

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

**APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS E DO MODELO EUPS
COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO DO USO DA TERRA:
ESTUDO DE CASO NO ALTO CURSO DA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO CACHOEIRINHA,
IRACEMÁPOLIS, S.P.**

Antonio Marcos Machado de Oliveira

Orientador: **Prof.Dr. Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto**

Co-orientador: **Prof. Dr. Francisco Lombardi Neto**

Tese de doutorado elaborada junto ao
Curso de Pós-Graduação em Geografia
- Área de Concentração em Análise da
Informação espacial para obtenção do
Título de Doutor.

Rio Claro (SP)
07/12/2004

526.982 Oliveira, Antonio Marcos Machado de
O48a Aplicação de geotecnologias e do modelo EUPS como subsídio ao planejamento do uso da terra : estudo de caso no alto curso da microbacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeirinha, Itacemópolis, S.P. / Antonio Marcos Machado de Oliveira. – Rio Claro : [s.n.], 2004
114 f. : il., fots., tabs., gráfs., mapas

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto
Co-orientador: Francisco Lombardi Neto

1. Sensoriamento remoto. 2. Uso da terra. 3. SIG. 4. Erosão. 5. Modelo EUPS. I. Título

DEDICO,

À minha esposa Denise, à minha filha Aline
e a meus pais Antonio e Maria, simplesmente por
existirem.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os amigos que de forma direta ou indireta contribuíram para a elaboração deste trabalho, em especial:

- Aos Profs. Drs. Sérgio dos Anjos F. Pinto e Francisco Lombardi Neto, pelas orientações;
- Ao Dr. Jener Fernando Leite, pelo fornecimento de dados;
- Ao Prof. Geraldo, pelo abstract;
- À Prof^a. Fabiana, pela revisão gramatical durante a qualificação;
- À Prof^a. Marisa Merli, pela revisão gramatical;
- Ao amigo Luiz Henrique Pereira, pela edição dos mapas.

BANCA EXAMINADORA

Antonio Marcos Machado de Oliveira
aluno

Rio Claro, _____ de _____ de 2005.

Resultado: _____

SUMÁRIO

Índice.....	ii
Índice de figuras	iii
Índice de gráficos	iv
Índice de tabelas	v
Índice de fotos	vi
Resumo	vii
Abstract	viii
I.Introdução	09
II. Considerações teóricas sobre o tema abordado	11
III. A área de estudo e suas características principais	54
IV. A abordagem metodológica	57
V. Apresentação e discussão dos resultados.....	67
VI. Algumas reflexões sobre a realidade pesquisada.....	92
VII. Considerações finais.....	97
VIII. Bibliografia	99

ÍNDICE

I. Introdução	09
II. Considerações teóricas sobre o tema abordado	11
2.1. O uso da terra	11
2.2. A erosão dos solos	15
2.3. A bacia hidrográfica como unidade de planejamento	24
2.4. As geotecnologias: Sensoriamento Remoto e SIG	34
2.4.1. Sensoriamento remoto	34
2.4.2. Sistemas de Informações Geográficas – SIG	41
2.5. Modelos para a previsão e estimativas de erosão	43
2.5.1. EUPS – Equação Universal de Perdas de Solo	44
2.5.2. RUSLE – EUPS Revisada	46
2.5.3. MUSLE – EUPS Modificada	46
2.5.4. WEPP - Water Erosion Prediction Project	47
2.5.5. EPIC - Erosion Productivity Impact Calculator	48
2.6. A aplicação combinada das tecnologias e do modelo EUPS	49
2.6.1. Considerações sobre a utilização das técnicas e dos modelos	52
III. A área de estudo e suas características principais	54
IV. A abordagem metodológica	57
4.1. Materiais	57
4.2. Abordagem metodológica	57

4.2.1. Parâmetros do modelo EUPS	58
4.2.1.1. Erosividade.....	58
4.2.1.2. Erodibilidade.....	59
4.2.1.3. Fator topográfico	60
4.2.1.4. Uso da terra/cobertura vegetal para determinação do fator C.....	62
4.2.2. Integração dos dados no ambiente SIG: caracterização de indicadores de erosão	63
4.2.2.1. Potencial natural de erosão	64
4.2.2.2. O uso permissível da terra	65
V. Apresentação e discussão dos resultados.....	67
VI. Algumas reflexões sobre a realidade pesquisada.....	92
VII. Considerações finais.....	97
VIII. Bibliografia	99

ÍNDICE DE FIGURAS

1 – Localização da área de estudo	54
2 – Classes de solos	55
3 – Classes de declividade	69
4 – Classes de comprimento de vertentes	70
5 – Classes de Potencial Natural de Erosão.....	71
6 – Classes de risco de erosão.....	72
7 – Classes de uso da terra	74
8 - Classes de expectativa de erosão.....	75
9 – Classes de uso e cobertura vegetal ao dos canais fluviais.....	82

