas áreas, como contribuintes para perda de fertilidade do solo, erosão, e poluição dos recursos hídricos. Além da possibilidade de ocorrência de processos erosivos naquelas áreas de maior declividade, onde a densidade de pastagem é elevada.
Ocupação urbana	Nessas áreas podem ocorrer diferentes tipos de processos/problemas, tais como, alagamento e inundação nas áreas consolidadas (escoamento superficial mais rápido, concentração das águas e estrangulamento de sistemas de drenagens); nas áreas em consolidação, erosão na fase de instalação de loteamentos, pela exposição do solo, assoreamento das drenagens devido ao lançamento de resíduos urbanos (lixo, entulho etc.), inundação/enchente , além de problemas de saneamento ; nas áreas parceladas os problemas ocorrentes podem ser os mesmos citados anteriormente, porém mais intensos. Há que se considerar também, nesta categoria, as indústrias, em seus diferentes tipos e fases, que podem ocasionar poluição sob diversas formas (solo, hídrica, atmosférica).
Infra-estrutura	A disposição de resíduos executada sem critérios técnicos e normas específicas pode gerar degradação do solo/água, erosão e problemas sanitários; nos aeroportos podem ocorrer problemas de recalque e erosão; e no sistema viário, diversos processos, como erosão, recalque etc.
Movimento de terra	Essas áreas em muito contribuem para processos de erosão e assoreamento.

Fonte: ALMEIDA & FREITAS (1996) (modificado)

QUADRO 8 - Categorias de uso e ocupação do solo e principais processos decorrentes.

Indução aos Processos Erosivos	Tipos de uso e ocupação do solo (rural/urbano)
Baixo	Cerradão, mata ciliar, vegetação de depósito de assoreamento.
Médio	Cultura perene, reflorestamento, cana-de-açúcar, chácaras, pastagem, área urbana consolidada (inclui equipamentos urbanos).
Alto	Cultura temporária, solo exposto.
Muito Alto	Área urbana em consolidação, área parcelada, movimento de terra, loteamento projetado.

QUADRO 9 - Indução de processos erosivos diante das formas de uso e ocupação do solo.

Todos os dados referentes às fichas de cadastro das erosões foram lançados num banco de dados que se encontra no cd-rom - ANEXO III, junto com as tabelas de custo de controle de cada uma delas, com os croquis dos processos e obras concebidas.

4.8 Elaboração da carta de suscetibilidade à erosão

Para a confecção da carta de suscetibilidade à erosão foram realizados o cruzamento cartográfico e a análise conjunta dos dados da fotointerpretação para identificação de feições erosivas (mapas de feições, 1972, 1978, 1995), com os dados pedológicos (mapa de solos) e com os dados de declividade do terreno (SALOMÃO, 1994a; RIDENTE JR. et al., 1995).

O cruzamento cartográfico entre o mapa de solos e o mapa de declividade foi definido através da utilização de uma matriz de cruzamento (QUADRO 10), obtendo-se cinco unidades de suscetibilidade natural, dado que foram utilizados apenas parâmetros do meio físico.

Solos	Hidromórficos	Areia Quartzosa	Latossolo	Podzólico	Litólicos e Cambissolos
Declividade					
0-6%	1	2	2	2	3
6-12%	2	3	3	3	4
12-20%	3	4	4	4	5
>20%	-	-	-	5	5

QUADRO 10 – Matriz de cruzamento entre solo e declividade para a definição de unidades de suscetibilidade natural.

FICHA DE CADASTRO DE EROSÕES, EXEMPLO			
<i>Controle de erosão urbana: bacias dos córregos do Limeiro e do Cedro</i>			
1. Identificação e localização da erosão			
Nome	Bairro/distrito município de Álvares Machado		
Acesso			
R. Marcílio Dias/travessa Marcílio Dias			
2 Dados regionais			
Bacia hidrográfica	Geomorfologia		
Córrego do Limeiro/rio Santo Anastácio	Colinas médias (cabecera de drenagem)		
Geologia	Pedologia		
Formação Adamantina (arenitos)	Podzólico Vermelho-Amarelo		
3. Dados geométricos da erosão			
Comprimento (m)	Profundidade média (m)	Largura (m)	Volume(1000m ³)
100	3	8	2,4
4. Características da área de contribuição			
Comprimento do talvegue (km)	0,67	Comprimento do talvegue na cabecera(km)	0,25
Tempo de concentração de chuva – fórmula de “Picking”(min.)	10,94	Tempo de concentração de chuva (cabecera) – fórmula de “Picking”(min.)	5,71
Intensidade da chuva em mm/min.	1,76	Intensidade da Chuva (cabecera) mm/min.	1,99
Área de bacia em (ha)	22,98	Área da cabecera em (ha)	11,4 ⁷
Vazão da bacia em chuva de pico (m ³ /s)	4,71 ⁵	Vazão na cabecera em chuva de pico	2,66
Declividade média na bacia (%)	5		
Coefficiente de escoamento superficial	0,7		
5. Interação da erosão com a área urbana			
Área de montante com urbanização de cerca de 50%. Na cabecera, a rua Marcílio Dias é asfaltada e dotada de sistema de drenagem apenas no trecho da cabecera da erosão, mas mesmo este trecho, em períodos de chuvas mais fortes, fica inundado. Observa-se rua de terra (travessa) na lateral direita, e pasto e arbustos na lateral esquerda .			
6. Identificação da ficha			
Referências	Coord. EO	Criticidade	Desenho 01
Fotointerpretação	451300	alta	Folha topográfica
Equipe	Data	Coord. NS	Presidente Prudente
Ridente/Aluízio	14/10/97	7558100	

7. Dinâmica – fenomenologia	Erosão antiga formada provavelmente pela urbanização devido à concentração de água em sua cabecera, que recebe toda a drenagem da rua Marcílio Dias e da travessa Marcílio Dias. Hoje, a erosão apresenta atividade remontante nas saídas dos tubos dos dois sistemas de drenagem, bem como na lateral direita onde existem surgências d'água .
8. Medidas de combate – desempenho	Foi implantado sistema de drenagem constituído de três bocas de lobo na R. Marcílio Dias com Aré implandado sistema de drenagem constituído de dois tubos de 0,80 m e um tubo de 1,0 m. Estes tubos lançam a água em dissipador parcialmente destruído por solapamento. Também na travessa Marcílio Dias existe um sistema de drenagem com uma boca de lobo e tubo de 1,0 m que lança águas pluviais e servidas (oficina e funilaria) ao lado de moradia (distância de 2,0 m). Este ponto também apresenta erosão remontante que coloca a moradia em risco de destruição. O morador tem lançado entulho como medida de contenção do processo erosivo. Neste ponto está sendo lançado esgoto e lixo de oficina e funilaria.
9. Previsões de evolução e nível de criticidade	Na cabecera, a erosão remontante nas tubulações e o solapamento na rampa de dissipação podem vir a destruir todo o sistema de drenagem e atingir a rua Marcílio Dias. A situação é de maior risco na tubulação proveniente da travessa Marcílio Dias, pois a moradia pode vir a ser destruída.
10. Recomendações	A criticidade da erosão impõe a adoção das seguintes medidas: - É necessária a complementação do sistema de drenagem atual, através da instalação de bocas de lobo nas porções mais altas da rua Marcílio Dias, para que seja evitado, pelo alargamento da rua, escoamento superficial intenso no trecho da cabecera de drenagem. - Para a estabilização da cabecera e do ramo lateral, que coloca a moradia em risco, é necessária a construção de caixa de recepção próximo à cabecera, e condução do sistema até cerca de 100 m a jusante, com saída em dissipador adequado. Instalação de dreno profundo para captação das surgências d'água e condução até o dissipador. Também é necessário aterro da porção em que for realizada obra de extensão da drenagem com revegetação imediata da área. - Nas áreas laterais, onde existem terrenos com pastagens, recomenda-se terraços com base de cerca de 2,0 m, altura de cerca de 0,70 m, com pequeno desnível (entre 0,5% e 1%), propiciando um escoamento lento com maior retenção e infiltração das águas pluviais. Na saída dos terraços, recomenda-se o plantio de touceiras de bambu, para a dissipação de energia.

FIGURA 9 – Exemplo da ficha de cadastro utilizada

Posteriormente, para a definição das unidades de suscetibilidade natural e antrópica, foram incorporados os dados de feições de erosão fotointerpretadas (deflagradas por ação antrópica). Tal procedimento resultou nas cinco unidades de suscetibilidade natural e induzida da carta de suscetibilidade, numeradas de 1 a 5.

As unidades de suscetibilidade à erosão foram analisadas e caracterizadas para os vários tipos de processos de erosão: erosão laminar, sulcos e calhas, ravinas, boçorocas, e solapamento de margens fluviais. A suscetibilidade para cada um dos processos foi classificada em muito alta, alta, média, baixa e muito baixa (QUADRO 11).

Estas unidades apresentam diferentes comportamentos perante os diferentes processos de erosão em análise e, posteriormente, foram utilizadas na elaboração da carta de risco de erosão.

Processos Unidades	Erosão Laminar	Erosão linear de pequeno porte	Erosão linear de grande porte	Solapamento de margem fluvial
1	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Alta
2	Média	Baixa	Baixa	Muito baixa
3	Alta	Alta	Média	Média
4	Muito Alta	Muito Alta	Alta	Alta
5	Muito Alta	Muito Alta	Muito Alta	Muito Alta

QUADRO 11 – Legenda da carta de suscetibilidade à erosão.

4.9 Elaboração da carta de risco de erosão

Os fenômenos associados à formação de processos erosivos lineares profundos são comandados por dois conjuntos de fatores ou condicionantes principais, os naturais e os antrópicos (ALMEIDA & FREITAS, 1996, RIDENTE et al., 1998a; CANIL et al., 1998a e 1998b). A análise conjunta entre suscetibilidade, uso e ocupação do solo e dos processos erosivos instalados é que gerou a carta de risco de erosão. Esta carta objetiva apresentar um quadro atual da dinâmica dos processos, indicando as áreas com maior potencial de deflagração de processos e, conseqüentemente, as áreas que devem ser priorizadas para o controle.

Neste sentido, a definição das unidades do zoneamento de risco de erosão e confecção da carta de risco de erosão foram realizadas pelo cruzamento cartográfico e análise conjunta entre a carta de suscetibilidade à erosão e o mapa de uso e ocupação atual do solo (CERRI,

1990; AUGUSTO FILHO, 1994; CERRI & AMARAL, 1998). Esta sistemática adotada é que definiu as unidades de risco potencial.

Para a definição das unidades de risco potencial, foi confeccionada uma matriz para possibilitar o cruzamento cartográfico entre a carta de suscetibilidade à erosão e o mapa de uso e ocupação atual do solo (QUADRO 12). Essa matriz levou à definição de cinco unidades de risco de erosão.

As unidades de risco de erosão foram analisadas e caracterizadas para os vários tipos de processos de erosão em análise: erosão laminar, sulco e calha, ravina, boçoroca e solapamento de margens fluviais. Para cada unidade, o risco dos processos erosivos foi classificado em muito alto, alto, médio, baixo e muito baixo.

Para as situações de risco atual (ou instalado), foi definida uma outra unidade de risco, que corresponde às áreas ao redor (cerca de 50 m) das erosões cadastradas e das erosões verificadas como ativas em campo (ravinas, boçorocas, solapamento de margens fluviais e trechos de estradas de terra encaixadas) - (ANEXO I – FOTO 10). A adoção de 50 m ao redor dos processos foi uma medida de segurança obtida através da observação da evolução dos processos que ocorrem nos terrenos da área de estudo.

Unidades Uso do Solo	Suscetibilidade				
	1	2	3	4	5
Baixo	Muito baixo	Muito baixo	Muito baixo	Muito baixo	Baixo
Médio	Muito baixo	Baixo	Baixo	Médio	Médio
Alto	Baixo	Médio	Médio	Alto	Alto
Muito Alto	Médio	Alto	Alto	Muito alto	Muito alto

QUADRO 12 – Matriz de cruzamento (uso do solo X suscetibilidade à erosão), para a definição das unidades de risco potencial de erosão.

Para cada unidade de risco, é realizada uma análise quanto à possibilidade de ocorrência de cada um dos processos observados na área de estudo e quanto às suas conseqüências (QUADRO 13).

GRAUS DE RISCO POTENCIAL DE EROSÃO

Grau de Risco	Unidade	Características das áreas		Análise das conseqüências
		Suscetibilidade	Uso e ocupação do solo	
Muito baixo	1	Baixa a processos de erosão laminar, muito baixa a processos de erosão linear e muito alta a processos de solapamento de margem fluvial	Vegetação característica de depósitos de assoreamento e mata ciliar e/ou pastagens	Degradação ambiental incipiente, pois as feições de erosão são raras e a ocupação é rural
Baixo	2	Baixa a média a processos de erosão linear, média a processos de erosão laminar e muito baixa a solapamento de margem fluvial	Diversos: de áreas urbanas consolidadas a pastagens e chácaras na zona rural	Degradação ambiental incipiente em áreas rurais. Quando a ocupação é urbana a conseqüência pode ser mais grave, porém os processos também são muito raros
Médio	3	Alta e muito alta a erosão laminar, média a muito alta a erosão linear e baixa a média a solapamento de margem fluvial	Diversos: pastagens e chácaras na área rural e áreas urbanas consolidadas	Em área rural degradação ambiental média e destruição de áreas de pastagens e benfeitorias. Em área urbana a conseqüência é mais grave, pois bens públicos podem ser atingidos
Alto	4	Muito alta a erosão laminar, média a muito alta a erosão linear e baixa a média a solapamento de margem fluvial	Áreas rurais com predomínio de culturas temporárias	Grave degradação ambiental e perda da produtividade agrícola
Muito alto	5	Muito alta a erosão laminar, média a muito alta a erosão linear e muito alta a suscetibilidade a solapamento de margem fluvial	Áreas urbanas com loteamentos em consolidação, áreas parceladas e áreas com movimento de terra	Grave degradação ambiental, destruição de bens públicos, vias de acessos e moradias, podendo inclusive causar mortes

ÁREAS DE RISCO INSTALADO

6	Muito baixa a muito alta suscetibilidade a erosão	Áreas com erosão linear de grande porte, solapamento de margem fluvial e estradas vicinais de terra encaixadas	Áreas muito degradadas, assoreamento de corpos d'água a jusante, destruição cíclica de bens públicos e interrupção de vias de acesso, podendo atingir moradias e causar mortes
----------	---	--	--

QUADRO 13 – Legenda do carta de risco de erosão.

4.10 Elaboração do plano de prevenção e controle de erosão

A prevenção à ocorrência de processos erosivos se dá através da ocupação ordenada do terreno, respeitando-se as suas fragilidades naturais. Neste sentido, o plano de prevenção de erosão apresenta, para cada unidade de risco potencial de erosão, recomendações quanto à futura urbanização da área, ou seja, quanto à concepção e implantação de loteamentos e conjuntos habitacionais, para que seja evitada a deflagração de processos erosivos, com base em IPT (1987) e IPT (1997a e b). Também são feitas recomendações para cada unidade de risco potencial, quanto à manutenção e correção destas áreas, com o intuito de evitar a deflagração de novos processos erosivos que possam causar impactos ambientais negativos e acidentes (FIGURA 10). As recomendações possuem caráter de orientação técnica podendo ser adotadas pela legislação municipal de Presidente Prudente e Álvares Machado, como medidas de prevenção.

Para os processos erosivos em atividade (ANEXO I – FOTO 11), entende-se que é necessária a realização de obras para seu controle, principalmente quando estão localizados em áreas urbanas. Tais obras visam à eliminação total dos riscos e dos impactos que estes processos causam. Porém, como em geral o custo de recuperação de áreas degradadas por processos erosivos é muito alto, foi elaborado um plano de investimentos para o controle destes processos.

Com vistas no plano de investimento para a estabilização dos processos, foram realizadas análises na tentativa de hierarquização de obras conforme o grau de risco que cada local apresenta, a partir da proposta de IWASA (1995), que utiliza a análise de criticidade. A proposta do autor citado leva em consideração condicionantes da erosão como: fenomenologia do processo, o grau de atividade atual e obras de controle já realizadas para a estabilização do processo. Esta análise identifica a possibilidade de progressão e ocorrência de acidentes ao redor da erosão (ANEXO I – FOTO 12) e também a inibição de crescimento urbano no local devido à presença da feição erosiva. A hierarquização quanto à criticidade e, portanto, quanto ao risco apontado pelas erosões, é fundamental, para que possa ser priorizado o destino da verba de controle pelos órgãos competentes.

CARVALHO (1996) apresenta uma proposta de análise de riscos de ocorrência de escorregamentos para encostas no município de Belo Horizonte - MG, baseada na árvore de tomada de decisão. Nesta proposta as decisões são tomadas conforme as alternativas

apresentadas referentes ao custo de intervenção e de ocorrência de acidente, ante a análise empírica de avaliação de probabilidades subjetivas de técnicos especializados.

CARVALHO (1996) apresenta uma proposta de análise de riscos de ocorrência de escorregamentos para encostas no município de Belo Horizonte - MG, baseada na árvore de tomada de decisão. Nesta proposta as decisões são tomadas conforme as alternativas apresentadas referentes ao custo de intervenção e de ocorrência de acidente, ante a análise empírica de avaliação de probabilidades subjetivas de técnicos especializados.

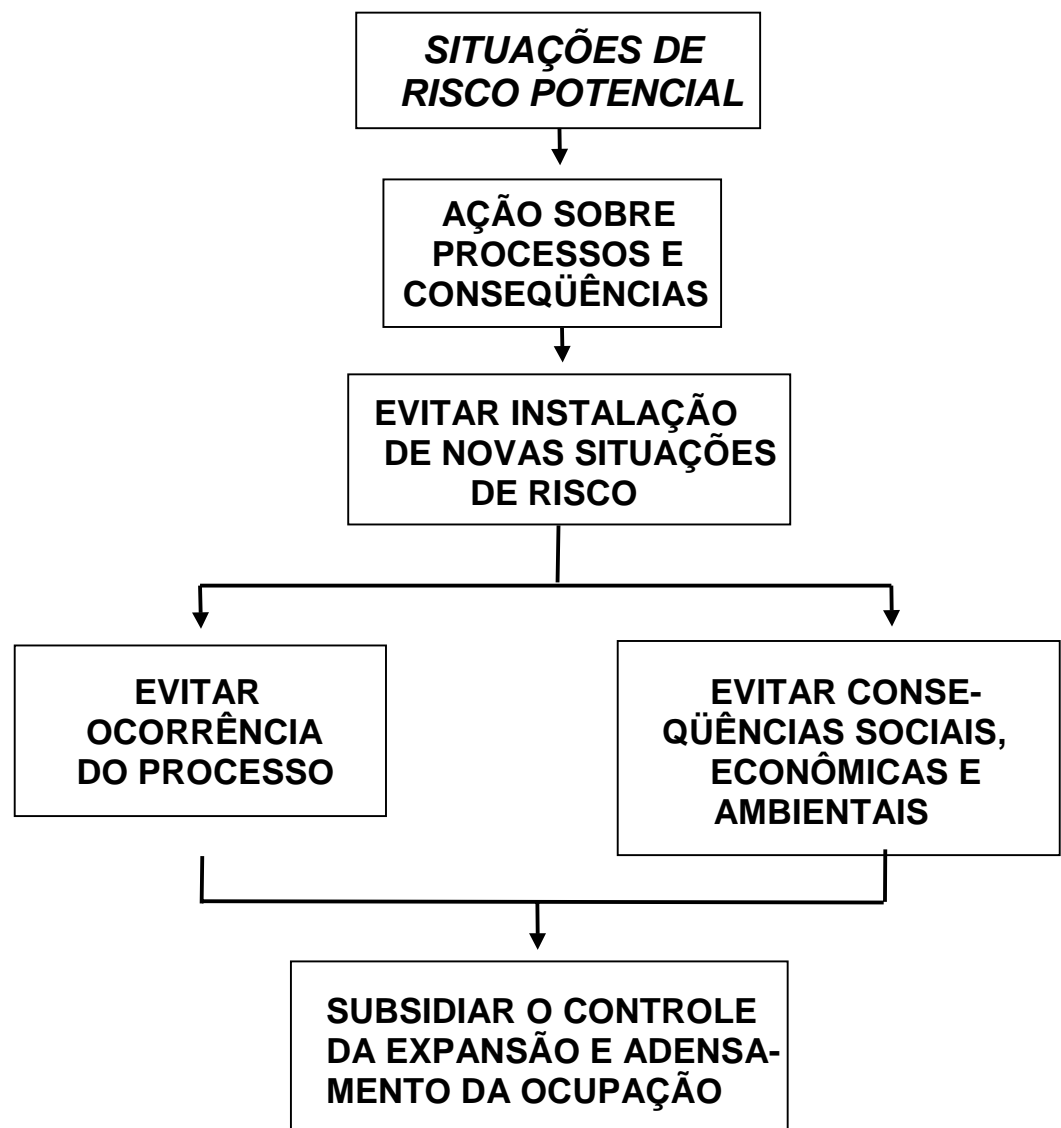


FIGURA 10 – Proposição de medidas de prevenção para as situações de risco potencial (modificado de CERRI, 1993).

Para a análise das erosões em estudo, a árvore de decisão também pode ser aplicada para a opção de intervenção e controle ou manutenção do processo e convívio com o risco. No

entanto, considera-se que todos os processos devem ser controlados e estabilizados através de um plano de ação, em que sejam priorizadas intervenções em áreas que oferecem maior risco, dado que o processo erosivo em atividade na área urbana sempre estará oferecendo risco e gerando impacto ambiental.

Foram analisados empiricamente, com base no método indutivo (VARGAS 1985), alguns atributos diferenciados de IWASA (1995), para a hierarquização do risco. A hierarquização foi realizada através de uma pontuação quanto à possibilidade de ocorrência de desastre ou dano e suas conseqüências para cada uma das erosões, como proposto por LU (1985).

Para analisar risco de escorregamentos, LU (1985) utiliza o método dos índices, que determina, para cada parâmetro em análise, índices numéricos ordenados entre a melhor e pior condição para cada parâmetro.

Nesta pesquisa, os parâmetros foram avaliados utilizando-se de um método empírico, em que foram atribuídos valores entre zero e um, sempre colocando o maior peso nos casos em que a situação tem maior possibilidade de ocorrer. Várias análises foram realizadas, através de soma, multiplicação e atribuição de pesos diferenciados a cada parâmetro (QUADRO 14).

Análises Parâmetros		Soma dos parâmetros	Soma com peso	Multiplicação	Multiplicação com peso:		
Conseqüências	Perda de vidas	0 – não há possibilidade 0,5 – há baixa possibilidade 1 – há alta possibilidade	10	0 – não há possibilidade 0,5 – há baixa possibilidade 1 – há alta possibilidade	Média	10	Média
	Destruições	Variações entre: 0 – pequenas 1 – grandes	5	Variações entre: 0 – pequenas 1 – grandes		5	
	Impacto ambiental	Variações entre: 0 – incipiente 1 – muito graves	7	Variações entre: 0 – incipiente 1 – muito graves		7	
Possibilidade = Grau de atividade do processo erosivo		Variações entre: 0 – sem atividade 1 – evolução constante	10	Variações entre: 0 – sem atividade 1 – evolução constante	1		

QUADRO 14 - Operações realizadas para análise do risco das erosões

Foram realizadas análises através da simples soma dos parâmetros, soma dos parâmetros com pesos diferenciados, multiplicação da média dos parâmetros de consequência pelo parâmetro de possibilidade e multiplicação da média com pesos diferenciados para os parâmetros de consequência pelo atributo de possibilidade. Os parâmetros analisados são:

- **Perda de vidas humanas:** parâmetro de consequência analisado com apenas três valores diferenciados, quais sejam, nenhuma possibilidade 0 (zero), média possibilidade 0,5 (meio) e maior possibilidade 1 (um) (quando as erosões têm urbanização muito intensa próxima aos seus taludes e têm altura elevada dos taludes laterais e da cabeceira). Nas análises em que são utilizados pesos diferenciados para cada parâmetro, definiu-se o maior peso para este atributo (10 - dez), por ser este o que maior dano pode causar;
- **Destruição de moradias e de danos ao patrimônio público, destruição de ruas, (ANEXO I – FOTO 13), ferrovias, calçadas, postes, sistemas de água e esgoto etc.:** é um parâmetro de consequência, analisado com valores entre 0 (zero) e 1 (um). Para as análises com pesos diferenciados aos parâmetros, definiu-se peso 5 (cinco) para este parâmetro, pois entende-se que prejuízos materiais podem ser reparados mesmo que estes causem grandes transtornos à vida das pessoas;
- **Análise do impacto da erosão (assoreamento dos recursos hídricos superficiais e porte da erosão):** é um parâmetro de consequência, analisado com valores entre 0 (zero) e 1 (um). Foram utilizados como dados o poder da produção de sedimentos da erosão, proximidade aos reservatórios de abastecimento e porte da erosão. Foram dadas notas maiores para as erosões pertencentes às bacias de contribuição dos reservatórios de abastecimento, com maior produção de sedimentos e maior porte. Quanto aos pesos, definiu-se peso 7 (sete) para este parâmetro, pois o dano ambiental causado por uma erosão dificilmente é reparado e este dano pode vir a trazer prejuízos imediatos ou a longo prazo; e
- **Grau de atividade da erosão, ou possibilidade de ocorrência de um evento:** parâmetro indicado em algumas análises como sendo a possibilidade de ocorrência do evento. Foi analisado quanto à intensidade do processo e os fatores envolvidos, como volume do escoamento superficial, escoamento subsuperficial (*piping*) e obras de controle executadas, tendo sido atribuídos maiores valores para as erosões

com maior atividade erosiva e menores para as erosões já estabilizadas. Foi analisado com valores entre 0 (zero) e 1 (um). Como este parâmetro é analisado separadamente dos outros, na análise de multiplicação, é adotado peso 1 (um) e na operação de soma, peso 10 (dez), pois entende-se que o grau de atividade da erosão é um fator decisivo na evolução do processo que pode determinar a ocorrência de eventos extraordinários e de acidentes.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A pesquisa produziu uma série de dados através da elaboração dos produtos intermediários que, por sua importância, são apresentados como resultados. Os resultados parciais são a base que mostra a eficiência da sistemática utilizada.

Estão apresentados, a seguir, os resultados da interpretação de feições de erosão, levantamento de declividades do terreno, levantamento de solos e do levantamento do uso e ocupação do solo.

No final deste capítulo estão apresentados os principais resultados desta pesquisa, quais sejam, a carta de suscetibilidade à erosão, a carta de risco de erosão e o plano de prevenção e controle.

5.1 Mapa de solos

No levantamento de solos foram descritos 55 perfis de solo, entre taludes, cortes de estrada e sondagens a trado (QUADRO 15). Foram realizadas 30 análises de granulometria em laboratório nas amostras coletadas em 13 dos perfis descritos (QUADRO 16). Os dados obtidos (descrição dos perfis de solo e resultado das análises de textura), foram incorporados a dados de CARVALHO (1997) reproduzidos no QUADRO 17. O conjunto de dados obtidos fundamentou a elaboração do mapa de associação de solos, aqui denominado de mapa de solos.

Desta forma, as unidades delimitadas no mapa de solos são identificadas pelo tipo predominante de solo na área da respectiva unidade, embora haja a ocorrência de outro/s tipo/s de solo/s, não representativos cartograficamente na escala de trabalho da presente pesquisa.

Perfis	Cor	Textura	Declividade	Tipo
PP-01	7,5YR4/6	Arenosa	0%	Areia Quartzosa
PP-02	5YR4/6	Arenosa/Média	4%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-03	10YR4/2	Arenosa	7%	Litólico
PP-04	5YR4/6	Arenosa/Média	5%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-05	2,5YR3/6	Arenosa/Média	2%	Podzólico Vermelho-Escuro
PP-06	5YR4/6	Média	1%	Latossolo Vermelho-Amarelo
PP-07	5YR5/8	Arenosa/Média	6%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-08	10YR4/3	Arenosa	28%	Litólico
PP-09	5YR4/6	Média arenosa	1%	Latossolo Vermelho-Amarelo
PP-10	5YR5/8	Arenosa/Média	10%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-12	2,5YR4/6	Média arenosa	2%	Latossolo Vermelho-Amarelo
PP-13	5YR4/4	Arenosa	10%	Litólico
PP-14	5YR5/8	Arenosa/Média	6%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-15	5YR4/6	Arenosa/Média	4%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-16	5YR4/6	Arenosa	1%	Areia Quartzosa
PP-17	10YR4/3	Arenosa	15%	Litólico
PP-18	5YR4/8	Arenosa	3%	Areia Quartzosa
PP-19	5YR5/8	Arenosa/Média	3%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-20	2,5YR4/6	Arenosa/Média	3%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-21	2,5YR4/6	Arenosa/Média	3%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-22	10YR4/3	Arenosa	0%	Areia Quartzosa
PP-23	7,5YR4/6	Arenosa/Média	1%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-24	2,5YR4/8	Arenosa/Média	1%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-25	2,5YR4/6	Média arenosa	0%	Latossolo Vermelho-Amarelo
PP-26	2,5YR4/6	Média arenosa	1%	Latossolo Vermelho-Amarelo
PP-27	2,5YR4/8	Arenosa/Média	7%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-28	5YR4/6	Arenosa	2%	Areia Quartzosa
PP-28a	5YR4/6	Arenosa/Média	5%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-29	7,5YR4/4	Arenosa	5%	Litólico
PP-30	2,5YR4/6	Média arenosa	1%	Latossolo Vermelho-Amarelo
PP-31	2,5YR4/8	Média arenosa	2%	Latossolo Vermelho-Amarelo
PP-32	2,5YR4/6	Arenosa/Média	1%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-33	5YR4/6	Arenosa/Média	4%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-34	5YR4/6	Arenosa/Média	2%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-35	5YR4/4	Arenosa/Média	5%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-36	5YR4/6	Arenosa/Média	2%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-37	5YR4/4	Arenosa/Média	5%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-38	5YR4/6	Arenosa/Média	3%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-39	2,5YR4/6	Arenosa/Média	2%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-40	2,5YR4/6	Arenosa/Média	0%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-41	7,5YR4/2	Arenosa	2%	Areia Quartzosa
PP-42	2,5YR4/6	Arenosa/Média	5%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-43	2,5YR4/6	Arenosa/Média	6%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-44	2,5YR4/6	Média arenosa	4%	Latossolo Vermelho-Amarelo
PP-45	5YR5/8	Arenosa/Média	4%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-46	5YR4/6	Arenosa/Média	0%	Areia Quartzosa
PP-47	2,5YR3/6	Arenosa/Média	5%	Podzólico Vermelho-Escuro
PP-48	2,5YR3/6	Arenosa/Média	8%	Podzólico Vermelho-Escuro
PP-49	5YR5/4	Arenosa	3%	Litólico
PP-50	7,5YR5/4	Arenosa	2%	Litólico
PP-51	2,5YR3/6	Arenosa/Média	8%	Podzólico Vermelho-Escuro
PP-52	2,5YR4/6	Arenosa/Média	1%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-53	5YR5/8	Arenosa/Média	1%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-54	2,5YR4/6	Arenosa/Média	3%	Podzólico Vermelho-Amarelo
PP-55	2,5YR4/8	Arenosa/Média	2%	Podzólico Vermelho-Amarelo

QUADRO 15 – Pontos de descrição dos perfis de solos

Os dados obtidos nos levantamentos (ANEXO II – DESENHO 3) mostram que na área de estudo existe a predominância da associação de solos Podzólicos de textura arenosa/média, com espessura da ordem de um a três metros, sendo os Podzólicos Vermelho-Amarelo predominantes nas cabeceiras do córrego do Limoeiro, região de Álvares Machado, nas cabeceiras do córrego Veado (afluente do Limoeiro), região de Presidente Prudente, nas cabeceiras do córrego do Cedro e na bacia do córrego da Fazenda Nayran. Os Podzólicos Vermelho-Escuro ocorrem principalmente no córrego Cedrinho e na porção média do córrego do Limoeiro a jusante da represa da Amizade. São solos geralmente lateríticos, no entanto, podem ocorrer como solos transportados, ou seja, coluviais. Os solos podzolizados estão associados a solos rasos (Litólicos e Cambissolos) nas regiões de maior declividade e a Latossolos e a Areias Quartzosas nos topos de colinas mais extensas e suaves. Ocorrem solos hidromórficos nas planícies e restritos a toda extensão dos eixos de drenagem.

A associação dos solos Litólicos e Cambissolos, tem como características a textura, principalmente, arenosa e espessura rasa, inferior a um metro, ocorrendo predominantemente em toda a região das cabeceiras de drenagem, nas áreas de maior declividade (superiores a 12%), intercalados aos solos Podzólicos. Também ocorrem nos trechos intermediários e de baixadas das bacias e em locais de declividade acentuada, como, por exemplo, o trecho baixo do córrego do Limoeiro (divisor d'água à direita). Em locais de afloramento do lençol d'água (na meia vertente), estes solos aparecem associados a solos hidromórficos.

A associação dos Latossolos Vermelho-Amarelo ocorrem de maneira restrita na área de estudo, em regiões de baixada nos trechos de jusante das bacias hidrográficas ou em topo de colinas suaves, onde o relevo é mais plano. Possuem textura média tendendo a arenosa com espessura de um a seis metros. Estes solos possuem sempre um aumento no teor de argila conforme aprofunda-se no perfil, o que deixa evidente a tendência à podzolização, o que leva a ocorrência de podzólicos em alguns trechos. Podem ser correlacionados a solos coluviais quando ocorrem em regiões baixas e a solos lateríticos quando ocorrem nos topos de colinas.

As Areias Quartzosas são solos com espessuras variando de dois a oito metros e ocorrem principalmente em áreas de extensas planícies (Fazenda Nayran), ou restritas a alguns topos de colinas. São considerados como solos coluviais, principalmente, ou restritamente como solos aluviais. Estão associados a esta unidade, os solos Podzólicos e a Latossolos.

Os solos Hidromórficos são predominantemente arenosos de cor cinza à branca, com lentes de argila orgânica intercaladas e espessura variada. Ocorrem principalmente nas áreas das várzeas dos córregos do Limoeiro, Cedro e córrego da Fazenda Nayran e seus principais afluentes, associados a Areias Quartzosas e Latossolos. São considerados solos aluviais. Também se estendem de maneira restrita, ao longo das drenagens até algumas regiões de cabeceiras, próximo às nascentes dos rios de primeira ordem. Nestes locais, estes solos possuem maior espessura e pertencem às associações de solos Litólicos, Cambissolos e Podzólicos .

Amostra	Profundidade	Areia %	Silte %	Argila %	Textura
PP-43	00-25	87	7	7	Arenosa
PP-43	25-120	77	6	17	Média
PP-44	00-50	80	6	14	Arenosa
PP-44	50-120	73	7	20	Média
PP-45	00-100	89	4	7	Arenosa
PP-45	100-150	78	5	17	Média
PP-46	00-40	82	11	7	Arenosa
PP-46	40-60	82	10	8	Arenosa
PP-46	60-120	77	10	14	Média
PP-47	00-40	87	8	5	Arenosa
PP-47	40-100	87	8	5	Arenosa
PP-47	100-150	80	4	17	Média
PP-48	00-25	89	5	6	Arenosa
PP-48	25-50	89	5	6	Arenosa
PP-48	50-120	75	6	19	Média
PP-49	00-20	66	23	11	Arenosa
PP-50	00-40	76	14	10	Arenosa
PP-51	00-30	81	9	10	Arenosa
PP-51	30-60	71	10	20	Média
PP-51	60-100	65	9	26	Média
PP-52	00-40	83	6	11	Arenosa
PP-52	40-120	70	8	22	Média
PP-53	00-70	83	11	6	Arenosa
PP-53	70-120	80	9	11	Arenosa
PP-53	120-150	71	9	20	Média
PP-54	00-70	86	7	7	Arenosa
PP-54	70-120	78	8	14	Arenosa
PP-55	00-25	84	8	8	Arenosa
PP-55	25-120	69	10	22	Média

QUADRO 16 – Análise granulométrica de amostras coletadas em campo

Todos os solos encontrados e descritos na área de estudo têm predomínio de textura arenosa fina, característica esta proveniente da rocha do substrato rochoso, a Formação Presidente Prudente definida por FERNANDES (1998). Este comportamento arenoso também é comprovado por GODOY (1989), em ensaios realizados em solos coluviais, residuais e aluviais, com a predominância de texturas arenosas, com teores de areia superiores 75%. O

referido autor apresenta o resultado de outras análises, mostrando que, em geral, os solos possuem plasticidade baixa, baixa compressibilidade e alta porosidade.

CARVALHO (1997) relata que os solos analisados na área da presente pesquisa possuem volume total de poros variando entre 44% e 49%, evidenciando alta porosidade e indicando alta permeabilidade.

As características dos solos levantadas nesta pesquisa e em estudos realizados por GODOY (1989) e CARVALHO (1997) mostram que os solos presentes na área de estudo possuem em geral alta a muito alta suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos, como definido por SALOMÃO (1994b) e SANTORO (1991).

Ponto	Profundidade	Cor	Areia	Silte	Argila	Textura	Tipo
100	0-25	2,5YR3/4	81	8	11	Arenosa/Média	Podzólico Vermelho-Amarelo
	25-80	2,5YR4/6	70	7	23		
	80-150	2,5YR4/6	68	7	25		
	150-200	2,5YR4/6	65	10	25		
101	0-50	5YR4/3	89	2	9	Arenosa/Média	Podzólico Vermelho-Amarelo
	50-100	2,5YR4/6	72	5	23		
	100-150	2,5YR4/8	66	8	27		
	150-200	2,5YR4,5/8	73	6	22		
103	0-20	5YR3/4	72	13	15	Média/Média	Podzólico Vermelho-Amarelo
	20-30	5YR5/4	77	15	8		
	30-90	2,5YR4/6	60	9	31		
	90-160	2,5YR4/8	54	10	36		
	160-200	2,5YR5/8	63	8	29		
4	0-20	5YR4/3	84	2	14	Arenosa/Média	Podzólico Vermelho-Amarelo
	20-40	5YR5/3	84	8	8		
	40-140	2,5YR4/6	55	9	36		
	140-200	2,5YR4/8	69	4	27		
71	0-35	5YR4/4	85	9	6	Arenosa/Média	Podzólico Vermelho-Escuro
	35-60	2,5YR3/6	62	12	26		
	60-150	2,5YR3,5/6	59	12	29		
	150-200	2,5YR3/6	69	14	17		
102	0-30	5YR4/4	78	15	7	Arenosa/Média	Podzólico Vermelho-Escuro
	30-100	2,5YR5/6	60	4	36		
	100-150	2,5YR3/6	62	8	30		
	150-200	2,5YR3/8	64	4	25		
63	0-20	5YR4/3	84	6	11	Arenosa/Média	Podzólico Vermelho-Escuro
	20-50	5YR4/4	86	5	10		
	50-75	2,5YR4/4	75	5	19		
	75-140	2,5YR3/6	66	6	28		
	140-180	2,5YR4/6	70	7	23		
	180-200	2,5YR4/8	72	9	19		
21	0-25	5YR4/4	63	17	20	Média	Litólico
	25-50	5YR4/6	66	12	22		

Fonte: CARVALHO (1997)

QUADRO 17 – Pontos descritos e analisados por CARVALHO (1997)

SALOMÃO (1994b) identifica que os solos de textura arenosa provenientes de rochas do Grupo Bauru, no Planalto Ocidental Paulista, são de modo geral muito suscetíveis à erosão. Os solos rasos (Litólicos e Cambissolos) são considerados os solos de mais alta suscetibilidade, seguidos seqüencialmente pelos Podzólicos, Areias Quartzosas, Latossolos e Hidromórficos. SANTORO (1991) identifica alta suscetibilidade à erosão, através de análises geotécnicas realizadas em solos arenosos e sedimentos neo-cenozóicos na região de São Pedro, SP, provenientes da Formação Pirambóia, região da província geomorfológica da Depressão Periférica.

No entanto, os levantamentos realizados evidenciaram a existência de solos hidromórficos com comportamentos diferenciados, um de planície fluvial e outro de cabeceira de drenagem. O primeiro, identificado no mapa de solos, está localizado em regiões de planícies fluviais, onde são raros os processos erosivos laminar e linear, porém são comuns os processos de solapamentos de margens fluviais. O outro, presente em regiões de cabeceiras de drenagens, possui a sua ocorrência restrita aos fundos de vale, muito próximo às drenagens, não sendo mapeáveis na escala de apresentação do mapa de solos (escala 1:25.000). Porém, estando localizados nos talwegues de drenagem, são mais espessos que os solos predominantes nas associações que ocorrem nestes trechos do terreno, compostas principalmente por Litólicos, Cambissolos e Podzólicos. Neste sentido, pode-se entender a ocorrência de várias boçorocas e ravinas em solos rasos (Litólicos e Cambissolos), que na verdade estão localizadas nos hidromórficos de cabeceira de drenagem (ANEXO I – FOTO 14).

5.2 Mapa de uso e ocupação atual do solo

O uso atual do solo é considerado, nesta pesquisa, como um dos parâmetros para a elaboração do mapa de risco (ANEXO II – DESENHO 4). As categorias de uso do solo geradas são:

a) cobertura vegetal natural

Ocorrem, por toda a área de estudo, trechos com cobertura vegetal do tipo cerrado, sendo os mais expressivos aqueles próximos ao Balneário da Amizade, entre a Rodovia Raposo Tavares e o Jardim Ouro Verde; entre a Rodovia Comendador Alberto Bonfiglioli e o residencial Anita Tiezzi; e no limite sul da área, próximo ao reservatório da Sabesp.

Quanto às áreas com vegetação de depósito de assoreamento, destacam-se aquelas localizadas ao longo das drenagens no limite sul da área e no braço norte do Balneário da Amizade.

b) culturas

As áreas de reflorestamento são pouco expressivas e localizam-se de forma dispersa por toda a área de estudo. As mais significativas encontram-se no braço noroeste do Balneário da Amizade; no limite sul da área (a oeste do reservatório da Sabesp); e próximo ao Parque Mediterrâneo.

As culturas temporárias mais expressivas em área ocorrem entre o córrego do Limoeiro e a estrada Marquinzeli, ao longo da estrada Velha Boiadeira, e no limite sul da área.

As culturas perenes são menos significativas, ocorrendo em meio às pastagens ou associadas a algumas chácaras.

Quanto à cana-de-açúcar, ocorre em área bastante restrita.

As chácaras estão localizadas, de maneira geral, ao redor das áreas urbanas e em meio às pastagens.

As pastagens representam, juntamente com as áreas urbanas, as categorias predominantes na área de estudo e encontram-se distribuídas por toda a bacia.

c) ocupação urbana

Esta categoria engloba as áreas delimitadas como área urbana consolidada, em consolidação e parcelada, os loteamentos projetados e as indústrias. É uma categoria bastante expressiva, que abrange grande parte do município.

As áreas urbanas consolidadas são aquelas que dispõem de infra-estrutura básica, densamente ocupadas e nas quais está inserida a maior parte das atividades de comércio e serviços.

As áreas urbanas em consolidação correspondem àquelas áreas de média/alta densidade de ocupação, com parte da infra-estrutura instalada, onde estão localizados grandes loteamentos, que ainda dispõem de espaços vazios.

As áreas parceladas são aquelas periféricas, na maioria das vezes, com baixa/média densidade de ocupação, ausência de infra-estrutura básica e, de maneira geral, destinada à população de baixa renda;

As áreas industriais estão localizadas, via de regra, ao longo das principais vias de acesso, com destaque para as instaladas ao longo da Rodovia Raposo Tavares (próximo à área consolidada), da Estrada Com. Alberto Bonfiglioli (Cica) e ao longo da Av. Manoel Goulart (próximo ao Jardim Sabará).

d) equipamentos urbanos e áreas institucionais

Os equipamentos urbanos e as áreas institucionais estão inseridos, de maneira geral, nas áreas urbanas consolidadas e em consolidação ou ao seu redor, com destaque para o Campus da UNOESTE, localizado ao longo da Rodovia Raposo Tavares, próximo ao córrego do Limoeiro.

Os equipamentos de lazer estão localizados ao redor das áreas urbanas e ao longo dos reservatórios.

O aeroporto localiza-se dentro da área da bacia, em meio à área de pastagens, com acesso pela Rodovia Assis Chateaubriant.

Também se localiza dentro da área de estudo o cemitério São João Batista, tendo ao redor área urbana consolidada e área industrial.

e) movimento de terra

Essas áreas encontram-se dispersas por toda a Bacia. As mais expressivas em área correspondem àquelas situadas próximo ao Residencial Dahma, ao Balneário da Amizade, na Estrada Magalhães Marquinzeli (próximo ao Residencial Anita Tiezzi), e na Rodovia Júlio Budiski (próximo ao cruzamento com a Rodovia Assis Chateaubriant).

5.3 Interpretação das ocorrências de feições erosivas

O levantamento das feições erosivas com datas diferenciadas contribuiu para duas formas de análise. A primeira, para a caracterização da degradação ambiental das bacias hidrográficas, onde foram observados diversos cenários da erosão em tempos diferenciados (QUADRO 18). A segunda está relacionada à definição da suscetibilidade, pois, dentre os parâmetros utilizados para a definição das unidades, foi analisada a densidade de ocorrência de feições erosivas (MURATORI, 1984 apud PONÇANO & PRANDINI, 1987).