ÍNDICE DE TABELAS

1 – Índice de erosividade	59
2 – Classes de erodibilidade e tolerância	60
3 – Valores do fator C da EUPS para as diferentes classes de uso da terra.....	63
4 – Classes de Potencial Natural de Erosão.....	64
6 – Valores de C permissível e graus/riscos à erosão	65
7 – Classes de expectativa de erosão	66
8 – Classes de uso da terra	73

ÍNDICE DE GRÁFICOS

4 – Precipitação média anual (1966-1996)	56
6 – Precipitação média mensal (1966-1996)	56
3 – Total das precipitações diárias (08/10 a29/10/04)	77

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Início dos sulcos erosivos	76
Foto 2. Ampliação do sulco erosivo.....	76
Foto 3. Dispersão dos sulcos erosivos	76
Foto 4. Deposição dos sedimentos	76
Foto 5. Deposição de sedimentos no terraço.....	78
Foto 6. Sulco erosivo dentro do canavial	78
Foto 7. Água proveniente da enxurrada	78
Foto 8. Detalhe de um sulco erosivo próximo ao canavial	78
Foto 9. Canal erosivo formado pela enxurrada	79
Foto 10. Água com sedimentos ao longo do terraço	79
Foto 11. Depósito de sedimentos e água ao longo do terraço	79
Foto 12. Detalhe do sulco erosivo	79
Foto 13. Córrego assoreado	80
Foto 14. Córrego praticamente todo coberto pela taboa	80
Foto 15. Vegetação de várzea não impede o assoreamento	80
Foto 16. Córrego praticamente sem fluxo	80
Foto 17. Canal fluvial totalmente coberto por taboa e capim	81
Foto 18. Detalhe da vegetação de taboa	81
Foto 19. Deposição de sedimentos nas margens do reservatório.....	82
Foto 20. Sedimentos avançando dentro do reservatório.....	82
Foto 21. Visualização panorâmica do reservatório	82
Foto 22. Visão panorâmica à montante	83
Foto 23. Visão panorâmica à jusante	83
Foto 24. Córrego em meio ao canavial	84
Foto 25. Córrego adentrando o canavial	84
Foto 26. Detalhe do córrego (abertura de dois canais)	84
Foto 27. Detalhe da mudança de curso do córrego	84
Foto 28. Estrada construída sobre a nascente.....	85
Foto 29. Córrego seco durante a colheita	85
Foto 30. Detalhe do córrego seco	85
Foto 31. Talvegue do córrego	85

Foto 32. Córrego extinto após a colheita (outubro de 2004)	85
Foto 33. Retomada do canal durante o período de chuva (outubro de 2004)	85
Foto 34. Cava de uma pedreira extinta	86
Foto 35. Detalhe da concentração de água no fundo da cava	86
Foto 36. Processos erosivos no alto da cava	87
Foto 37. Sulcos erosivos	87
Foto 38. Detalhe de um sulco erosivo profundo próximo a cava.....	87
Foto 39. Retirada de terra e sulcos erosivos nas proximidades da cava	88
Foto 40. Entulho no alto da encosta (outubro/2003)	88
Foto 41. Detalhe de pedras e madeiras (outubro/2003).....	88
Foto 42. Resíduos de construção: tijolos, madeira, etc (outubro/2003)	89
Foto 43. Lixo doméstico (outubro/2003).....	89
Foto 44. Depósito de lixo (outubro/2003)	89
Foto 45. Novo depósito (março/2004)	89
Foto 46. Montes de lixo, depositados por caminhão (março/2004)	89
Foto 47. Detalhe do entulho: plásticos, tijolos, etc (março/2004)	89
Foto 48. Entulhos carregados após as chuvas (outubro/2004)	90
Foto 49. Sulcos erosivos que carregam os entulhos (outubro/2004)	90
Foto 50. Vertente com presença de entulhos (outubro/2004)	90
Foto 51. Entulhos prestes a deslizar (outubro/2004).....	90
Foto 52. Presença de gramíneas e resquícios de entulho (novembro/2004)	90

RESUMO

O trabalho apresenta uma aplicação das geotecnologias (Sensoriamento Remoto e SIG) na seção do alto curso da bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeirinha, à montante da cidade de Iracemápolis, S.P.. O objetivo foi indicar a importância da aplicação daquelas técnicas, com o suporte do modelo EUPS, como subsídio ao planejamento sustentável do uso das terras, com ênfase na ocupação agrícola. Apresenta-se, também, neste estudo, uma discussão referente à inserção destas técnicas no âmbito dos estudos geográficos, bem como suas limitações.