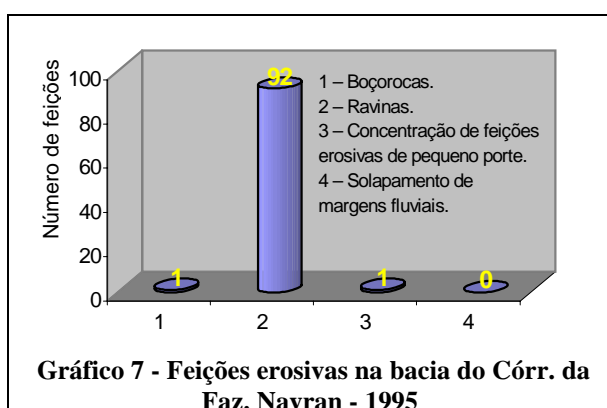
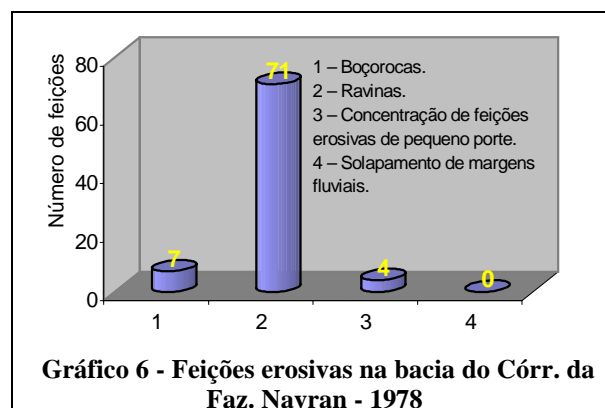
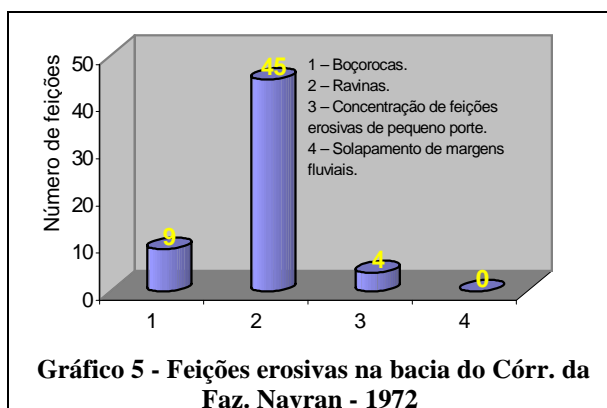
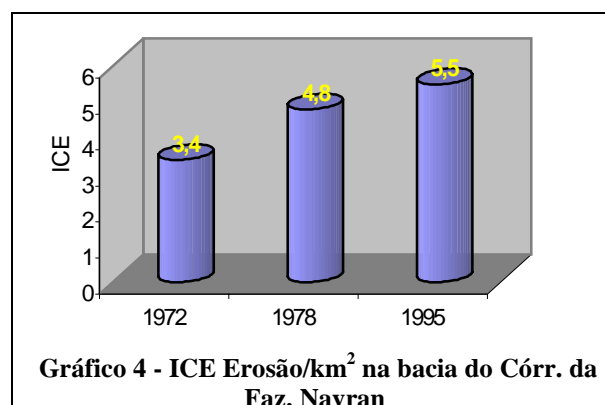
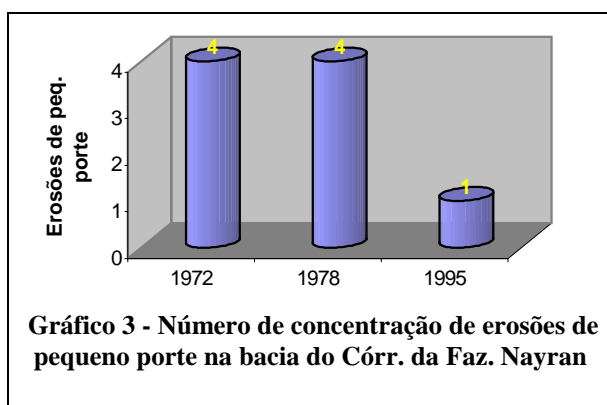
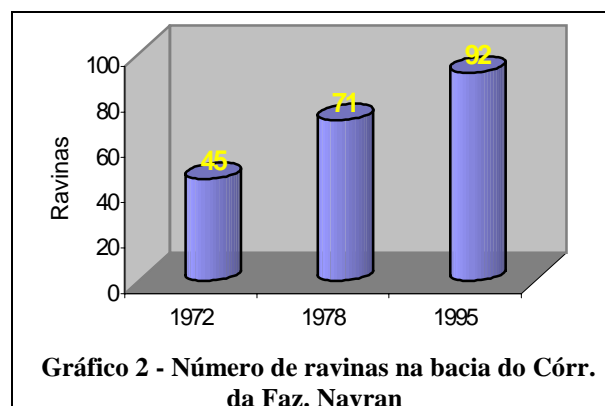
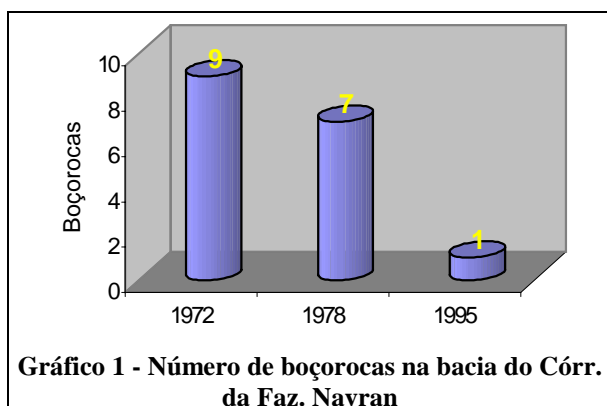
Bacias	Bacia do córrego da Faz. Nayran			Bacia do córrego do Cedro			Bacia do córrego do Limoeiro			Total		
	72	78	95	72	78	95	72	78	95	72	78	95
Sobrevôo/datas												
Feições												
Boçorocas	09	07	01	27	10	10	33	22	24	69	39	35
Ravinas	45	71	92	133	94	131	390	232	316	568	397	539
Concentração de feições erosivas de pequeno porte	04	04	01	25	07	10	20	15	18	49	26	29
Solapamento de margens fluviais	00	00	00	00	00	12	00	04	21	00	04	33
Área da bacia em km²	17,2			41,2			93,8			152,2		
ICE erosão/km²	3,4	4,8	5,5	4,5	2,7	3,6	4,7	2,9	3,8	4,5	3,0	4,0

QUADRO 18 - Número de feições fotointerpretadas, por bacias hidrográficas.

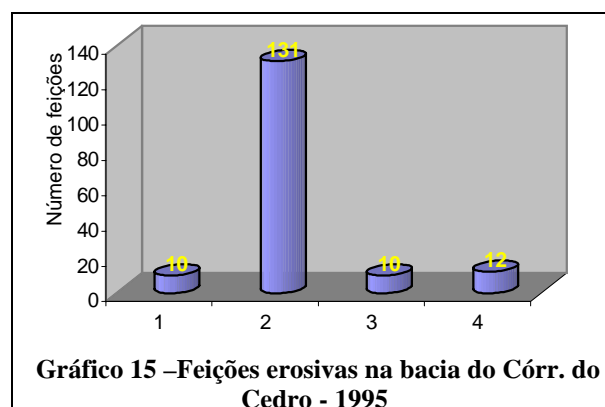
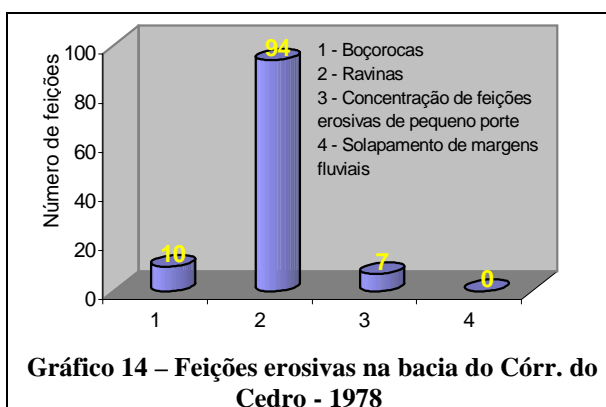
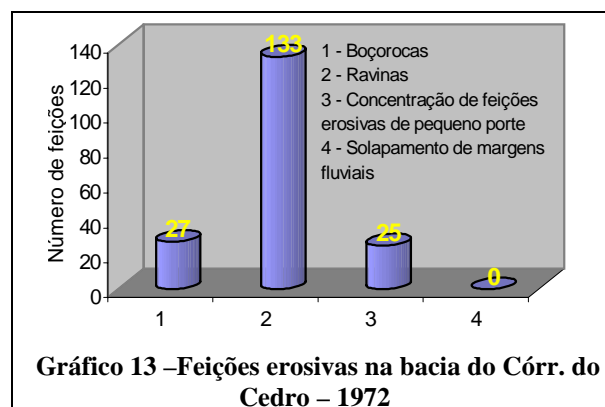
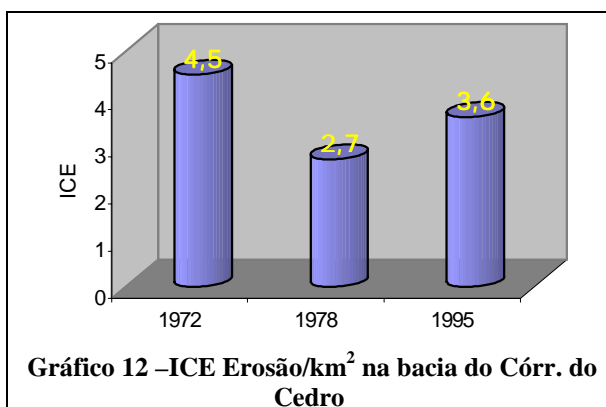
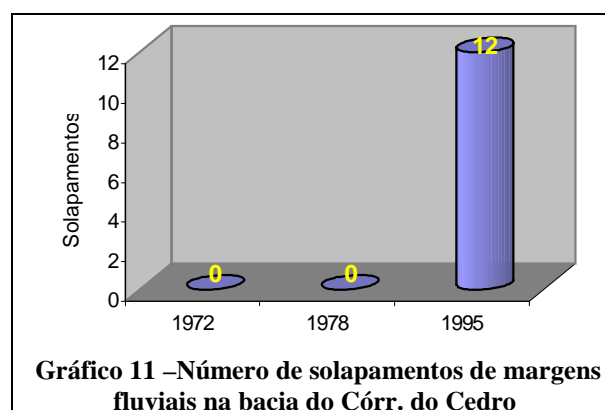
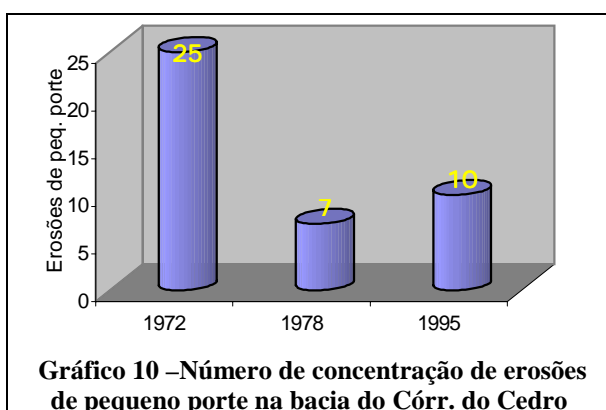
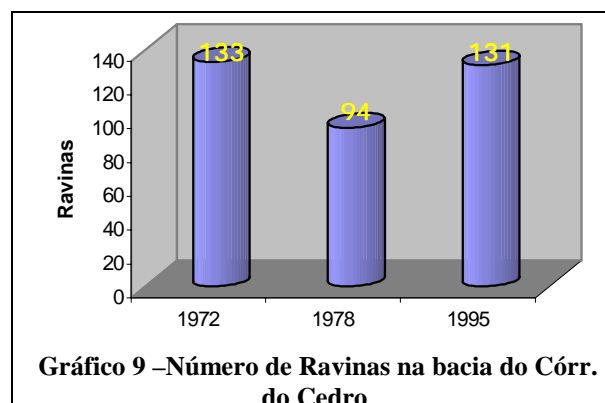
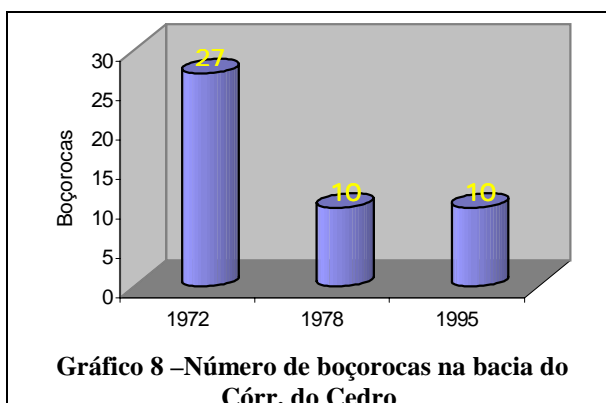
A análise dos dados do quadro e dos gráficos apresentados anteriormente mostra diferentes situações em relação à ocorrência de processos erosivos ao longo da história de ocupação e urbanização das bacias hidrográficas em questão (1972 – 1995). Quanto aos dados obtidos, pode observar-se que:

a) A comparação entre os resultados das bacias mostra que a concentração do número de erosões no levantamento de 1972 é menor na bacia da Faz. Nayran, em comparação com as bacias dos córregos Limoeiro e Cedro, que possuem concentração semelhante. Nos levantamentos de 1978 e 1995 a situação se inverte, mostrando que a bacia do córrego Faz. Nayran é atualmente a mais crítica em relação à concentração de processos.

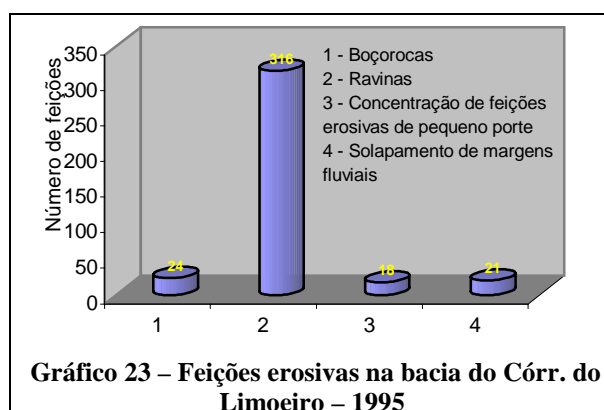
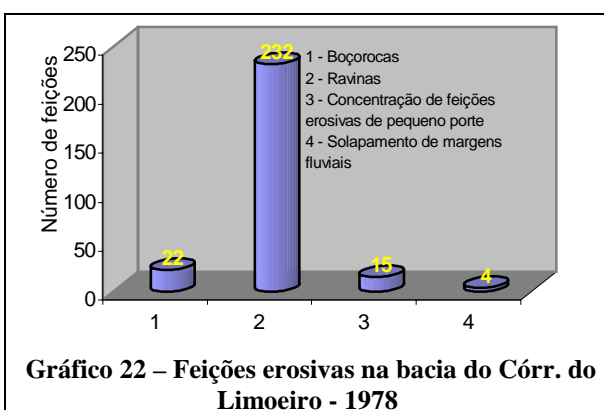
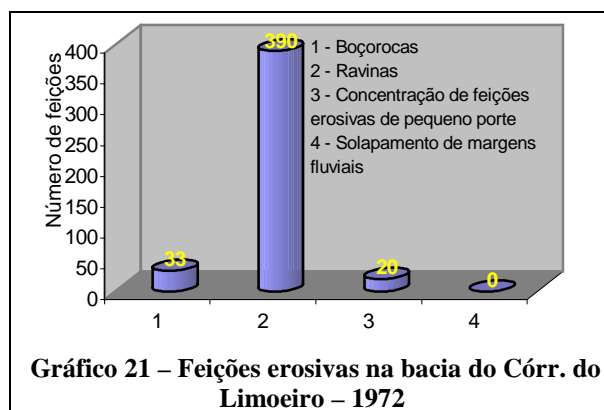
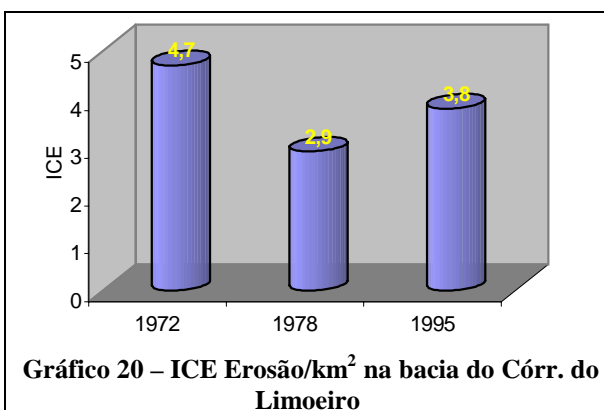
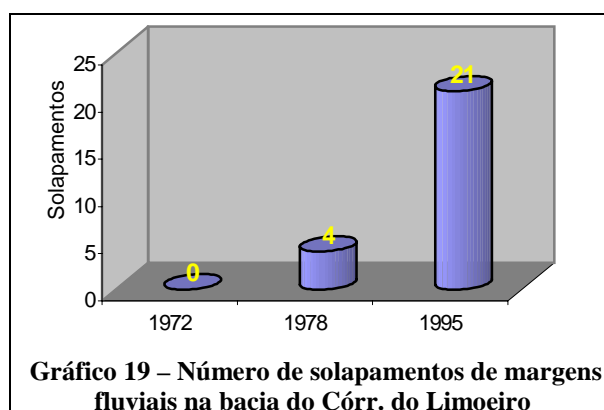
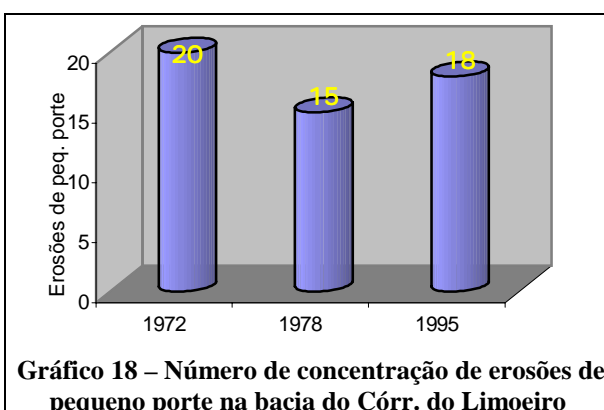
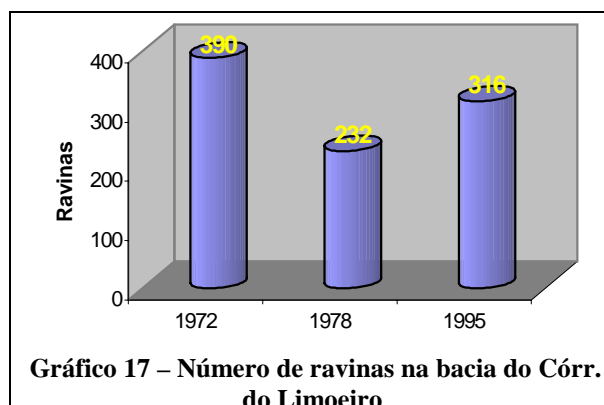
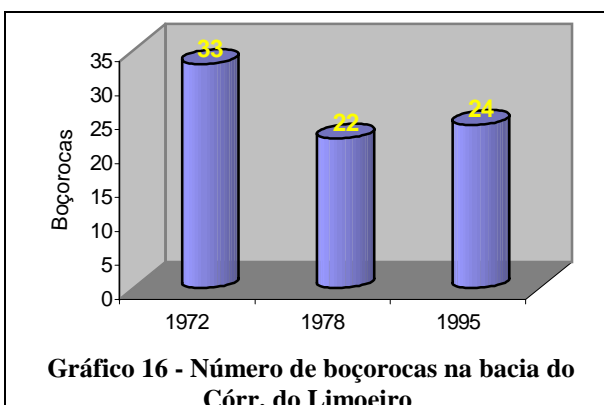
A seguir, são apresentados os gráficos referentes à análise das erosões da bacia hidrográfica da Fazenda Nayran:



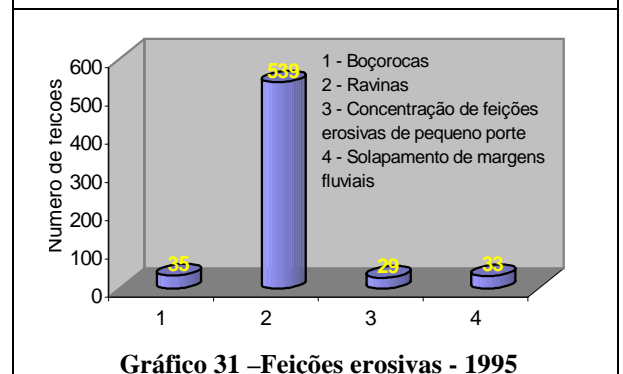
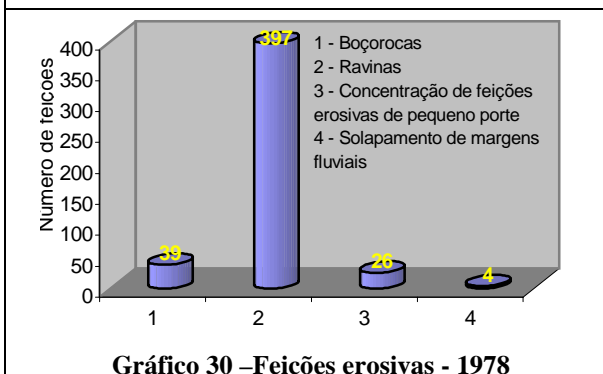
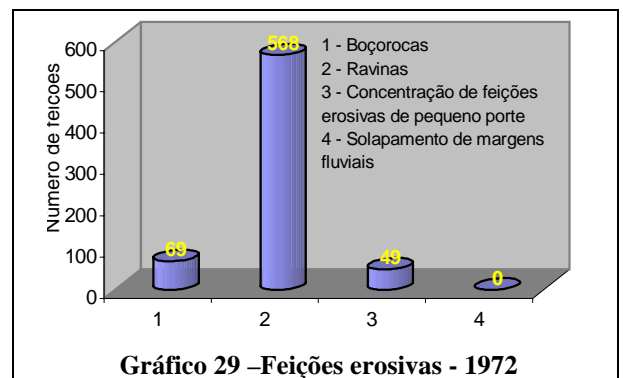
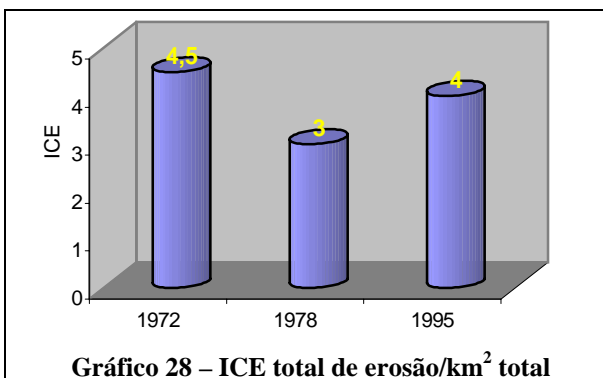
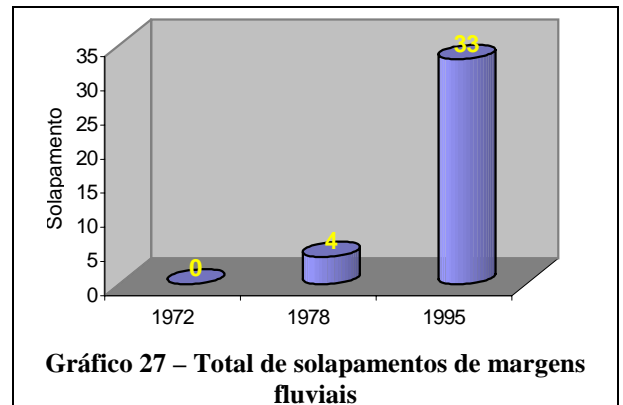
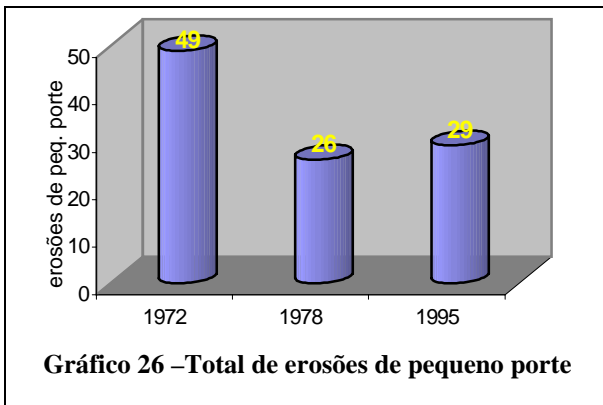
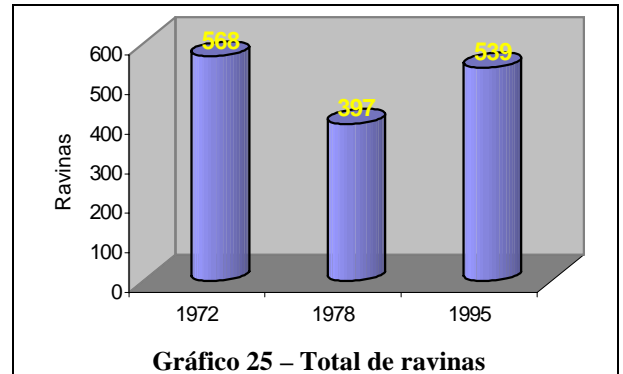
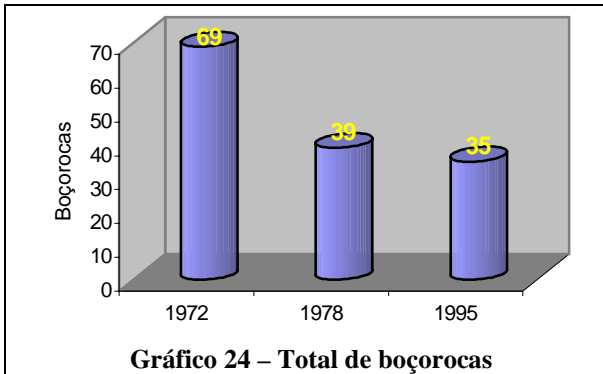
A seguir, são apresentados os gráficos referentes à análise das erosões da bacia hidrográfica do córrego do Cedro:



A seguir, são apresentados os gráficos referentes à análise das erosões da bacia hidrográfica do córrego do Limoeiro:



A seguir, são apresentados os gráficos referentes à análise das erosões para todas as bacias hidrográficas da área de estudo em conjunto:



b) A bacia hidrográfica do córrego da Faz. Nayran possui um crescente aumento de feições de erosão. O crescimento do problema se dá de forma linear no tempo. As fotografias aéreas de 1962, quando comparadas com as de 1972, apresentam quadro bastante semelhante no que diz respeito a ravinas e concentração de feições erosivas de pequeno porte, porém, não sendo observada nenhuma boçoroca. Este crescimento contínuo, provavelmente, deve-se à falta de utilização de práticas de conservação do solo na bacia e ao avanço contínuo da ocupação, através da abertura de estradas e divisão territorial com cercas e caminhos;

c) Em geral, existe queda no número de feições no levantamento de 1978, nas bacias dos córregos do Cedro e do Limoeiro e na situação geral da área de estudo. O quadro geral e os resultados das bacias dos córregos do Cedro e do Limoeiro mostram uma situação mais crítica no ano de 1972. Comparando-se com o levantamento de 1962, observa-se que houve crescimento do problema, pois em 1962 predominavam feições erosivas de pequeno porte e ravinas, com escassas boçorocas. Estes fatos provavelmente ocorreram devido ao início da adoção de práticas de recuperação e conservação do solo, após 1972, para a introdução de novas culturas e pastagem. Áreas atingidas por intensos processos erosivos foram controladas para recuperá-las para a produção agropecuária. No entanto, o processo de urbanização continuou contribuindo na deflagração de novos processos até 1995, o que é evidente devido ao incremento das feições nas periferias das cidades de Presidente Prudente e Álvares Machado. Neste sentido, OLIVEIRA (1994) coloca que existiram picos de produção de sedimentos no oeste paulista relacionados ao desmatamento e ao uso do solo da época. No caso da área de estudo, este pico foi alcançado por volta de 1972, quando observa-se o maior número de ocorrências nos períodos analisados. Como apontado por OLIVEIRA (op. cit.), na área de estudo, os efeitos do desmatamento, a produção agrícola desordenada e o avanço da urbanização nas cabeceiras dos córregos do Cedro e do Limoeiro, além dos efeitos da recém-construção da ferrovia e rodovia Raposo Tavares, são os responsáveis pela deflagração de vários processos de erosão nesta época.

d) A sobreposição dos resultados dos levantamentos mostra que os processos de ravinamento e áreas de concentração de feições erosivas de pequeno porte, em geral, mantêm-se nos mesmos locais ao longo dos anos, evoluindo em tamanho e área. No período entre 1972 e 1978, provavelmente foram controladas devido à recuperação do terreno para a introdução de novas culturas e principalmente pastagem, ou apresentaram tendência à estabilização, indicada pelo crescimento espontâneo de vegetação interna;

e) As ravinas são os tipos de processos mais comuns na área de estudo, provavelmente em razão dos tipos de solos predominantes na área, que possuem como características a pequena espessura e a textura arenosa;

f) As boçorocas, no entanto, não persistem ao longo dos anos, sendo provavelmente controladas pelo homem (por exemplo: a boçoroca do aeroporto), ou naturalmente estabilizam-se. É evidente, também, que o uso inadequado do solo e o processo de urbanização são os principais responsáveis na geração de novos processos em locais anteriormente estáveis. Apesar da diminuição do número geral de boçorocas, observa-se crescimento no número destas feições na periferia das duas cidades; e

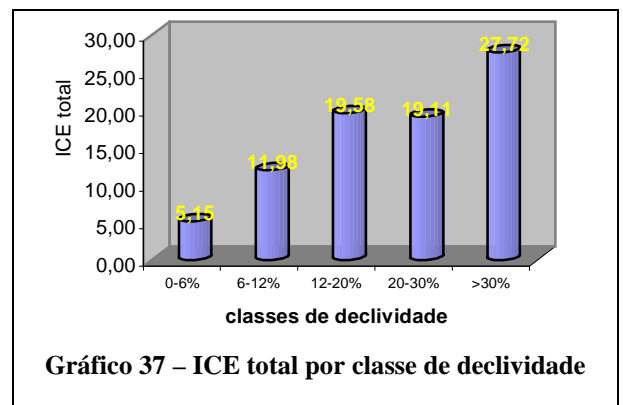
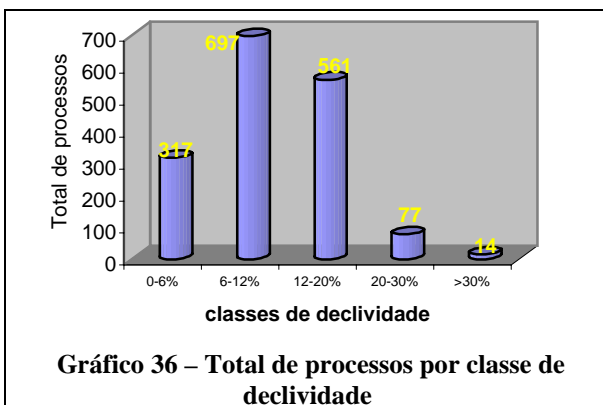
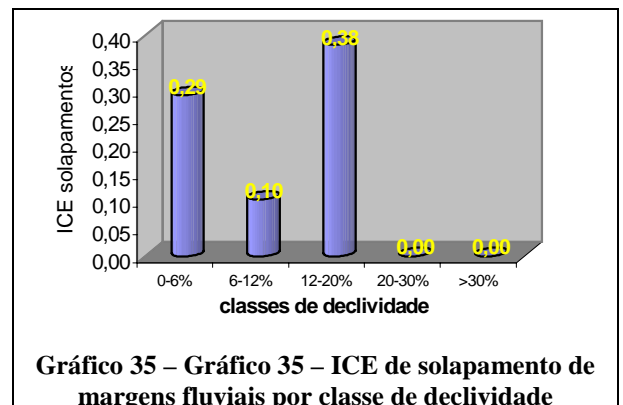
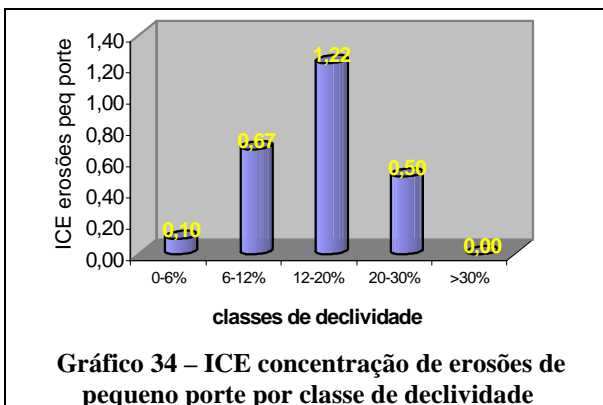
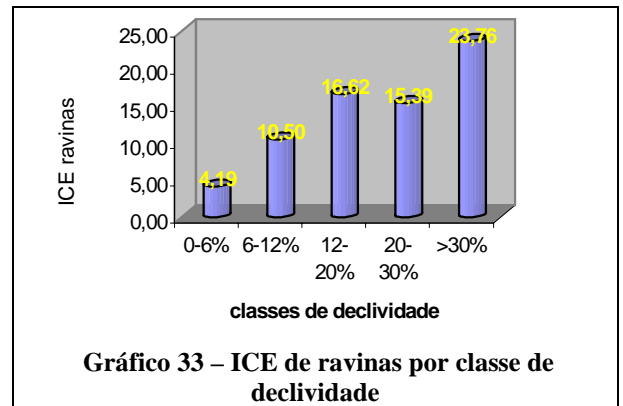
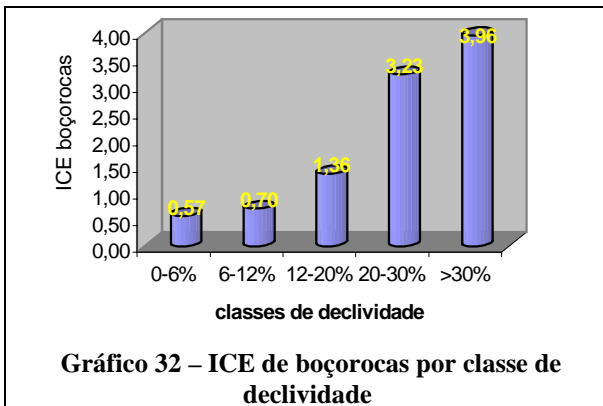
g) Os processos de solapamento de margens fluviais possuem crescimento no número de novas feições devido à formação de recentes depósitos aluviais (assoreamento) e ao seu posterior reentalhamento, fazendo parte do processo de dinâmica de transporte de sedimentos. O solapamento de margens fluviais é proporcionado pela fragilidade do material destes depósitos. Também colabora ao avanço destes processos, a retirada crescente da mata ciliar e o incremento do volume e velocidade de água devido à urbanização nas cabeceiras das drenagens. Em 1962 e 1972 estes não existiam, em 1978 eram poucos e em 1995 têm um aumento significativo.

A análise da ocorrência de feições de erosão também foi realizada como subsídio à confecção da carta de suscetibilidade, relacionando o número total de ocorrências (soma da interpretação dos sobrevãos de 72, 78, 95), às classes de declividade (QUADRO 19) (ANEXO II - DESENHO 2) e com os tipos de solo (QUADRO 20) (ANEXO II - DESENHO 3).

Classes de declividade	Área km ²	Número de feições de erosão									
		Boçorocas		Ravinas		Concentração de feições erosivas de pequeno porte		Solapamento de margens fluviais		Total	
		N ^o	ICE	N ^o	ICE	N ^o	ICE	N ^o	ICE	N ^o	ICE
0-6%	61,52	35	0,57	258	4,19	6	0,10	18	0,29	317	5,15
6-12%	58,20	41	0,70	611	10,50	39	0,67	6	0,10	697	11,98
12-20%	28,65	39	1,36	476	16,61	35	1,22	11	0,38	561	19,58
20-30%	4,03	13	3,23	62	15,39	2	0,50	0	0,00	77	19,11
>30%	0,51	2	3,96	12	23,76	0	0,00	0	0,00	14	27,72

QUADRO 19 – Número de ocorrências de erosão por classe de declividade

A seguir, são apresentados os gráficos do número de tipos de erosões por classe de declividade:



O QUADRO 19, além dos gráficos 32 a 37, subsidia a análise do parâmetro declividade em relação à suscetibilidade. Através da soma das feições fotointerpretadas nas três datas, pode-se concluir que:

a) A tendência geral dos processos é aumentar o índice de concentração conforme o aumento de declividade, o que determina maior suscetibilidade para as classes de maior declividade. Exceções são observadas nas classes entre 20% e 30% para o resultado total, solapamento de margens fluviais e para as feições de pequeno porte e, na classe superior a 30%, para ravina, solapamento de margens fluviais e para feições erosivas de pequeno porte;

b) O solapamento de margens fluviais ocorre de maneira incipiente nas declividades mais altas por serem as áreas de cabeceira de drenagem, onde os processos mais comuns nas linhas de talvegue são as boçorocas. Os solapamentos de margens fluviais ocorrem em maior número nos trechos de jusante, nas linhas de talvegue onde possuem declividades inferiores;

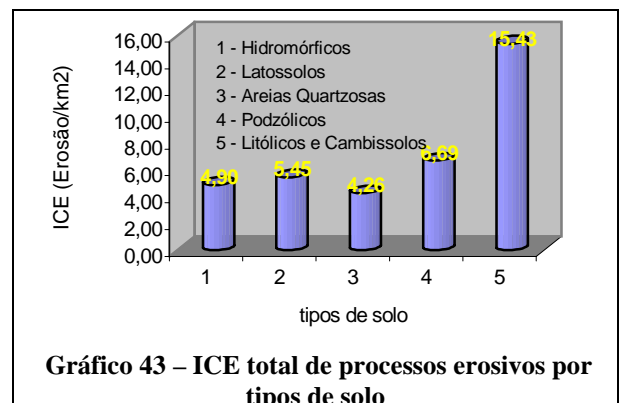
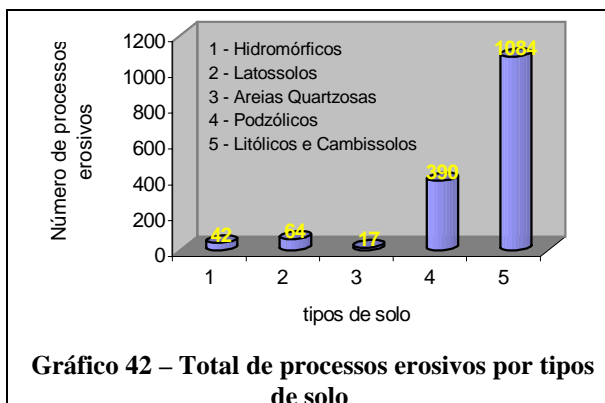
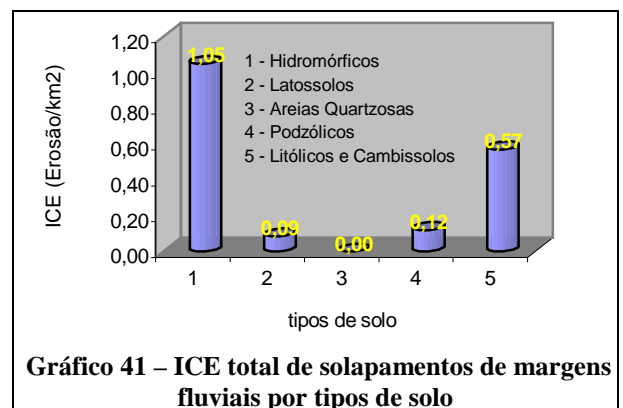
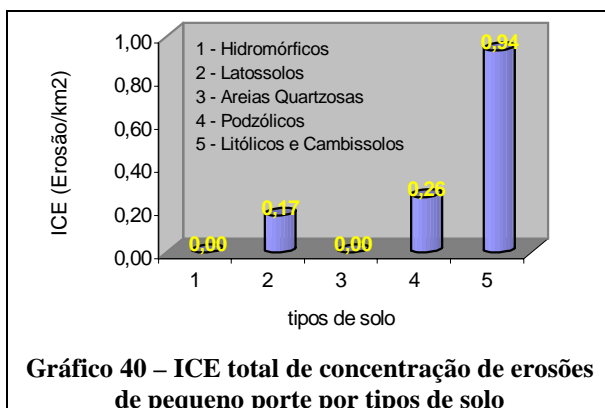
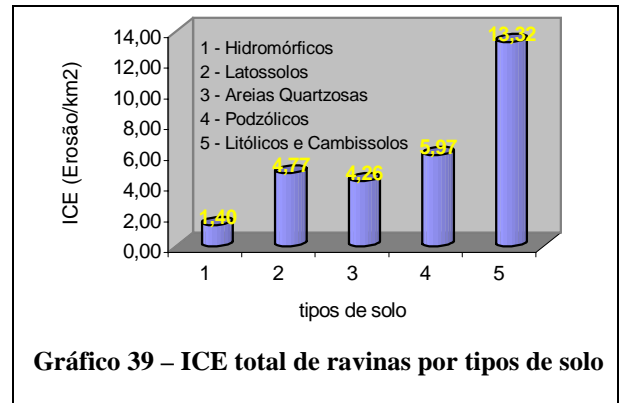
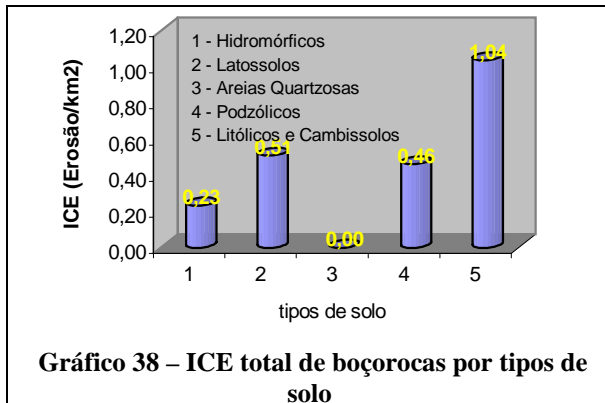
c) O fato de a concentração de feições erosivas de pequeno porte não ocorrer predominantemente em declividades superiores a 30%, pode ser explicado pela alta fragilidade dos solos nestes terrenos, que, associados à alta declividade, faz com que os processos rapidamente evoluam para ravinas e boçorocas. Outro fator pode estar relacionado ao uso do solo, ou seja, à dificuldade de realização de culturas nestes terrenos, o que determina a manutenção de cobertura vegetal e preservação destas áreas.

Também como subsídio à confecção da carta de suscetibilidade, foi relacionado o número total de ocorrências (soma da interpretação dos sobrevãos de 72, 78, 95), aos tipos de solo (QUADRO 20).

Tipos de solo	Área km ²	Número de feições de erosão									
		Boçorocas		Ravinas		Concentração de feições erosivas de pequeno porte		Solapamento de margens fluviais		Total	
		Nº	ICE	Nº	ICE	Nº	ICE	Nº	ICE	Nº	ICE
Hidromórficos	8,58	2	0,23	12	1,40	0	0,00	9	1,05	42	4,90
Latossolos	11,73	6	0,51	56	4,77	2	0,17	1	0,09	64	5,45
Areias Quart.	3,99	0	0,00	17	4,26	0	0,00	0	0,00	17	4,26
Podzólicos	58,33	27	0,46	348	5,97	15	0,26	7	0,12	390	6,69
Litólicos e Cambissolos	70,26	73	1,04	936	13,32	66	0,94	40	0,57	1084	15,43

QUADRO 20 – Número de ocorrências de erosão por tipo de solo

A seguir, são apresentados os gráficos do número de tipos de erosões por tipos de solo:



O QUADRO 20, além dos gráficos 38 a 43, subsidia a análise do parâmetro solo em relação à suscetibilidade dos terrenos. Através da soma das feições fotointerpretadas nas três datas, pode-se concluir que:

a) Os solos Litólicos predominam na área de estudo e são os que apresentam a maior concentração de processos erosivos, principalmente os lineares, estando apenas em segundo lugar com relação aos processos de solapamento de margens fluviais. É importante lembrar que a unidade de “solos Litólicos” engloba outros tipos de solos (associação de solos). Desta forma o registro de grande número de boçorocas e solapamento de margens fluviais, se

explica pela ocorrência destes processos em solos hidromórficos de cabeceiras de drenagem e planícies fluviais respectivamente.

b) A ocorrência de maior concentração de boçorocas em Latossolos em relação aos Podzólicos pode estar condicionado ao tipo de uso do solo, bem como ao fato de estes Latossolos possuírem um gradiente textural, tendendo à podzolização e favorecendo a formação destes processos em posição diferenciada nas vertentes, ou seja, próximo ao topo em cabeceiras de drenagem;

c) As Areias Quartzosas, apesar de possuir baixo teor de argila e alto teor de areia e, por isso, apresentar baixa consistência e compacidade, tem a menor concentração de processos erosivos. Este fato deve-se provavelmente à situação geomorfológica de ocorrência destes solos, ou seja, áreas de extensas planícies e ao uso do solo nestes locais como pastagens;

d) Segundo o proposto por SALOMÃO (1994b), a hierarquização dos solos, com relação à suscetibilidade à erosão, faz-se a partir da mais alta: Litólicos, Podzólicos, Areia Quartzosa, Latossolo e Hidromórfico. Os índices levantados na área de estudo identificam inversão da Areia Quartzosa com o Latossolo, sendo o Latossolo mais suscetível. Este fato deve-se, provavelmente, à podzolização do Latossolo e à situação geomorfológica das Areias Quartzosas, o que define a tipologia dos processos na área de estudo, bem como pode estar relacionado ao uso do solo.

e) Os dados mostram a alta concentração de processos erosivos para todos os tipos de solos que ocorrem nas bacias dos córregos do Cedro, Limoeiro e Faz. Nayran, sendo esta mais uma evidência do quão crítica é esta área.

5.4 Cadastro das erosões urbanas

O resultado do cadastro das erosões urbanas está apresentado no ANEXO III – CD ROM. Foram cadastradas 22 erosões urbanas, sendo cinco no município de Álvares Machado e 17 no município de Presidente Prudente.

Das 22 erosões levantadas, 20 encontram-se em talvegues e duas próximas às drenagens, no terço inferior da vertente. Observou-se que sete são típicas boçorocas de cabeceira de drenagem, três são ravinas profundas, e as 12 restantes boçorocas em porções

mais suaves dos talwegues, com evidências de evolução por solapamento de margens fluviais. Encontram-se ativas 16 boçorocas, em franco processo de evolução de cabeceira e/ou evolução lateral, enquanto existem três feições erosivas parcialmente estabilizadas (ravinas) e uma controlada.

O cadastro possibilitou a concepção de obras de controle e a realização de uma estimativa de custo de obras de controle de cada uma das erosões (QUADRO 21).

EROSÕES	MUNICÍPIO	CUSTO R\$
1 – Marcílio Dias	Álvares Machado	68.283,35
5 - rua Pexinguinha	Álvares Machado	15.907,05
6 - Jd. Cobral	Presidente Prudente	35.969,85
10 – Inocoop	Presidente Prudente	315.314,80
13 - Jd. Sabará	Presidente Prudente	327.899,26
14 - Jd. Vale do Sol	Presidente Prudente	699.783,98
17 - Ana Jacinta I	Presidente Prudente	207.955,70
18 - Ana Jacinta II	Presidente Prudente	186.862,60
21 - Esgoto da Sabesp	Presidente Prudente	81.447,92
22 - Av. Cel. José Soares Marcondes	Presidente Prudente	70.661,09
8 - Jd. Mediterrâneo	Presidente Prudente	87.480,87
11 – Balneário	Presidente Prudente	285.403,40
12 - Buraco do Tiezzi	Presidente Prudente	163.284,30
2 - rua Olavo Bilac	Álvares Machado	21.968,29
3 - rua Sete de setembro	Álvares Machado	114.760,58
4 - rua Orlando Silva	Álvares Machado	31.875,89
7 - Fepasa	Presidente Prudente	34.493,36
9 - Jd. Sta. Clara	Presidente Prudente	
15 - Jd. Jequitibás	Presidente Prudente	69.588,00
16 - Cj. Mário Amato	Presidente Prudente	140.714,12
19 - Aeroporto	Presidente Prudente	4.100,00
20 - Distrito Industrial	Presidente Prudente	6.783,80
	Total Geral	2.270.754,23
	Total Presidente Prudente	2.017.959,07
	Total Álvares Machado	252.795,16

Fonte: RIDENTE JR. et al. 1998b

QUADRO 21 – Erosões cadastradas e custos estimados de controle.

A estimativa de custo das obras de controle das erosões urbanas cadastradas dá idéia do volume de dinheiro a ser gasto por estes municípios para que seja realizado o controle dos processos. Nos cálculos dos custos das obras, estão contidas apenas obras de drenagem, movimentação de terra (corte e aterro) e revegetação, que visam apenas a controlar os processos. Para a recuperação das áreas degradadas por erosão, onde uma nova destinação e uso urbano serão dados aos locais, as obras podem vir a ter custos muito superiores a estes, se se considerar a instalação de infra-estrutura urbana para estas áreas (projetos paisagísticos,

praças, parques, quadras, ruas, ou outros equipamentos urbanos) (RIDENTE JR. et. al., 1998b).

5.5 Suscetibilidade à erosão

A análise integrada de informações obedeceu a critérios que ajustam relevos com potencialidades diferenciadas ao desencadeamento de processos erosivos com diferentes tipos de solo, identificando as unidades de análise com diferentes graus de suscetibilidade. A integração com os dados de feições de erosão fotointerpretadas originou a carta de suscetibilidade à erosão (ANEXO II - DESENHO 5). A área de estudo foi dividida em cinco unidades de análise, para as quais foram atribuídos, para os diferentes tipos de processos de erosão identificados na área (boçorocas, ravinas, sulcos e calhas, erosão laminar e solapamento de margens fluviais), diferentes graus de suscetibilidade (muito alta, alta, média, baixa e muito baixa).

Há predomínio de graus de muito alta e alta de suscetibilidade à erosão (QUADRO 22). Este fator identifica que a área de estudo possui considerável fragilidade aos processos erosivos e que medidas de prevenção devem ser adotadas.

Unidades de suscetibilidade à erosão	Área em km²	%
Unidade 5	83,70	54,7
Unidade 4	24,94	16,3
Unidade 3	22,59	14,8
Unidade 2	11,71	7,6
Unidade 1	9,95	6,5
	152,9	100

QUADRO 22 – Área das unidades de suscetibilidade à erosão

5.5.1 Unidade de análise 1

Esta unidade pode ser representada por vários processos de erosão com diferentes graus de suscetibilidade (QUADRO 23)

Processos	Erosão laminar	Erosão linear de pequeno porte	Erosão linear de grande porte	Solapamento de margens fluviais
Suscetibilidade				
Grau	Baixa	Muito baixa	Muito baixa	Muito alta

QUADRO 23 – Grau de suscetibilidade à erosão para a Unidade de análise 1

Correspondem às planícies fluviais, caracterizadas pelos solos hidromórficos, em declividades de 0% a 6%. Constituem áreas de acumulação de sedimentos ao longo das drenagens. Estas áreas configuram extensas planícies fluviais próximo à foz dos córregos do Limoeiro, Cedro, Cedrinho e do rio Santo Anastácio.

5.5.2 Unidade de análise 2

Esta unidade pode ser representada por vários processos de erosão com diferentes graus de suscetibilidade (QUADRO 24)

Processos Suscetibilidade	Erosão laminar	Erosão linear de pequeno porte	Erosão linear de grande porte	Solapamento de margens fluviais
Grau	Média	Baixa	Baixa	Muito baixa

QUADRO 24 – Grau de suscetibilidade à erosão para a Unidade de análise 2

Os principais domínios desta unidade correspondem aos relevos de colinas muito suaves, com declividades que variam de 0% a 6%, associados principalmente a solos do tipo Areia Quartzosa e Latossolo, que caracterizam os setores do baixo curso dos córregos do Limoeiro e do Cedro. Em alguns topos de colinas com declividades entre 0% e 6%, também ocorrem associados a Latossolos e Podzólicos.

5.5.3 Unidade de análise 3

Esta unidade pode ser representada por vários processos de erosão com diferentes graus de suscetibilidade (QUADRO 25)

Processos Suscetibilidade	Erosão laminar	Erosão linear de pequeno porte	Erosão linear de grande porte	Solapamento de margens fluviais
Grau	Alta	Alta	Média	Média

QUADRO 25 – Grau de suscetibilidade à erosão para a Unidade de análise 3

Referem-se aos topos de colinas menos extensos e a vertentes mais suaves. Predominam nestes terrenos solos Podzólicos em declividades de 6% a 12% e Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média, em declividades inferiores a 12% e eventualmente Areias Quartzosas e solos hidromórficos.

5.5.4 Unidade de análise 4

Esta unidade pode ser representada por vários processos de erosão com diferentes graus de suscetibilidade (QUADRO 26)

Processos Suscetibilidade	Erosão laminar	Erosão linear de pequeno porte	Erosão linear de grande porte	Solapamento de margens fluviais
Grau	Muito alta	Muito alta	Alta	Alta

QUADRO 26 – Grau de suscetibilidade à erosão para a Unidade de análise 4

Corresponde aos setores de declividades com intervalos de 12% a 20% em solos do tipo Podzólicos e Litólicos. Ocorrem nos interflúvios mais estreitos e em vertentes de colinas médias.

5.5.5 Unidade de análise 5

Esta unidade pode ser representada por vários processos de erosão com diferentes graus de suscetibilidade (QUADRO 27)

Processos Suscetibilidade	Erosão laminar	Erosão linear de pequeno porte	Erosão linear de grande porte	Solapamento de margens fluviais
Grau	Muito alta	Muito alta	Muito alta	Muito alta

QUADRO 27 – Grau de suscetibilidade à erosão para a Unidade de análise 5

São predominantes nas duas bacias da área de estudo (córregos do Limoeiro e do Cedro), formando um conjunto expressivo no setor das cabeceiras. A suscetibilidade à erosão se define em decorrência do predomínio de solos rasos (Litólicos e Cambissolos), em declividades variadas e Podzólicos em declividades acima de 20%. Normalmente estão associados a relevos com forte tendência erosiva; como é o caso das pequenas cornijas e rupturas de declive ao sul da bacia do Limoeiro (vertentes da margem direita).

A erosão linear de grande porte é caracterizada, principalmente, pelos processos de reativação de cabeceiras de drenagens, sendo muito comum encontrar boçorocas em linhas de talvegue.

As cabeceiras de drenagens são os setores preferenciais para ocorrência dos processos erosivos. As áreas de muito alta suscetibilidade à erosão linear são expressivas em toda área de médio e alto curso dos córregos do Limoeiro e do Cedro.

5.6 Risco de erosão

Foram classificadas seis unidades de risco de erosão. Cinco unidades correspondem ao risco potencial e são determinadas pela análise conjunta da carta de suscetibilidade à erosão e o mapa de uso e ocupação do solo e, uma unidade representando áreas de risco instalado, ou seja, as erosões cadastradas. As cinco unidades de risco potencial representam cinco graus de risco de erosão, assim classificados: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto, além da unidade de risco instalado. A carta de risco de erosão (ANEXO II - DESENHO 6) é caracterizada pelo predomínio de áreas com risco potencial mediano de erosão.

A pesquisa constata que o processo de urbanização proporciona o aumento no grau de risco de erosão nas áreas de expansão, à medida que este processo é feito de forma desordenada e sem planejamento. Atualmente, nas áreas de expansão não é feito estudo relativo ao meio físico para se projetar o traçado viário, tamanho de lotes e sistema de drenagem a ser utilizado. A falta de conhecimento do meio físico, na fase de projeto e na fase instalação dos loteamentos e conjuntos habitacionais, pode gerar a deflagração de diferentes tipos de processos erosivos, elevando a área a uma situação de risco muito alto.

A seguir são apresentadas as principais características das unidades de risco de erosão e as recomendações para o uso do solo urbano.

5.6.1 Unidade de Risco potencial muito baixo

São áreas expressivas junto aos baixos cursos dos córregos do Cedro, do Limoeiro e ao longo do rio Santo Anastácio, caracterizadas pelas planícies fluviais. Correspondem a extensas áreas de acumulação onde são formados grandes depósitos de assoreamento.

Possui tipos de uso e ocupação do solo, como, vegetação característica de depósitos de assoreamento, mata ciliar e/ou pastagens.

Correspondem a áreas de baixa suscetibilidade a processos de erosão laminar, muito baixa à erosão linear e muito alta a processos de solapamento de margens fluviais. Estas áreas

estão intrinsecamente ligadas à dinâmica fluvial atual, que recebe a carga de detritos carreados das vertentes.

A ocorrência de processos erosivos nestes locais gera pequenas conseqüências, pois as feições de erosão linear são raras, e a ocupação é rural. No entanto, pode ocorrer degradação ambiental, pois, embora sejam áreas de baixo risco de erosão, os processos erosão/deposição/erosão (reentalhe de drenagem) são comuns. Alguns eventos e interferências mais significativas são capazes de modificar estes setores rapidamente, passando para uma unidade de muito alto risco, através da instalação de processo de solapamento de margens fluviais. Nestes casos podem destruir pequenas porções de mata ciliar, bem como atingir o meio viário rural (pequenas pontes e estradas de terra). O principal problema associado a esta área é a perda da capacidade de armazenamento dos reservatórios de abastecimento devido ao assoreamento.

5.6.2 Unidade de Risco potencial baixo

Possui baixa a média suscetibilidade a processos de erosão linear, média suscetibilidade a processos de erosão laminar e muito baixa suscetibilidade a solapamento de margens fluviais (setores de topos e vertentes suavemente convexas e/ou retilíneas e, próximo à foz do córrego do Limoeiro, estas colinas cedem lugar a um relevo praticamente tabular).

As áreas de baixo risco de erosão ocorrem em interflúvios mais amplos (sudoeste de Presidente Prudente) e são, embora com algumas restrições, as áreas mais favoráveis à ocupação. A maior parte delas já está ocupada pela área urbana.

Outras áreas, de baixo risco por exemplo, são aquelas adjacentes aos baixos cursos dos córregos do Cedro e do Limoeiro (relevo tabular) recoberto por pastagens e são afastadas dos centros urbanos.

Neste setor a presença de sulcos e ravinas é pouco significativa (são mais evidentes, quando próximas do contato das áreas de mais alta suscetibilidade à erosão). Podem ser observados trechos de estradas de terra encaixadas.

São também de baixo risco de erosão, as áreas urbanas consolidadas, quando apresentam infra-estrutura adequada, porém, podem causar problemas para os setores de jusante quando não houver um sistema de drenagem integrado e eficiente.

As conseqüências da deflagração de processos erosivos em áreas rurais são a degradação ambiental incipiente, muito semelhante da unidade de risco 1. Quando a ocupação é urbana, a conseqüência pode ser mais grave, como destruição de bens públicos, deterioração do meio viário, etc., porém, os processos são muito raros.

5.6.3 Unidade de Risco potencial médio

O médio risco de erosão é determinado, principalmente, por duas situações. A primeira por terrenos de suscetibilidade à erosão de média a muito alta, ocupado pela área urbana consolidada. A segunda por terrenos de suscetibilidade desde baixa a muito alta ocupado por pastagens na área rural.

Em relação aos processos, possuem alta e muito alta suscetibilidade à erosão laminar, média a muito alta suscetibilidade à erosão linear e baixa a muito alta suscetibilidade à solapamento de margens fluviais.

Na carta de risco de erosão, pode-se notar o predomínio desta unidade de risco. Esta unidade é caracterizada por áreas rurais onde se desenvolvem principalmente pastagens e por área urbana consolidada (infra-estrutura completa), com suscetibilidade à erosão diferenciada entre média a muito alta.

Muito localmente (não-representativo na escala do mapa) também são consideradas áreas de risco alto aquelas que, embora a suscetibilidade seja de baixa a média, são ocupadas por áreas de empréstimo, áreas parceladas ou trechos de loteamentos não-consolidados. Estas condições são determinantes para provocar a deflagração dos processos erosivos, caso medidas não sejam tomadas.

Nestas áreas, é comum encontrar, além da erosão laminar (pastagens), ravinas de grande porte, boçorocas e solapamentos de margens fluviais localmente, além de trechos críticos de estradas de terra encaixada.

Como conseqüência da instalação de processo erosivo, têm-se, em área rural, a degradação ambiental e a destruição de áreas de pastagens (perda de solo) e benfeitorias. A ocorrência de feições de maior porte pode levar à morte de animais, como gado e cavalos ao caírem dentro destas. Em área urbana, as conseqüências são mais graves, pois bens públicos, sistema viário e moradias podem ser atingidos.

Estas são áreas que, na maior parte do tempo, se encontram e ficam numa situação estável em relação à erosão. No entanto, conforme a urbanização avança ou outra forma de uso do solo, como estradas, culturas anuais, etc., estas áreas passam para uma situação de risco mais alto. Quando não possuem um uso do solo tão agressivo às suas características naturais, permanecem numa situação de equilíbrio com relação à erosão.

5.6.4 Unidade de Risco potencial alto

Determinado pela muito alta suscetibilidade à erosão laminar, média a muito alta suscetibilidade à erosão linear e baixa a muito alta suscetibilidade a solapamentos de margens fluviais, sempre associadas ao uso do solo com culturas temporárias.

Podem ocorrer intensos processos de erosão laminar e processos de erosão linear em cabeceiras de drenagem e em áreas de concentração de fluxo d'água, além de solapamento de margens fluviais nos talvegues de drenagem.

Se ocorrer a instalação de processos erosivos, as conseqüências podem ser graves degradações ambientais através da abertura de feições de grande porte e do intenso carreamento de solo para as áreas de jusante (rios e lagos). Ocorre perda da produtividade agrícola, e a área terá alto custo para a recuperação. Como conseqüência da instalação de um processo, têm-se a degradação ambiental e a destruição de áreas de pastagens (perda de solo) e benfeitorias. A ocorrência de feições de maior porte pode levar a morte de animais, como gado e cavalos ao caírem dentro destas.

5.6.5 Unidade de Risco potencial muito alto

Determinado pela alta suscetibilidade dos terrenos (muito alta suscetibilidade à erosão laminar, média a muito alta suscetibilidade à erosão linear e alta a muito alta suscetibilidade a solapamento de margens fluviais), associada a áreas de expansão urbana sem infra-estrutura adequada (loteamentos em consolidação, áreas parceladas e áreas com movimento de terra).

Podem ocorrer processos de erosão linear e laminar em terrenos desprotegidos e processos de erosão linear nas cabeceiras de drenagem e nos arruamentos de terra, além de solapamento de margens fluviais nos talvegues de drenagem e fundos de vale.

A ocorrência de processos nestes locais pode levar às mais graves conseqüências, como: grave degradação ambiental através da remoção e carreamento de grande volume de solo para as áreas de jusante (rios e drenagens), além de destruição de bens públicos, vias de acesso e moradias, podendo causar inclusive morte.

A bacia do córrego do Cedro, onde está localizado o reservatório de abastecimento de água da cidade de Presidente Prudente, apresenta vários setores identificados como áreas de muito alto risco de erosão linear. Estas áreas são caracterizadas por loteamentos de baixa renda, sem infra-estrutura (ruas sem pavimentação e sistema de drenagem deficiente) como o conjunto habitacional Ana Jacinta e áreas de movimentação de terra e parcelamento do solo para instalação de loteamentos de médio/alto padrão, em terrenos de alta/muito alta suscetibilidade à erosão a processos de erosão linear. Estas duas situações caracterizam as principais fontes diretas de produção de sedimentos para os afluentes e, conseqüentemente, para o próprio córrego do Cedro, provocando o assoreamento e comprometendo a capacidade de armazenamento do Reservatório da Sabesp.

Na área das cabeceiras do córrego do Limoeiro (setores de risco muito alto) foram identificados processos de erosão de cabeceira de drenagem, solapamento das margens fluviais e ravinas ao longo dos arruamentos dos novos loteamentos (Jardim Novo Bongiovani). A quantidade de solo remobilizado é grande e contribui continuamente para o assoreamento do Balneário da Amizade (reservatório de abastecimento e lazer). Com a tendência à ocupação neste setor da bacia (caracterizando o fenômeno da conurbação Presidente Prudente–Álvares Machado), os problemas relativos à erosão poderão se agravar, principalmente quanto ao aumento da produção de sedimentos para o reservatório.

Logo a jusante do Balneário da Amizade, após a confluência com o córrego do Veado, no córrego do Limoeiro existe um dos trechos mais críticos da bacia, apresentando instabilidade das margens fluviais causadas por processos de solapamento.

5.6.6 Unidade de Risco Instalado

Estão incluídas nesta unidade todas as áreas ao redor das erosões lineares de grande porte que foram cadastradas e identificadas em campo (ANEXO I – FOTO 15), além das áreas com solapamentos de margens fluviais e estradas de terra encaixadas. O risco é determinado devido à possibilidade de avanço destes processos, que podem vir a atingir a

ocupação que se localiza próxima destas áreas. São áreas com muito baixa a muito alta suscetibilidade à erosão.

Como consequência da existência destes processos, tem-se impacto permanente nos recursos hídricos e ao meio ambiente. Devido à atividade dos processos, ocorre a destruição cíclica de bens públicos e interrupção de vias de acesso, o que obriga as prefeituras municipais a investir dinheiro em controle continuamente. Além disto, estes processos podem atingir moradias e, até, causar mortes (ANEXO I – FOTO 16).

As estradas de terra encaixadas constituem um sério problema, pois o desenvolvimento do processo erosivo interrompe o acesso entre bairros e os centros urbanos, trazendo sérias consequências à educação (transporte de estudantes) e à saúde pública (transporte de doentes). O processo erosivo nas estradas vicinais é muito expressivo, provocando o aprofundamento do leito e, conseqüentemente, o aumento da altura dos taludes laterais, que passam a evoluir por processos gravitacionais de massa (ANEXO I – FOTO 17). Estas estradas necessitam de monitoramento e medidas de recuperação efetivas.

5.7 Plano de prevenção e controle de erosão

A atual situação em relação à prevenção e controle da erosão na área de estudo é muito precária. As prefeituras municipais de Presidente Prudente e Álvares Machado não possuem técnicos com conhecimento em controle de erosão, como também não existe plano de emergência no caso da deflagração de novo processo ou avanço repentino de um processo instalado e, ainda, não possuem condições financeiras de realizar obras de controle e contenção das erosões que se encontram em atividade. Estas condições proporcionam um aumento no grau de risco segundo apresentado por SHOOK (1997).

Para processos de erosão, planos de ação para que sejam evitados acidentes e ou impactos ambientais relacionados a estes processos, possuem na prevenção o maior número de trabalhos. Como já apresentado nos capítulos anteriores, estes trabalhos, em sua maioria, utilizam apenas dados do meio físico e por vezes hidrológicos para a delimitação de unidades homogêneas, sendo raros os que utilizam dados de uso e ocupação do solo e que apresentam análise sobre as consequências da instalação dos processos. A análise conjunta com o uso e ocupação do solo proporciona ações de gestão urbana. Com base na análise de uso e ocupação

do solo e das conseqüências da instalação de novos processos erosivos, elaborou-se o plano de prevenção e controle de erosões para a área de estudo.

Planos de controle de processos erosivos já foram realizados para algumas cidades do Estado de São Paulo pelo IPT, como Bauru, São José do Rio Preto, Franca e para a própria área de estudo. Estes planos utilizam-se da análise de criticidade dos processos, como proposto por IWASA (1995). Na presente pesquisa, o controle dos processos erosivos fundamenta-se na análise de risco para cada tipo de processo em particular. Assim, as situações que se caracterizam por apresentar maior grau de risco são identificadas como prioritárias para as ações de controle dos processos erosivos.

Por fim, são apresentadas ações a serem tomadas nos casos de emergência, quando da deflagração de novo processo erosivo ou de avanço repentino dos processos instalados.

As recomendações, medidas e ações indicadas por esta pesquisa, só terão sentido se forem utilizadas e aplicadas por equipe técnica que possua capacitação para atuação em planejamento urbano e recuperação de áreas degradadas e seja conhecedora dos processos erosivos, das condições de uso e ocupação do solo e do meio físico. Neste sentido, pode ser considerada mais uma etapa do plano de prevenção e controle de erosão, o treinamento das equipes técnicas municipais.

5.7.1 Plano de prevenção

As medidas de prevenção e controle de problemas oriundos da ocorrência da erosão em áreas urbanas, tema principal desta pesquisa, passam, por vezes, pela necessidade de desenvolvimento de soluções normativas, em relação à legislação de parcelamento do solo urbano e ao código de obras, conforme as características do meio físico local (IWASA & FENDRICH, 1998) e, também, pelas características da ocupação atual. Ainda segundo os autores citados, é fundamental que os planos diretores dos municípios, principalmente aqueles cujos terrenos apresentam maior predisposição natural à formação da erosão (como da área de pesquisa), contemplem leis sobre parcelamento do solo e código de obras que determinem medidas preventivas à erosão em áreas urbanas (QUADRO 28).

TIPOS DE CARTAS	AÇÕES DE CONTROLE DE EROÇÃO	SUBSÍDIO A LEIS
Suscetibilidade	Futuras, prevenção.	Plano diretor (parcelamento do solo urbano), leis ambientais (definição de áreas de proteção ambiental), lei de zoneamento urbano e leis sobre recursos hídricos.
Risco	Futuras, prevenção e imediatas, correção.	Plano diretor (parcelamento do solo urbano), código de obras (priorização de investimentos), leis ambientais (recuperação de áreas degradadas), leis sobre recursos hídricos e lei de zoneamento urbano.

QUADRO 28 – Aplicação das cartas de suscetibilidade e risco de erosão na legislação municipal.

Neste sentido, para cada unidade de risco potencial de erosão, foram definidas recomendações quanto à futura urbanização da área (concepção e execução da obra de loteamentos e conjuntos habitacionais), bem como para a sua manutenção, com o objetivo de que seja evitada a deflagração de processos erosivos, com base em IPT (1987) e IPT (1997) (QUADRO 29). As recomendações quanto à concepção e execução da obra de conjuntos habitacionais e loteamentos, quando adaptados, também cabem à carta de suscetibilidade à erosão.

5.7.1.1 Recomendações para a unidade de Risco Instalado

As recomendações para estas áreas estão relacionadas ao controle dos processos erosivos e passam pela estabilização dos seus taludes laterais através de obras de drenagem superficial e subterrânea, corte/aterro e revegetação. Estas recomendações estão apresentadas detalhadamente no cd-rom que contém as fichas de cadastro (ANEXO 3) e no item 5.7.2 - Plano de controle, deste capítulo.

QUADRO 29 – Recomendações para concepção, execução e manutenção das unidades de risco

Prevenção Risco potencial	Comentários	Recomendações
Muito baixo	São áreas não recomendáveis para a ocupação urbana, exceto para parques e lazer.	<p>Na concepção do uso destas áreas, destacam-se:</p> <ul style="list-style-type: none"> • de acordo com os limites desta classe, mantê-las como áreas de preservação permanente (faixa mínima de 30 m a partir do eixo da drenagem,); • prever dimensionamento adequado das calhas e travessias do sistema de drenagem e sistema viário; e • recomposição da mata ciliar. <p>Durante a execução de obras, deve-se estar alerta para alguns cuidados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • na construção de parques, áreas de lazer e vias de acesso, deve-se realizar a investigação das características geotécnicas dos terrenos (solos moles), através de sondagens a trado e percussão; • durante a execução dos projetos, devem-se evitar obras de movimentação de terra no período chuvoso (outubro a março) para minimizar o aporte de sedimentos para as calhas fluviais; • aterros provisórios devem ser feitos com critérios adequados e monitoramento constante para não obstruir o sistema de drenagem. <p>Na manutenção destas áreas, recomendam-se:</p> <ul style="list-style-type: none"> • efetuar inspeção periódica dos sistemas de drenagem instalados; • desassorear constantemente os sistemas obstruídos e providenciar disposição do material em local adequado; • providenciar reparo de obras de drenagem; • manter a preservação da vegetação junto às margens dos cursos d'água (procurando acompanhar ao máximo a faixa de preservação permanente); • coibir, através de fiscalização intensiva, as ocupações irregulares (favelas, loteamentos clandestinos etc.) junto às planícies fluviais (várzeas).

Continuação...

Continua

Prevenção Risco potencial	Comentários	Recomendações
Baixo	<p>Áreas sem restrições geológico-geotécnicas à ocupação urbana. Nestes extensos planos ocorrem processos de erosão laminar, sendo os sulcos e ravinas incipientes. Nestas áreas podem ocorrer processos de enchentes e alagamentos localizados, devido ao relevo ser muito plano. São áreas favoráveis à ocupação urbana; devendo sempre atentar para as medidas e diretrizes.</p>	<p>Na concepção do uso destas áreas, destacam-se:</p> <ul style="list-style-type: none"> • manter como áreas de preservação permanente (faixa mínima de 30 m a partir das margens fluviais), incluindo as áreas de planícies e terraços aluviais; • recomposição da mata ciliar (margens fluviais), destinando tais áreas à preservação e parques; • prever sistema de drenagem eficiente na coleta, adução e dissipação de águas pluviais e servidas para que seja evitado o alagamento de pontos isolados; • construir sistemas de barramentos junto às linhas dos talwegues, visando o retardamento do escoamento superficial; e • assegurar infra-estrutura básica na abertura de novos loteamentos: rede de água, rede de esgoto, vias pavimentadas, sistema de drenagem completo, calçamento, muros nos terrenos (mesmo que sejam de 30 cm); <p>Durante a execução de obras, deve-se estar alerta para alguns cuidados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • realizar investigação das características geotécnicas dos terrenos, através de sondagens a trado e percussão, antes de iniciar obras na área; • prever dimensionamento adequado das calhas e travessias do sistema de drenagem e sistema viário; • durante a execução dos projetos, deve-se evitar obras de movimentação de terra no período chuvoso para minimizar o aporte de sedimentos para as calhas fluviais; • nas áreas institucionais providenciar cobertura vegetal, para favorecer a infiltração de água; • nas áreas rurais obedecer medidas de conservação de solo; <p>Na manutenção destas áreas, recomenda-se:</p> <ul style="list-style-type: none"> • realizar inspeção periódica das adutoras de água e sistema de esgoto e do sistema viário; • inspeção periódica do sistema viário para verificar qualquer alteração face a ocorrência de erosão; • manter os lotes vazios sempre com cobertura vegetal; • revegetação das áreas com solo exposto; • prever em áreas institucionais (não impermeabilizadas) cobertura vegetal constante para favorecer a infiltração de águas e retardar o escoamento superficial; e • recuperação das estradas vicinais encaixadas.

Continuação...

Continua

Prevenção Risco potencial	Comentários	Recomendações
Médio	São as áreas mais favoráveis à ocupação; devendo sempre atentar para as medidas e diretrizes para a ocupação.	<p>Na concepção do uso destas áreas, destacam-se:</p> <ul style="list-style-type: none"> • manter como áreas de preservação permanente (faixa mínima de 30 m a partir das margens fluviais), incluindo cabeceiras de drenagem e podendo se estender conforme os processos atuantes; • efetuar recomposição da mata ciliar (margens fluviais e cabeceiras de drenagem), destinando tais áreas à preservação e parques; • prever a integração do sistema de drenagem entre as áreas de montante e jusante; • prever coleta, adução e dissipação de águas pluviais e servidas; • prever sistemas de retenção do escoamento superficial; e • assegurar infra-estrutura básica na abertura de novos loteamentos: rede de água, rede de esgoto, vias pavimentadas, sistema de drenagem completo, calçamento, muros nos terrenos (mesmo que sejam de 30 cm). <p>Durante a execução de obras,:</p> <ul style="list-style-type: none"> • realizar investigação das características geotécnicas dos terrenos, através de sondagens antes de iniciar obras na área; • prever dimensionamento adequado das calhas e travessias do sistema de drenagem e sistema viário; • durante a execução dos projetos, devem-se evitar obras de movimentação de terra no período chuvoso para minimizar o aporte de sedimentos para as áreas de jusante/calhas fluviais; • ao realizar obras de movimentação de terra, assegurar a não-ocorrência ou deflagração de processos erosivos; • evitar concentração de água superficial em cabeceiras de drenagem; • nas áreas institucionais providenciar cobertura vegetal, para favorecer a infiltração de água; • no traçado do sistema viário, evitar ruas extensas e perpendiculares às curvas de nível; • nas áreas rurais obedecer a medidas de conservação (terraços, curvas de nível, etc.); • instalar os loteamentos de jusante para montante. <p>Na manutenção destas áreas, seguir recomendações das unidades de risco anteriores de erosão e acrescentar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • monitoramento constante e assistência às obras de drenagem, em especial das estruturas de dissipação.

Continuação...

Continua

Prevenção Risco potencial	Comentários	Recomendações
Alto	Áreas favoráveis à ocupação, desde que dotadas de infra-estrutura adequada.	<p>Na concepção do uso destas áreas, seguir recomendações das unidades de risco baixo e médio de erosão e acrescentar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • manter como áreas de preservação permanente (faixa mínima de 30 m a partir das margens fluviais), incluindo cabeceiras de drenagem e nascentes de água, podendo se estender conforme os processos atuantes; • proceder à recomposição da mata ciliar (margens fluviais e cabeceiras de drenagem), destinando tais áreas à preservação e parques; • prever a integração do sistema de drenagem entre as áreas de montante e jusante; • prever coleta, adução e dissipação de águas pluviais e servidas; • evitar projetos que levem a execução de terraplanagens extensivas; • evitar o escoamento concentrado de águas pluviais nos leitos das vias ainda não-pavimentadas e cabeceiras de drenagem, lançando-a nos cursos d'água; • exigir dos empreendedores obras de controle de erosão para as áreas degradadas pela abertura dos loteamentos; • prever projetos de recuperação de erosão. <p>Durante a execução de obras, seguir recomendações das unidades de risco baixo e médio de erosão e acrescentar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • na abertura e reaterro de valas para colocação de guias e sarjetas e tubulações de drenagem, assegurar perfeita compactação e proteção superficial do solo; • pavimentar e prover de eficiente sistema de drenagem as vias de acesso e circulação, imediatamente após a abertura; e • em caso de cortes e aterros, prever a revegetação imediata para proteção contra erosão. <p>Na manutenção destas áreas seguir recomendações das unidades de risco baixo e médio de erosão quando se tratar de áreas urbanizadas (futuro) e, para as áreas rurais, (atuais) acrescentar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • destinar as áreas de cabeceiras de drenagem, ainda não ocupadas, como áreas de preservação permanente; • para as áreas ocupadas, incentivar o plantio de mata ciliar nos talwegues de drenagem e adotar práticas de conservação do solo; e • efetuar monitoramento constante das obras de recuperação das erosões.

Continuação...

Continua

Prevenção Risco potencial	Comentários	Recomendações
Muito alto	Estas áreas possuem restrições à ocupação, exigindo práticas ou projetos especiais no processo de urbanização.	<p>Na concepção do uso destas áreas, seguir recomendações descritas em todas as unidades anteriores e acrescentar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • elaborar de estudos específicos para o controle da erosão em áreas em expansão, avaliando os riscos e definindo as obras e medidas necessárias; • prever tamanho mínimo de lotes para favorecer a infiltração de água no solo, evitando ao máximo o escoamento superficial; e • proceder a estabilização das margens fluviais (canalização). <p>Durante a execução de obras, seguir recomendações descritas em todas as unidades anteriores e acrescentar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • evitar obras de longa duração, principalmente nos períodos chuvosos; • realizar obras de curta duração; • realizar o controle das erosões durante a implantação dos loteamentos, drenagem e revegetação (proteção superficial); e • as obras devem ser iniciadas e concluídas em trechos reduzidos. <p>Na manutenção destas áreas, seguir recomendações descritas em todas as unidades anteriores em relação às áreas urbanas e acrescentar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • dotar de infra-estrutura adequada (asfalto, guia, sarjeta, calçada, sistema de drenagem, esgoto, etc.) os loteamentos populares periféricos ou em bairros em fase de consolidação;

5.7.2 Plano de controle das erosões

O plano de controle das erosões instaladas foi realizado para as erosões lineares cadastradas nas áreas urbanas, as quais são consideradas prioritárias para o controle, devido ao maior risco que oferecem. No entanto, foram interpretadas e analisadas em trabalhos de campo várias outras feições de erosão, seja na área rural ou na área urbana, que necessitam ser controladas. O controle destes processos é mais simples e de menor custo, devendo ser realizado paralelamente ao controle dos processos erosivos cadastrados nas áreas urbanas. Para estes casos, recomendam-se:

Áreas de concentração de feições erosivas de pequeno porte:

- Adoção de práticas de conservação do solo.

Feições erosivas lineares:

- Desvio da água de superfície,
- Disciplinamento da água de sub-superfície no caso de boçorocas (drenos profundos),
- Estabilização dos taludes laterais através de corte/aterro, e
- Revegetação.

Solapamento de margens fluviais:

- Estabilização e proteção dos taludes laterais, e
- Revegetação da mata ciliar.

Estradas de terra encaixadas:

- Obras de corte dos taludes laterais (suavização dos ângulos),
- Aterro dos trechos mais profundos,
- Drenagem superficial com camalhões, caixas de retenção/infiltração, e
- Revegetação.

Para um plano de controle das erosões lineares cadastradas na área urbana, foi realizada análise dos riscos socioeconômicos e ambientais. Esta análise foi realizada sobre as conseqüências causadas pelo possível avanço destes processos de erosão. As conseqüências consideradas foram a destruição de ruas, moradias, sistemas de água e esgoto, etc. e assoreamento de rios e reservatórios e perda de vidas humanas. Esta análise é fundamental, pois as duas bacias hidrográficas pertencentes à área de estudo (Cedro e Limoeiro) possuem grande porcentual de urbanização e, a jusante das áreas urbanizadas, existem duas represas de abastecimento público de água (Balneário da Amizade, no córrego do Limoeiro e Represa da Sabesp, no córrego do Cedro).

Foi realizada análise de parâmetros através da atribuição de valores, o que possibilitou a hierarquização das erosões cadastradas quanto ao risco (QUADROS 30, 31, 32 e 33). A análise do risco se deu através da definição de valores que variam entre 0 e 1 para cada

parâmetro, para todas as erosões. O valor definido para os parâmetros foi analisado posteriormente de diferentes formas: através da soma dos valores e, da multiplicação da média dos parâmetros de consequência, pelo parâmetro de possibilidade de ocorrência de acidente. Também foi realizada análise através da atribuição de pesos diferenciados para cada parâmetro. Esta análise possibilitou classificar e hierarquizar as erosões quanto ao risco, identificando aquelas prioritárias para o controle.

Erosões	Possibilidade de perda de vidas	Destruição de equipamentos públicos	Impacto ambiental	Atividade da erosão	Risco
15 - Jd. Jequitibás	0	0,1	0,1	0,1	0,30
4 - rua Orlando Silva	0	0,1	0,3	0,1	0,50
9 - Jd. Sta. Clara	0	0,2	0,4	0,1	0,70
20 – Distrito Industrial	0	0	0,5	0,3	0,80
7 – Fepasa	0	0,2	0,5	0,2	0,90
16 - Cj. Mário Amato	0	0,2	0,8	0,1	1,10
19 – Aeroporto	0	0,1	0,8	0,2	1,10
2 - rua Olavo Bilac	0	0,3	0,8	0,1	1,20
5 - rua Pexinguinha	0	0,7	0,5	0,3	1,50
21 - Esgoto da Sabesp	0	0,5	0,6	0,5	1,60
22 - Av. Cel. José Soares Marcondes	0	0,6	0,7	0,5	1,80
3 - rua Sete de setembro	0,5	0,3	0,7	0,4	1,90
6 - Jd. Cobral	0	0,7	0,8	0,6	2,10
8 - Jd. Mediterrâneo	0,5	0,3	0,9	0,5	2,20
1 – Marcílio Dias	0,5	0,7	0,8	0,5	2,50
12 – Buraco do Tiezzi	0,5	0,7	0,7	0,7	2,60
14 - Jd. Vale do Sol	0,5	0,9	0,6	0,6	2,60
18 – Ana Jacinta II	0,5	0,8	1	0,8	3,10
13 - Jd. Sabará	1	0,8	0,7	0,7	3,20
17 – Ana Jacinta I	0,5	0,9	1	0,8	3,20
10 – Inocoop	1	1	0,7	0,8	3,50
11 – Balneário	1	1	0,7	1	3,70

QUADRO 30 - Soma dos atributos

A simples soma dos parâmetros analisados e classificados acima é interessante, pois mostra uma tendência das erosões que possuem valores superiores em qualquer dos atributos se sobressaírem. Trata-se da análise mais simples de ser realizada e pode ser aplicada para situações em que não se podem comparar as diferenças de consequências entre os parâmetros. Cabe ao técnico apenas avaliar a situação da possibilidade de ocorrer o dano, variando da menor possibilidade (zero), até a maior possibilidade (um). Também, a partir desta análise, têm-se a base para as análises futuras a serem realizadas.

Erosões	Possibilidade de perda de vidas x 10	Destruição de equipamentos públicos x 5	Impacto ambiental x 7	Atividade da erosão x 10	Risco
15 - Jd. Jequitibás	0	0,5	0,7	1	2,2
4 - rua Orlando Silva	0	0,5	2,1	1	3,6
9 - Jd. Sta. Clara	0	1	2,8	1	4,8
20 - Distrito Industrial	0	0	3,5	3	6,5
7 - Fepasa	0	1	3,5	2	6,5
16 - Cj. Mário Amato	0	1	5,6	1	7,6
19 - Aeroporto	0	0,5	5,6	2	8,1
2 - rua Olavo Bilac	0	1,5	5,6	1	8,1
5 - rua Pexinguinha	0	3,5	3,5	3	10
21 - Esgoto da Sabesp	0	2,5	4,2	5	11,7
22 - Av. Cel. José Soares Marcondes	0	3	4,9	5	12,9
6 - Jd. Cobral	0	3,5	5,6	6	15,1
3 - rua Sete de setembro	5	1,5	4,9	4	15,4
8 - Jd. Mediterrâneo	5	1,5	6,3	5	17,8
1 - Marcílio Dias	5	3,5	5,6	5	19,1
14 - Jd. Vale do Sol	5	4,5	4,2	6	19,7
12 - Buraco do Tiezzi	5	3,5	4,9	7	20,4
18 - Ana Jacinta II	5	4	7	8	24
17 - Ana Jacinta I	5	4,5	7	8	24,5
13 - Jd. Sabará	10	4	4,9	7	25,9
10 - Inocoop	10	5	4,9	8	27,9
11 - Balneário	10	5	4,9	10	29,9

QUADRO 31 - Soma dos atributos com peso diferenciado para cada atributo.

Nesta análise, a atribuição de pesos para cada parâmetro necessita do conhecimento do técnico para julgar qual destes é mais prejudicial no caso da ocorrência de um acidente. Os danos a serem analisados são sociais, econômicos e ambientais. Mostram uma tendência, onde aqueles parâmetros que possuem o maior valor em peso irão direcionar os resultados finais. As erosões com maiores valores relacionados à possibilidade de morte, que é o parâmetro com o maior peso na análise, são as que se encontram como as erosões de maior risco.

Erosões	Possibilidade de perda de vidas	Destruição de equipamentos públicos	Impacto ambiental	Média	Atividade da erosão	Risco
15 - Jd. Jequitibás	0	0,1	0,1	0,07	0,1	0,01
4 - rua Orlando Silva	0	0,1	0,3	0,13	0,1	0,01
9 - Jd. Sta. Clara	0	0,2	0,4	0,20	0,1	0,02
16 - Cj. Mário Amato	0	0,2	0,8	0,33	0,1	0,03
2 - rua Olavo Bilac	0	0,3	0,8	0,37	0,1	0,04
7 - Fepasa	0	0,2	0,5	0,23	0,2	0,05
20 - Distrito Industrial	0	0	0,5	0,17	0,3	0,05
19 - Aeroporto	0	0,1	0,8	0,30	0,2	0,06
5 - rua Pexinguinha	0	0,7	0,5	0,40	0,3	0,12
21 - Esgoto da Sabesp	0	0,5	0,6	0,37	0,5	0,18
3 - rua Sete de setembro	0,5	0,3	0,7	0,50	0,4	0,20
22 - Av. Cel. José Soares Marcondes	0	0,6	0,7	0,43	0,5	0,22
8 - Jd. Mediterrâneo	0,5	0,3	0,9	0,57	0,5	0,28
6 - Jd. Cobral	0	0,7	0,8	0,50	0,6	0,30
1 - Marcílio Dias	0,5	0,7	0,8	0,67	0,5	0,33
14 - Jd. Vale do Sol	0,5	0,9	0,6	0,67	0,6	0,40
12 - Buraco do Tiezzi	0,5	0,7	0,7	0,63	0,7	0,44
13 - Jd. Sabará	1	0,8	0,7	0,83	0,7	0,58
18 - Ana Jacinta II	0,5	0,8	1	0,77	0,8	0,61
17 - Ana Jacinta I	0,5	0,9	1	0,80	0,8	0,64
10 - Inocoop	1	1	0,7	0,90	0,8	0,72
11 - Balneário	1	1	0,7	0,90	1	0,90

QUADRO 32 - Multiplicação da média dos atributos (consequência) pelo grau de atividade das erosões (possibilidade)

Esta forma de análise, devido à realização de uma média entre os parâmetros de consequência, coloca-os num mesmo patamar em relação ao dano social, econômico e ambiental e, o parâmetro que praticamente decide sobre a hierarquia de risco é a atividade da erosão. Trata-se de uma análise simples na qual, assim como no quadro 18 (soma dos atributos), cabe ao técnico apenas avaliar a situação de possibilidade de ocorrer o dano, variando da menor possibilidade (zero) até a maior possibilidade (um). No entanto, nesta análise, os resultados são mais confiáveis, pois aplica-se a equação de risco onde: $\text{Risco} = \text{Possibilidade} \times \text{Consequência}$.

Erosões	Possibilidade de perda de vidas x 10	Destruição de equipamentos públicos x 5	Impacto ambiental x 7	Média	Atividade da erosão	Risco
15 - Jd. Jequitibás	0	0,5	0,7	0,40	0,10	0,04
4 - rua Orlando Silva	0	0,5	2,1	0,87	0,10	0,09
9 - Jd. Sta. Clara	0	1	2,8	1,27	0,10	0,13
16 - Cj. Mário Amato	0	1	5,6	2,20	0,10	0,22
2 - rua Olavo Bilac	0	1,5	5,6	2,37	0,10	0,24
7 - Fepasa	0	1	3,5	1,50	0,20	0,30
20 - Distrito Industrial	0	0	3,5	1,17	0,30	0,35
19 - Aeroporto	0	0,5	5,6	2,03	0,20	0,41
5 - rua Pexinguinha	0	3,5	3,5	2,33	0,30	0,70
21 - Esgoto da Sabesp	0	2,5	4,2	2,23	0,50	1,12
22 - Av. Cel. José Soares Marcondes	0	3	4,9	2,63	0,50	1,32
3 - rua Sete de setembro	5	1,5	4,9	3,80	0,40	1,52
6 - Jd. Cobral	0	3,5	5,6	3,03	0,60	1,82
8 - Jd. Mediterrâneo	5	1,5	6,3	4,27	0,50	2,13
1 - Marcílio Dias	5	3,5	5,6	4,70	0,50	2,35
14 - Jd. Vale do Sol	5	4,5	4,2	4,57	0,60	2,74
12 - Buraco do Tiezzi	5	3,5	4,9	4,47	0,70	3,13
18 - Ana Jacinta II	5	4	7	5,33	0,80	4,27
17 - Ana Jacinta I	5	4,5	7	5,50	0,80	4,40
13 - Jd. Sabará	10	4	4,9	6,30	0,70	4,41
10 - Inocoop	10	5	4,9	6,63	0,90	5,97
11 - Balneário	10	5	4,9	6,63	1,00	6,63

QUADRO 33 - Multiplicação da média dos atributos (consequência), com peso para cada atributo, pelo grau de atividade das erosões (possibilidade).

Esta análise é a que exige o maior critério técnico para ser realizada, pois agrupa a atribuição de valores aos parâmetros, além de pesos para cada parâmetro. Como no quadro 32, tem o princípio da equação de risco, porém, a atribuição de pesos diferenciados exige do técnico análise e resposta quanto aos prejuízos social, econômico e ambiental. Os resultados obtidos mostram que existe uma tendência do maior risco ser definido para as erosões com possibilidade de ocorrer morte, pois este parâmetro possui o maior peso.

Como resultado da pesquisa realizada, entende-se que a sistemática adotada na elaboração do quadro 31 é a que melhor exprime as análises realizadas em campo e, por isso, adotada como base para o plano de controle das erosões urbanas.

A análise de risco para cada uma das erosões apresenta resultados que possibilitam a priorização de investimentos de controle destes processos. Como proposto por IWASA (1995) para a criticidade, que é dividida em três grupos (baixa, média e alta), a análise de risco

realizada possibilita a divisão de três grandes grupos das erosões: baixo risco, com médio risco e de alto risco (QUADRO 34).

Grau de risco	Erosões	Comentários
Baixo	9 - Jd. Sta. Clara, 4 - rua Orlando Silva, 19 – Aeroporto, 15 - Jd. Jequitibás, 16 - Cj. Mário Amato, 2 - rua Olavo Bilac, 7 – Fepasa e 20 - Distrito Industrial	Estas erosões são ravinas ou boçorocas parcialmente estabilizadas ou com alguma obra de estabilização e com baixa atividade erosiva. Não oferecem risco imediato de destruição de equipamentos públicos e, em geral, não têm grande contribuição para o impacto de recursos hídricos. O custo de controle efetivo destas erosões não é alto, e as obras são relativamente simples.
Médio	5 - rua Pexinguinha, 3 - rua Sete de setembro, 8 - Jd. Mediterrâneo, 6 - Jd. Cobral, 21 - Esgoto da Sabesp, 22 - Av. Cel. José Soares Marcondes e 1 - Marcílio Dias	Estas ravinas e boçorocas que estão em atividade erosiva não possuem grande profundidade, alguns casos possuem ocupação próxima e que estão em risco de serem destruídas, ou estão impactando diretamente os recursos hídricos. No geral, não oferecem alto risco de perda de vidas, e o custo de recuperação é relativamente alto. Devem ser alvo de obras de controle rapidamente, pois uma estação chuvosa mais intensa pode levar a uma rápida evolução.
Alto	12 - Buraco do Tiezzi, 14 - Jd. Vale do Sol, 18 - Ana Jacinta II, 13 - Jd. Sabará, 17 - Ana Jacinta I, 10 – Inocoop e 11 – Balneário	Estas erosões são boçorocas em evolução nas suas cabeceiras e laterais, possuem grande dimensão e profundidade, estão impactando os recursos hídricos diretamente, estão inseridas em áreas densamente urbanizadas expondo ao risco de destruição equipamentos públicos e moradias e podem ser causadoras de mortes devido à presença de moradias próximas dos seus taludes e nas proximidades, além da grande altura desses taludes. As obras de controle são caras e devem ser realizadas imediatamente para evitar a continuidade de evolução destas feições e a redução dos riscos.

QUADRO 34 – Análise do risco das erosões cadastradas por grupos

A definição dos graus de risco apresenta esta hierarquização que possibilita a adoção de prioridades de controle, quando analisada em conjunto com o custo de controle de cada erosão. Estes dados subsidiam a tomada de decisão do poder público sobre planos de investimentos em obras de controle das erosões.

5.7.3 Ações de emergência

As ações de emergência devem ser tomadas para evitar a ocorrência de acidentes no caso da deflagração de processo de erosão de grande porte, ou avanço rápido de um processo já instalado. Estas medidas não visam a evitar o impacto ambiental das erosões, mas apenas evitar acidentes quando os processos ocorrerem dentro de áreas urbanas, para situações que gerem risco de destruição de bens públicos, moradias e de perda de vidas humanas. Neste sentido as ações de emergência devem conter:

- Diagnóstico do ocorrido,
- Identificação de situações de risco iminente,
- Retirada da população das moradias que se encontram em situação de risco iminente,
- Estruturação das equipes de trabalho,
- Desvio do escoamento superficial de água da cabeceira e dos taludes laterais da erosão (camalhões, terraços, barragens de retenção/infiltração),
- Sinalização do local, e
- Monitoramento da área.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados desta pesquisa proporcionaram a elaboração do plano de prevenção e controle da erosão urbana para as bacias dos córregos do Cedro e Limoeiro nos municípios de Presidente Prudente e Álvares Machado, SP. Os dados levantados e as análises realizadas sobre os processos erosivos, meio físico e uso e ocupação do solo, comprovam que a sistemática adotada pelo IPT para a confecção de cartas geotécnicas subsidia a elaboração de planos preventivos e corretivos a processos erosivos em áreas urbanas. Os planos elaborados são ferramentas para as autoridades e técnicos (municipais, estaduais e federais) tomarem ações que visem à solução dos problemas relacionados à erosão.

Entende-se que a aplicação do plano de prevenção e controle da erosão nestas bacias irá diminuir os graus de risco atual e potencial existentes. O plano apresenta recomendações para a ocupação futura e para o controle das áreas com risco atual e potencial. Estas recomendações possibilitam a adoção de políticas governamentais para a minimização dos riscos e dos impactos ambientais causados pela erosão. As recomendações do plano também são base para a aplicação ordenada de recursos financeiros no controle das erosões destas bacias hidrográficas. É importante que equipe técnica preparada atue no controle das erosões, desenvolvendo e aplicando o plano apresentado.

Quanto à sistemática adotada pelo IPT para a confecção de cartas geotécnicas, pode-se concluir que o entendimento prévio dos tipos de processos erosivos é fundamental para o planejamento da pesquisa, para direcionar e otimizar a coleta dos dados que definirão as unidades homogêneas das cartas de risco e de suscetibilidade. Os resultados desta pesquisa mostram que a utilização desta sistemática pode ser realizada em qualquer localidade e que os seus produtos gerados são base para o desenvolvimento de ações de prevenção e controle de erosões.

A análise da dinâmica dos processos erosivos nas bacias dos córregos do Cedro e do Limoeiro (Presidente Prudente e Álvares Machado, SP), mostrou que estas possuem um meio físico favorável à formação de vários tipos de processos erosivos. O uso urbano imposto a estes terrenos de suscetibilidade elevada, principalmente nas regiões das cabeceiras de drenagens, contribui para a deflagração de novos processos, determinando situações de risco elevado e um quadro de alto grau de degradação ambiental, o que justifica a adoção do plano de prevenção e ações imediatas de controle dos processos instalados.

As relações analisadas entre o comportamento dos processos erosivos e suas conseqüências proporcionaram o entendimento de que todas as formas de erosão contribuem para a degradação ambiental. No entanto, os processos erosivos lineares são os maiores responsáveis pelos impactos aos recursos hídricos e estes processos induzem às situações de maior risco, levando à maior ocorrência de acidentes.

Os levantamentos do meio físico voltados à prevenção da erosão (suscetibilidade) levam esta pesquisa a concluir que, seja em áreas rurais ou urbanas, a melhor resposta para a definição de unidades homogêneas, quanto ao comportamento do meio físico, é obtida através

do levantamento e da caracterização dos tipos de solos, sempre tendo o entendimento prévio dos processos.

Para o estudo da erosão voltado à Geologia de Engenharia, a caracterização do solo pode partir da descrição pedológica, mas deve ser complementada pela análise e caracterização geotécnica, ou seja, do entendimento e definição do comportamento do solo, através de retroanálises (entendimento de processos já instalados), investigações *in situ* e ensaios de laboratório. Também é papel da Geologia de Engenharia o entendimento das solicitações as quais o solo caracterizado irá sofrer ante às exigências da urbanização, para que possam ser dadas as recomendações de como melhor executá-la.

Outros parâmetros podem ser os definidores das unidades homogêneas do meio físico em relação ao comportamento perante aos processos erosivos, como a litologia, geomorfologia, etc. No entanto, a caracterização do solo, dentro de cada unidade homogênea definida por estes outros parâmetros, é fundamental para que seja possível prever o seu comportamento e, assim, prevenir quanto à formação de novos processos.

Nesta pesquisa, a utilização da declividade dos terrenos, em conjunto com o levantamento dos solos e a análise da concentração de processos para cada um destes parâmetros, foi fundamental para a identificação de setores do terreno que possuem comportamentos diferenciados diante da possibilidade de ocorrência de processos de erosão.

A pesquisa conclui que a carta de suscetibilidade à erosão tem o papel de representar o comportamento dos terrenos perante os processos erosivos analisados, sejam laminares, lineares ou solapamento de margens fluviais. A sistemática adotada na confecção desta carta faz com que esta se torne a base do meio físico para ações de planejamento futuro da ocupação urbana. Portanto, a carta de suscetibilidade à erosão é um produto que só pode ser alterado se novas informações forem obtidas.

Quanto à carta de risco de erosão, pode-se concluir que a apresentação conjunta de risco potencial e risco atual é interessante para a visualização da hierarquização de risco dos terrenos. Esta carta é um instrumento de gestão urbana e tem o papel de analisar os efeitos do uso e ocupação do solo sobre o meio físico e seu comportamento e, sobre as conseqüências que a deflagração dos processos erosivos podem ter do ponto de vista social, econômico e ambiental. A carta de risco de erosão é dinâmica e deve ser corrigida à medida que transformações no uso e ocupação do solo exerçam diferentes solicitações ao meio físico.

O critério adotado para a análise de risco dos processos erosivos instalados proporcionou a hierarquização de controle. A análise de risco para as erosões cadastradas na área urbana é uma contribuição em relação à hierarquização de erosões, principalmente quanto a definição dos parâmetros a serem analisados e pode ser aplicada a outros casos e locais que objetivarem um planejamento de controle. Trata-se de uma análise semi-quantitativa, baseada em alguns parâmetros e que pode evoluir para uma avaliação quantitativa à medida em que valores econômicos possam ser incorporados a ela. O emprego do critério para a análise realizada, depende de um conhecimento profundo do técnico executante. Outros parâmetros podem ser incorporados a essa análise e outras análises podem ser realizadas, desde que o técnico tenha o conhecimento suficiente para avaliar os seus valores e pesos.

Visando à continuidade da pesquisa, com o objetivo de melhoria da qualidade de vida da população local e de forma a complementar os resultados apresentados, é importante que estudos sobre a quantidade e tipologia dos sedimentos presentes nos reservatórios de abastecimento (Balneário da Amizade e Reservatório da SABESP) sejam realizados, para que seja determinado e ampliado o tempo de vida útil destes reservatórios através da execução de um projeto de desassoreamento.

Como complemento ao plano de prevenção de erosão, é necessário, ainda, o estudo do comportamento pluviométrico regional e local, para que se possa prever, através da análise da intensidade das chuvas, quais são as áreas com maior possibilidade de ser afetadas por eventos chuvosos extraordinários.

Para o avanço tecnológico de estudos futuros, através da sistemática aplicada nesta pesquisa, utilizando-se de parâmetros cartográficos como declividade dos terrenos, solos, uso e ocupação do solo, cadastro de processos erosivos, etc., propõe-se a utilização de Sistema de Informação Geográfica – SIG. Esta ferramenta possibilita a realização de ensaios com os cruzamentos e análises dos parâmetros, através da montagem de cenários diferentes, com velocidade bastante rápida e respostas confiáveis, desde que o usuário conheça os processos erosivos e os utilize como base de sua análise. Também, a utilização de um SIG permite anexar por meio digital um banco de dados sobre as erosões cadastradas e seus projetos de controle, além da situação de infra-estrutura dos bairros e outros dados coletados que subsidiaram a definição do risco de erosão, às informações cartográficas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, R. L., PARAGUASSÚ, A. B., GANDOLFI, N., 1995. **Reflexão sobre a utilização do mapeamento geotécnico na determinação do potencial à erosão em regiões brasileiras.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 5, 1995, Bauru. *Anais...* São Paulo: ABGE. p.265-266.
- ALBERTO, M. C., 1998. **Cartas de risco geológico: fundamentos e diretrizes para elaboração.** Fundação de Amparo à pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, Relatório final, Bolsista Iniciação científica, processo 97/06965-3. São Paulo, 46 p.
- ALMEIDA, F. F. M. 1964. **Fundamentos geológicos do relevo paulista.** São Paulo: IGG. p.167-263 (Boletim 41).
- ALMEIDA, F. F. M. 1981 (Coord.). **Mapa geológico do Estado de São Paulo; escala 1:500.000.** São Paulo: IPT. 2 v. (IPT Monografia, 6).
- ALMEIDA, L. E. G. & RODRIGUES, J. E., 1998. **A avaliação dos terrenos aplicada na definição de suscetibilidades à erosão.** In: Anais SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 3 - ABGE. Anais...Florianópolis, Santa Catarina – 1998. Cd-rom.
- ALMEIDA, M. A. de; STEIN, D. P.; MELO, M. S. de; BISTRICHI, C.A.; PONÇANO, W.L.; HASUI, Y.; ALMEIDA, F.F.M. de. 1980. **Geologia do oeste paulista e áreas fronteiriças dos estados de Mato Grosso do Sul e Paraná.** In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA, 31, *Anais...*Balneário Camboriú, vol. 5, p. 2799-2812.
- ALMEIDA, M.C.J., & FREITAS, C.G.L.1996. **Uso do solo urbano: suas relações com o meio físico e problemas decorrentes.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 2, 1996, São Carlos. *Anais...* São Carlos: ABGE. p.195-200.
- AUGUSTO FILHO, O., 1994. **Cartas de risco de escorregamentos: Uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilhabela, SP.** São Paulo (Dissertação de mestrado EPUSP). p.168.
- BERTONI, J. E. & LOMBARDI NETO, F., 1990. **Conservação do solo.** Editora Livroceres. Piracicaba, SP. 392p.
- BIGARELLA, J. J., MAZUCHOWSKI, J. Z., 1985. **Visão integrada da problemática da erosão.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 3, 1985, Maringá. Livro Guia. Maringá: ABGE/ADEA. 332p.
- BITAR, O. Y., CERRI, L. E. S., NAKAZAWA, V. A., 1992. **Carta de risco Geológico e Carta Geotécnica: uma diferenciação a partir de casos em áreas urbanas no Brasil.** In SIMPÓSIO LATINOAMERICANO SOBRE RIESGO GEOLÓGICO URBANO (II), CONFERENCIA COLOMBIANA DE GEOLOGIA AMBIENTAL (II). Pereira, Colombia 1992.
- BOLT, B. A., HORN, W. L., MACDONALD, G. A., SCOTT, R. F., 1975. **Geological Hazards.** Berlin: Springer-Verlag. 328p.
- BUSTAMANTE, M., 1992. **El “concepto de riesgo en Medellin”.** In SIMPÓSIO LATINOAMERICANO SOBRE RIESGO GEOLOGICO AMBIENTAL URBANO, 2, 1992, Pereira (Colombia). Anais... Pereira, v. 2, p. 39-64.

- CANIL, K. e IWASA, O.Y. 1993 **Diagnóstico de processos erosivos e de sedimentação na bacia do rio Santo Anastácio**. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 5, São Paulo. Anais Associação de Geógrafos do Brasil – AGB, São Paulo, p.243-245.
- CANIL, K., IWASA, O.Y., DI MADUREIRA, S. R., PAGLIARANI, F. S., 1998a, **Mapa de risco potencial de erosão um instrumento para o planejamento urbano do município de Franca, SP**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 6, Presidente Prudente, SP. 1998. Anais.(cd-rom). ABGE.
- CANIL, K., DI MADUREIRA, S. R., RIDENTE JUNIOR, J. L., IWASA, O.Y., 1998b, **Áreas de risco potencial de erosão das bacias dos córregos do limoeiro e do cedro (municípios de Presidente Prudente e Álvares Machado, SP)**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 6, Presidente Prudente, SP. 1998. Anais.(cd-rom). ABGE.
- CARVALHO, C. S. 1996. **Gerenciamento de riscos geotécnicos em encostas urbanas: uma proposta baseada na análise de decisão**. São Paulo 1996,. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 192p..
- CARVALHO, E., T. & PRANDINI, F. L. , 1998. **Áreas urbanas**. In GEOLOGIA DE ENGENHARIA, OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S. N. A.. São Paulo – ABGE, Cap. 31, p. 487-497.
- CARVALHO, V. L. M. e TROPPIAIR, H. 1997. **Variação da cobertura vegetal e seus reflexos na erosão**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 7, Curitiba. Anais. AGB Curitiba. v. II.
- CARVALHO, W. A. 1997. **Levantamento semi-detalhado dos solos da bacia do rio Santo Anastácio – SP**. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Ciências Ambientais, UNESP, Presidente Prudente, SP. 1997. Entidades subvencionadoras FAPESP – FCT/UNESP.
- CASTRO, J. W. A., TENA, F. P., MEIRELES, A. J. A., GURGEL, G. A. S., GURGEL JUNIOR, J. B., 1992. **A influência dos processos litorâneos na identificação de áreas de risco costeiro nas praias da margem oeste do rio Ceará**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992, São Paulo. Anais...São Paulo: SBG, v. 1, p. 106-108.
- CASTRO, J. W. A. & ALHEIROS, M. M., 1994. **Diagnóstico de risco de erosão costeira na praia de Boa Viagem, Recife, PE**. In CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38,1994, Balneário de Camboriú. Anais... Balneário de Camboriú: SBG, V.1, p.505-508.
- CERRI, L. E. S., 1990. **Carta Geotécnica: contribuições para um concepção voltada as necessidades brasileiras**. In Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia (6), Congresso Brasileiro de Mecânica dos solos e fundações (9). ABGE/ABMS. Salvador Anais p 309-318.
- CERRI, L. E. S., 1993. **"Riscos geológicos associados a escorregamentos: Uma proposta para a prevenção de acidentes"**. Rio Claro. (Tese de Doutorado IGCE/Unesp - Rio Claro). p. 197.
- CERRI, L. E. S. & AMARAL, C. P., 1998. **Riscos Geológicos**. In: GEOLOGIA DE ENGENHARIA, OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S. N. A.. São Paulo – ABGE, Cap. 18, p. 301-310.

- COTTAS, L. R. 1983. **Estudos geológico-geotécnicos aplicados ao planejamento urbano de Rio Claro – SP.** São Paulo 171p. (Tese de doutoramento, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo).
- DE BIASI, M., 1970. **Cartas de declividade: confecção e utilização.** In Geomorfologia (10). São Paulo. FFLCH – USP. p. 8-13.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. 1990. **Controle de erosão: bases conceituais e técnicas, diretrizes para planejamento urbano e regional; orientação para o controle de boçorocas urbanas.** 2. ed. São Paulo: DAEE/IPT. 92 p.
- DINIZ, N. C., 1998. **Automação da Cartografia Geotécnica: uma ferramenta de estudos e projetos para avaliação ambiental, Volumes: I e II.** In: Tese de doutoramento da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 297p.
- ELIAS, A. R., CARVALHO, W. A., FREIRE, O., ZIMBACK, C. R. L., SABINO, W. C., 1998. **Mapa digital de erosão da bacia do alto Limoeiro.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 6, Presidente Prudente, SP. 1998. Anais...(cd-rom). ABGE.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 1979. **Manual de métodos de análise de solos.** Rio de Janeiro. Série manuais. 54p.
- FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO – FAU. Universidade de São Paulo. 1960. **Projeto de um distrito industrial - Presidente Prudente.** Comissão Interestadual da Bacia do Paraná-Uruguai.
- FERNANDES, L. A., 1998. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil).** Tese de doutoramento, Programa de pósgraduação em geologia sedimentar do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998. 216 p.
- FIGUEIREDO, A G.. 1998. **Avaliação do comportamento dos sedimentos transportados, da produção de sedimentos e da precipitação pluviométrica nas bacias do rio Aguapeí e do rio Santo Anastácio.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 6, Presidente Prudente, SP. 1998. São Paulo. Anais.(cd-rom). ABGE.
- FIGUEIREDO, A. et al. 1970. **Notas preliminares sobre a elaboração da Carta Geomorfológica do Sítio Urbano de Presidente Prudente.** Boletim do Departamento de Geografia, Presidente Prudente.
- FOSTER, G. R., YOUNG, R. A., RÖMKENS, M. J. M., ONSTAD, C. A., 1985. **“Processes of soil erosion by water.** In: FOLLET, R.R. & STEWART, B.A. (eds.). Soil erosion and crop productivity. Wisconsin, American Society of Agronomy. Crop Science Society of America. Soil Science Society of America. p.137-162.
- FRANCISCO, F. C. 1989. **Análise ambiental e conseqüências do desmatamento no município de Presidente Prudente no período de 1917 a 1986.** Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP. Rio Claro. Mestrado.
- FRANCISCO, F. C., SANTOS, M. J. Z. 1993. **Conseqüências pedológicas decorrentes do desmatamento no município de Presidente Prudente, SP.** In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 5, São Paulo.
- FRANCISCO, F. C., SANTOS, M. J. Z. 1991. **Evolução da cobertura vegetal do município de Presidente Prudente e fatores influenciadores no período de 1971-1986.** In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 4, Porto Alegre.

- FREIRE, O., FERREIRA, V. de P., CARVALHO, W. A., TOMMASELLI, J. T. G., GODOY, C. F. T., TEIXEIRA, S. R., 1998. **Erodibilidade de alguns solos do oeste do estado de São Paulo**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 6, Presidente Prudente, SP. 1998. São Paulo. Anais.(cd-rom). ABGE.
- FREIRE, S. L. C. 1941. **A erosão dos solos**. São Paulo, Diretoria de Publicidade Agrícola da Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio do Estado de São Paulo. 37p.
- GASPARETO, N. V. L. , NÓBREGA, M. T., NAKASHIMA, P., NAKASHIMA, M. S. R., 1996. **Definição e hierarquização das zonas de risco em Paranavaí, PR**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, 1996, Salvador. Anais...Salvador: SBG, v.3, p. 369-372.
- GODOY, M. C. F. 1989. **Mapeamento Geotécnico preliminar da região urbana de Presidente Prudente – SP**. Tese de Mestrado, USP - EESC, São Carlos 1989.
- GOES, M. H. B., XAVIER DA SILVA, J., BERGAMO, R. B. A., FERREIRA, A. L., 1994. **Uma síntese sobre área de risco de erosão do solo e de potencial de expansão urbana no município de Itaguaí, com base em modelos digitais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, 1994, Balneário Camboriú. Anais...Balneário Camboriú: SBG, v.1, p. 552-553.
- GOMES, R. L. & RODRIGUES, J. E. 1998. **Carta de suscetibilidade à erosão da região sudeste do município de Campinas – SP**. In: : SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 6, Presidente Prudente, SP. 1998. Anais...(cd-rom). ABGE.
- GRECCHI, R. C. & PEJON, O., 1998. **Estudos geoambientais da região de Piracicaba (SP), focalizando o problema da erosão linear, com auxílio do Sistema de Informação Geográfica – IDRISI**. In: : SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 6, Presidente Prudente, SP. 1998. Anais...(cd-rom). ABGE.
- GRUBER, G. A. G., & RODRIGUES, J. E., 1995. **Carta de erodibilidade da folha de Cosmópolis, São Paulo, auxílio ao gerenciamento do meio físico**. In: Revista do Instituto Geológico - IG de São Paulo. São Paulo, Volume especial, 1995, p.57-64.
- INFANTI JR., N. & FORNASARI FILHO, N., 1998. **Processos de Dinâmica Superficial**. In: GEOLOGIA DE ENGENHARIA, OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S. N. A.. São Paulo – ABGE, Cap. 09, p. 131-152.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT, 1987. **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo, bacias do Peixe e Paranapanema**. Relatório São Paulo. DAEE.
- _____. 1992. **Bases técnicas para a recuperação de bacias hidrográficas: projeto piloto do rio Santo Anastácio – 1ª fase**. Relatório n^o 30.292. São Paulo. DAEE.
- _____. 1993. **Bases técnicas para a recuperação de bacias hidrográficas: projeto piloto do rio Santo Anastácio – 2ª fase**. Relatório n^o 31.517. São Paulo. DAEE.
- _____. 1994a. **Bases técnicas para a recuperação de bacias hidrográficas: projeto piloto do rio Santo Anastácio – 3ª fase**. Relatório n^o 32.257. São Paulo. DAEE.
- _____. 1994b. **Bases técnicas para a recuperação de bacias hidrográficas: projeto piloto do rio Santo Anastácio - Município de Presidente Prudente, SP**. IPT Relatório n^o 32.514. São Paulo. DAEE.

- _____. 1994c. **Bases técnicas para a recuperação de bacias hidrográficas: projeto piloto do rio Santo Anastácio - Município de Álvares Machado, SP.** IPT Relatório n^o 32.515. São Paulo. DAEE.
- _____. 1995. **Mapa de erosão do Estado de São Paulo, SP.** São Paulo. São Paulo. (IPT. Relatório, 33.402).
- _____. 1997a. **Subsídios técnicos para plano de controle preventivo e corretivo de erosão na área urbana do município de São José do Rio Preto, SP.** São Paulo. (IPT Relatório, 35.462).
- _____. 1997b. **Programa de controle de erosão urbana: projeto piloto do rio Santo Anastácio.** São Paulo (IPT Relatório, 35.980).
- INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY – IAEG, 1976. **Engineering geological maps: a guide to their preparation.** Paris: Unesco Press. 79p.
- _____. 1992. **Statutes.** In: Newsletter n. 19, Paris, dez./92.
- INTERNATIONAL UNION OF GEOLOGICAL SCIENCES – IUGS, Working Group on Landslides, Comitee on Risk Assessment, 1997. **Quantitative risk assessment for slopes and landslides – The state of the art.** In: LANDSLIDE RISK ASSESSMENT, CRUDEN, D. & FELL, R. Editors. Proceedings of the international workshop on landslide risk assessment/ Honolulu/Hawaii/USA 19-21 february 1997. A. A. Balkema, Rotterdam, Netherlands. p. 3-12.
- IWASA, O. Y., 1995. **Mini Curso: erosão urbana.** In: Apostila de curso pré-simpósio - SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 5, 1995, Bauru. São Paulo: ABGE.
- IWASA, O. Y., & FENDRICH, R., 1998. **Controle de Erosão Urbana.** In: GEOLOGIA DE ENGENHARIA, OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S. N. A.. São Paulo – ABGE, Cap. 09, p. 271-282.
- KERTZMAN, F. F., OLIVEIRA, A. M. S., SALOMÃO, F. X. T., GOUVEIA, M. I. F., 1995b. **Mapa de erosão do Estado de São Paulo.** In: Revista do Instituto Geológico. Volume especial,1995. São Paulo, I.G.. p.31-36.
- LEITE, J.F. 1965. **Desmatamento e erosão em Presidente Prudente;** Caderno do Departamento de Geografia – Presidente Prudente.
- LU, Z., 1985. **Basic contents and methods in landslide prediction.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE AND FIELD WORKSHOP ON LANDSLIDES, 4, 1985, Japão. Proceedings... Japão: Japan Landslide Society. V.1, p.74-78.
- MARÇAL, M. S., 1996. **Estudos de mapeamento e monitoramento de voçorocas na área urbana de Açailândia (MA).** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, 1996, Salvador. Anais...Salvador: SBG, v.3, p. 242-245.
- MONBEIG, P., 1984. **Pioneiros e fazendeiros de São Paulo.** São Paulo, HUCITEC, Polis. 392p.
- NAKAZAWA, V.A., PRANDINI, F.L., SANTOS, A.R. dos., FREITAS, C. G. L., 1991. **Cartografia geotécnica: a aplicação como pressuposto.** In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2, 1991, São Paulo. Atas... São Paulo: SBG, p.329-336.

- NISHIYAMA, L. & ZUQUETTE, L. V., 1996. **Relação entre formas de relevo e materiais inconsolidados da região de Uberlândia-MG e a dinâmica dos processos atuais e pretéritos.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 2, 1996, São Carlos. Anais... São Carlos: ABGE. p.241-249.
- NIMER, E., 1977. **Clima.** In: GEOGRAFIA DO BRASIL: Região sudeste. IBGE.
- OLIVEIRA A. M. S., IWASA, O. Y., KERTZMAN, F. F., ALMEIDA FILHO, G. S., 1990. **Caracterização de boçorocas urbanas: uma proposta de cadastro.** In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 1. IAEG/ABGE/IUGS/AGID/ São Paulo.
- OLIVEIRA, A.M.S. 1994. **Depósitos tecnogênicos e assoreamento de reservatórios. Exemplo do reservatório de Capivara, Rio Paranapanema, SP/PR.** 2 v. (Tese de Doutorado. Departamento de Geografia da FFLCH-USP).
- OLIVEIRA, A. M. S., 1996. **Evolução do controle da erosão urbana.** In: Boletim informativo 1/96, ABGE – Nota técnica. São Paulo, SP. P.3-4.
- PEJON, O. & ZUQUETTE, L. V., 1995. **Importância do estabelecimento de cartas de potencial ao escoamento superficial para definição do potencial de risco à erosão acelerada.** In: CONGRESSOS BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992 São Paulo. Anais... São Paulo, SBG.. p.105-106.
- PICHLER, E. 1953. **Boçorocas.** Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia - SBG, 2 (1): p.3-16.
- PONÇANO, W. L., SALOMÃO, F. X. T., KERTZMAN, F. . IWASA, O. Y., 1987. **Discriminação de áreas com diferentes susceptibilidades à erosão por boçorocas e ravinas na Bacia do Peixe-Paranapanema, SP.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5, 1987, São Paulo. Anais...São Paulo: ABGE, v.2, p. 423-429.
- PONÇANO, W. L. & PRANDINI, F. L., 1987. **Boçorocas do estado de São Paulo: uma revisão.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 4, 1987, Marília. Atas... São Paulo: ABGE. p.149-177.
- PRIMAVESI, A., 1990. **A agricultura de regiões tropicais: Manejo ecológico do solo.** Editora Nobel, - 9ª edição, 1990. São Paulo. 549p.
- RAHN, P. H., 1986. **Engineering Geology: an environmental approach.** New York: Elsevier Science Publishing. 589p.
- RIDENTE JUNIOR., J. L., STEIN, D. P., IWASA, O. Y., OLIVEIRA, A. M. S., ALTAFINI, M., 1995. **"Carta de risco de erosão da área urbana de Botucatu, SP"**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 5,1995, Bauru. Resumos expandidos. São Paulo: ABGE, 1995. p.161.
- RIDENTE JUNIOR, J. L., CANIL, K., IWASA, O.Y., CERRI, L. E. S., AUGUSTO FILHO, O. A., 1998a, **Risco potencial de erosão da área urbana e periurbana de São José do Rio Preto, SP).** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 6, Presidente Prudente, SP. 1998. São Paulo. Anais.(cd-rom). ABGE.
- RIDENTE JUNIOR, J. L., GAMA JUNIOR, G. F. de C., GOMES, C. L. R., IWASA, O.Y., 1998b, **Plano de obras de controle de erosão urbana, nas bacias dos córregos limoeiro e cedro (Presidente Prudente e Álvares Machado).** In: SIMPÓSIO

- NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 6, Presidente Prudente, SP. 1998. São Paulo. Anais.(cd-rom). ABGE.
- RODRIGUES, J. E. 1982. **Estudo de fenômenos erosivos acelerados: boçorocas**. São Carlos. 162 p. (Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos - USP).
- RODRIGUES, B. B. & PEJON, O., 1998. **Susceptibilidade à erosão: inventário e análise para a região de Águas de Lindóia – SP**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 6, Presidente Prudente, SP. 1998. São Paulo. Anais.(cd-rom). ABGE.
- SALOMÃO, F. X. T., 1994a. **Processos erosivos lineares em Bauru (SP): regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural**. São Paulo. 200 p. (Tese de Doutorado. FFLCH/USP).
- SALOMÃO, F. X. T. 1994b. Solos do Arenito Bauru. In: PEREIRA, et al. **Solos altamente suscetíveis à erosão**. Jaboticabal: FCAV - UNESP/SBCS. p.51-68.
- SALOMÃO, F. X. T. & IWASA, O. Y., 1995. **Erosão e a ocupação rural e urbana**. In: Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente - BITAR, O. Y. (Coordenador) - IPT/ABGE. São Paulo 1995. ABGE p.31-57.
- SÃO PAULO EM EXAME. 1990. **Região de Governo de Presidente Prudente - Ação Regional**.
- SANTORO, J., 1991. **Fenômenos erosivos acelerados na Região de São Pedro – SP. Estudo da fenomenologia, com ênfase geotécnica**. Dissertação de Mestrado IGCE, UNESP. Rio Claro. 140p.
- SANTOS, A. R., 1994. **Fundamentos filosóficos e metodológicos da Geologia de Engenharia**. In: Comunicação técnica IPT. São Paulo: IPT, 1994. 5p.
- SANTOS, P. H. P., 1999. **Carta Geotécnica da porção Oeste do município de São Carlos – SP – escala 1:10.000**. Trabalho de Graduação/modalidade individual – 1999. Universidade Estadual Paulista – Unesp, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE, Curso de Geologia. Rio Claro, SP, 1999.
- SEADE - FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. 1997. **São Paulo em dados**. São Paulo.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1994. **Manual técnico de manejo e conservação do solo e água**. Programa de microbacias hidrográficas. São Paulo: SAA/ESP. 5 v.
- SETZER, J., 1944. **Erosão e energia do relevo**. In: REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA, Ano VI, jan/mar, n^o. 1. Rio de Janeiro 1944. P.124-127.
- SHOOK, G., 1997. **An Assessment of Disaster risk and its management in Thailand**. In: Disasters 21 (1), Blackwell publishers, Oxford. p. 77-88.
- SOUZA, M. L., 1996. **Mapeamento geotécnico da cidade de Ouro Preto (MG). Escala 1:10.000. Susceptibilidade aos movimentos de massa e processos correlatos**. Tese de Doutorado EESC/USP, São Carlos. 2v.
- SUDO, H. 1980. **Geomorfologia e formações superficiais da Bacia do Alto Santo Anastácio**; Inst. Geografia. FFLCH-USP. Doutorado.

-
- SUDO, H. 1981. **A problemática da erosão em solos derivados do arenito Bauru na região extremo oeste do estado de São Paulo.** In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE CONTROLE DE EROSÃO, 2, ABGE.
- SUDO, H. BATISTA, D. C., 1998. **Estudo granulométrico de sedimentos da microbacia do córrego do Cedro, na bacia do Santo Anastácio.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 6, Presidente Prudente, SP. 1998. São Paulo. Anais.(cd-rom). ABGE.
- TRICART, J., KILIAN, J., 1979. **L'éco-Géographie et l'aménagement du Milieu Naturel.** Paris. Librairie Français. Maspero. p.325.
- VARGAS, M., 1985. **Metodologia da pesquisa tecnológica.** Editora Globo, Rio de Janeiro, 1985. p. 243.
- VARNES. D. J., 1974. **The logic of engineering geological and related maps. A discussion of the definition and classification of map units, with special references to problems presented by maps intended for use in civil engineering.** Professional paper 837, USGS, 48p.
- ZUQUETTE, L.V. 1987. **Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para condições brasileiras.** São Carlos. 4 v. (Tese de Doutorado. EESC/USP).
- ZUQUETTE, L. V., 1993. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração.** São Carlos. 2v. Tese de Livre Docência apresentada à EESC/ USP.
- ZUQUETTE, L. V., & NAKAZAWA, V. A., 1998. **Cartas de Geologia de Engenharia.** In: GEOLOGIA DE ENGENHARIA, OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S. N. A.. São Paulo – ABGE, Cap. 17, p. 283-298.

ANEXO I – DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA

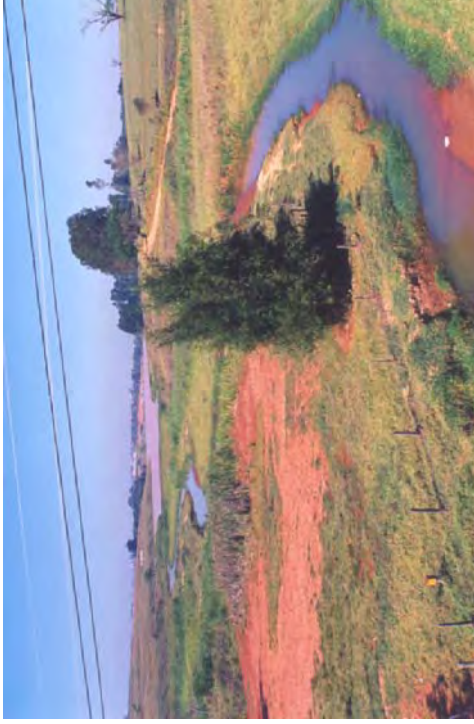


FOTO 1 – Assoreamento no tributário principal do Balneário da Amizade (córrego do Limoeiro), que leva à diminuição de sua capacidade de armazenamento e deixa a água turva o ano inteiro devido à presença de sedimento em suspensão, aumentando o custo de tratamento da água para o consumo público. Divisa municipal Presidente Prudente/Álvares Machado, novembro/97.



FOTO 2 – Destruição de avenida e equipamentos públicos, por erosão, causada pela ineficiência do sistema de drenagem, gerando a elevação do grau de risco no local devido à ameaça de atingir moradias próximas. Presidente Prudente (fora da área de estudo), abril de 98.

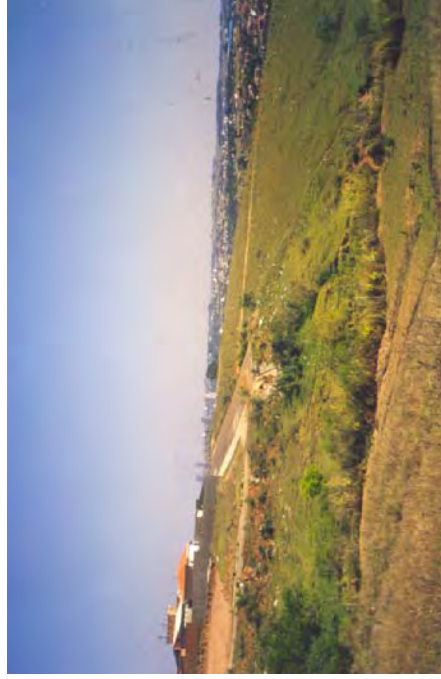


FOTO 3 – Na vertente oposta, observa-se a presença de feição erosiva de pequeno porte, ou calha, formada por concentração de água lançada pela rua perpendicular às curvas de nível. No fundo do vale, há presença de ravina. Presidente Prudente (Erosão 7 do cadastro – Fepasa, baixo risco), novembro/97.



FOTO 4 – Ravina formada por concentração de água superficial de bairro de montante e da estrada de ferro, que é lançada no terreno sem nenhum equipamento de dissipação de energia. A sua evolução pode vir a atingir a ferrovia. Presidente Prudente (Erosão 6 do cadastro – Jd. Cobral, médio risco), novembro/97.

FOTO 1 – Assoreamento no tributário principal do Balneário da Amizade (córrego do Limoeiro), que leva a diminuição de sua capacidade de armazenamento e deixa a água turva o ano inteiro devido a presença de sedimento em suspensão, aumentando o custo de tratamento da água para o consumo público. Divisa municipal Presidente Prudente/Álvares Machado, novembro/97.

FOTO 2 – Erosão acelerada ou antrópica, que levou à destruição de avenida e equipamentos públicos, causada pela ineficiência do sistema de drenagem, gerando a elevação do grau de risco no local devido a ameaça de atingir moradias próximas. Presidente Prudente (fora da área de estudo), abril de 98.

FOTO 3 – Na vertente oposta, observa-se a presença de feição erosiva de pequeno porte, ou calha, formada por concentração de água lançada pela rua perpendicular às curvas de nível. No fundo do vale há presença de ravina. Presidente Prudente (Erosão 7 do cadastro – Fepasa, baixo risco), novembro/97.

FOTO 4 – Ravina formada por concentração de água superficial de bairro de montante e da estrada de ferro, que é lançada no terreno sem nenhum equipamento de dissipação de energia. A sua evolução pode vir a atingir a ferrovia. Presidente Prudente (Erosão 6 do cadastro – Jd. Cobral, médio risco), novembro/97.

FOTO 5 – Boçoroca de cabeceira de drenagem formada pela concentração de água superficial de bairro de montante, que atingiu o lençol freático e também passou a evoluir lateralmente por ação do *piping*. A obra realizada não prevê equipamento de dissipação de energia na saída do sistema de drenagem o que pode levar a evolução remontante do processo e destruição da obra de drenagem realizada. Presidente Prudente (Erosão 17 do cadastro – Ana Jacinta I, alto risco), novembro/97.

FOTO 6 – Solapamento de margem fluvial causada pela retirada da mata ciliar associado ao incremento da vazão do rio devido a urbanização das suas cabeceiras. Considerada área de alto risco, devido ao processo estar em franco desenvolvimento com produção intensa de sedimentos, não devendo receber nenhuma ocupação próxima. Deve-se realizar estabilização das margens através de obras de proteção. Presidente Prudente (córrego do Limoeiro), setembro/97).

FOTO 7 – Estrada de terra encaixada devido à concentração de águas superficiais em seu leito, gerando um talude de cerca de oito metros de altura. Passou a tratar-se, na verdade, de uma enorme ravina pela qual automóveis podem transitar por dentro dela. Presidente Prudente, setembro/97.

FOTO 8 – Material de assoreamento sendo retrabalhado por solapamento de margem fluvial que irá impactar futuramente o rio Santo Anastácio a jusante. Presidente Prudente (córrego do Limoeiro, próximo ao rio Santo Anastácio), setembro/97.

FOTO 9 – Erosão em material de aterro causada pela saída de sistema de drenagem sem equipamento de dissipação de energia. Neste local existe risco de destruição do sistema de esgoto (poço de visita), o que leva o risco de poluição do manancial de abastecimento público de água o reservatório da Sabesp. Presidente Prudente (Erosão 18 do cadastro – Ana Jacinta II), novembro/97.

FOTO 10 – A evolução do processo erosivo coloca em risco de destruição, moradias e equipamentos públicos. Os tubos largados no terreno, são causa de uma má execução do sistema de drenagem. Presidente Prudente (Erosão 13 do cadastro – Jd. Sabará, alto risco), novembro/97.

FOTO 11 – Boçoroca formada por concentração de águas superficiais que atingiu o lençol freático e evolui continuamente. Possui pequena profundidade e possui vegetação de gramíneas em seu interior, o que caracteriza o médio grau de risco, mesmo com a proximidade da moradia em relação ao talude lateral. Álvares Machado (Erosão 5 do cadastro – rua Pexinguinha), novembro/97.

FOTO 12 – Boçoroca formada por intenso escoamento superficial concentrado, proveniente de bairro consolidado de montante, que foi aterrada em sua cabeceira para construção de escola estadual e foi construído sistema de galeria de águas pluviais. Á jusante, encontra-se ativa, com várias surgências d'água no seu interior. O material do seu assoreamento causa impacto direto no Balneário da Amizade. Presidente Prudente (Erosão 8 do cadastro – Jd. Mediterrâneo), novembro/97.

FOTO 13 – Boçoroca de cabeceira de drenagem formada por concentração de água da rua e de bairro de montante. O sistema de drenagem possui equipamento pouco eficiente para a dissipação de energia da água, o que leva ao agravamento da situação pois pode vir a atingir da rua de montante. Álvares Machado (Erosão 1 do cadastro – rua Marcílio Dias), novembro/97.

FOTO 14 – Erosão em fundo de vale que evolui principalmente por solapamento das margens fluviais. Possui, intensa vegetação de gramíneas em seu interior, porém, apresenta vários trechos em atividade intensa com evolução lateral. É considerada de alto risco, principalmente devido à intensa urbanização ao seu redor. Presidente Prudente (Erosão 14 do cadastro – Jd. Vale do Sol), novembro/97.

FOTO 15 – Urbanização próxima à cabeceira da boçoroca que foi aterrada devido a construção de sistema de drenagem superficial e reconstrução da rua de montante. Esta erosão possui muito próxima a sua cabeceira uma estação de bombeamento de esgoto que está com sua estrutura comprometida devido ao avanço do processo. Presidente Prudente (Erosão 17 do cadastro – Ana Jacinta I), novembro/97.

FOTO 16 – Erosão em fundo de vale com aterro de sua cabeceira com material de entulho. A saída do sistema de drenagem não possui nenhum equipamento de dissipação, gerando instabilização dos taludes laterais. Considerada de alto risco pois a jusante possui moradias próximas aos seus taludes laterais, além de localizar-se em área densamente ocupadas. Presidente Prudente (Erosão 10 do cadastro – Inocoop) novembro/97.

FOTO 17 – Exemplo de intervenção humana que provoca erosão em área de baixo risco. Trecho de estrada de terra que atravessa o fundo de vale e apresenta-se com erosão intensa em seus taludes laterais e no seu leito. Presidente Prudente, novembro/97.