A partir da análise dos dados, foram geradas cartas de síntese referentes aos indicadores da erosão hídrica do solo: potencial natural de erosão (PNE), riscos e expectativa de erosão em relação à ocupação agrícola das terras. Além disso, a série de fotos, obtidas através do trabalho de campo, possibilitaram avaliar as limitações do modelo EUPS em determinadas situações e tecer algumas considerações reflexivas a partir dos resultados obtidos.

Palavras-chave: Uso da Terra, Sensoriamento Remoto, SIG, Erosão, Modelo EUPS

ABSTRACT

This paper shows an application of the geotechnologies (Remote Sensing and GIS) in the section, of the high course of the basin of the River Cachoeirinha, above the town of Iracemópolis, S.P. The objective was to indicate the importance of the application of those techniques, with the support the USLE (Universal Soil Loss Equation) model, as a subsidy to the sustainable planning of the land use emphasizing the agricultural occupation. It is also shown, in this study, a discussion referring to the insertion of the techniques in the scope of geographic studies, as well as their limitations.

From the analysis of the data syntheses maps were produced referring to the indicators of hydric erosion of the soil: natural potential of erosion (NPE), risks and expectancy of erosion in relation to the agricultural occupation of the lands. Moreover, the series of photos, obtained through the field work, made it possible to evaluate the limitations of the USLE model in some situations and made some reflexive considerations from the results.

Key words: Land Use, Remote Sensing, GIS, Erosion, USLE model

INTRODUÇÃO

A utilização das tecnologias de Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) e Modelos vêm se intensificando e ampliando à medida que se descobre a capacidade que elas possuem para dar suporte à análise e integração de dados, referentes aos aspectos sócio-ambientais. Constituem sistemas de grande importância para a análise da distribuição espaço-temporal das informações e, conseqüentemente, para a elaboração de planos de gestão territorial. Deve-se salientar que esses planos são imprescindíveis para a interação equilibrada entre a ocupação antrópica e o meio ambiente, essencial para uma convivência que possa ser considerada harmoniosa no planeta Terra.

Diante dessa perspectiva, muitos pesquisadores vêm desenvolvendo trabalhos procurando detectar e caracterizar áreas que apresentam impactos ambientais decorrentes das intervenções antrópicas. Um tipo de impacto ambiental é a erosão dos solos, provocada especialmente pela pressão do uso agrícola das terras.

Afinal, a simples retirada da vegetação, para inserção de uma agricultura de subsistência, já promove alterações em alguns elementos do meio físico local, principalmente aquelas relacionadas a algumas propriedades do solo. Logo, o uso intensivo das terras cultiváveis, caracterizado não só pela retirada da vegetação natural, mas sobretudo pela intensa mecanização e emprego de insumos, pode torná-las inóspitas, além de causar sérios danos ao meio ambiente.

Para a caracterização dos processos da erosão hídrica dos solos, é necessário analisar os elementos do meio físico que participam desse processo, como por exemplo o declive do terreno, o comprimento das vertentes, a intensidade das chuvas, os solos, além do uso/ocupação das terras, que inclui a cobertura vegetal natural e aquelas produzidas pela ação antrópica.

Na contextualização de uma bacia hidrográfica, como unidade de observação e intervenção, pode-se deduzir que, para a elaboração e aplicação de um plano de gestão eficaz, deve-se obter o máximo de dados possíveis sobre a realidade pesquisada, e isso pode ser viabilizado e agilizado através dos instrumentais (Sensoriamento Remoto e SIG, respectivamente). Isso é possível, uma vez que estes, proporcionam a aquisição, a análise e a integração dos dados,

gerando informações que conduzem ao entendimento e conexão dos fragmentos da realidade, permitindo assim uma aproximação do conjunto da realidade pesquisada.

Quanto mais próximo da realidade, maior a possibilidade de haver uma contribuição efetiva do trabalho científico voltado para o planejamento. E isso ocorrerá com êxito quando o instrumental tecnológico for utilizado por uma equipe, preferencialmente interdisciplinar. Contudo, o raciocínio deve prevalecer sobre os instrumentos para que haja uma garantia maior de sucesso.

Tendo em vista essas premissas, as tecnologias indicadas foram aplicadas em uma seção do alto curso da bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeirinha, à montante da cidade de Iracemápolis, (S.P.), cujo objetivo foi demonstrar a importância da aplicação daqueles sistemas para a aquisição e análise de dados que possam subsidiar o planejamento do uso das terras e levantar questões referentes à inserção no contexto das pesquisas geográficas.

Quanto aos objetivos específicos, destaca-se a elaboração de cartas sínteses relativas ao potencial natural de erosão (PNE), o risco de erosão e a expectativa de erosão em relação ao uso das terras, face às características dos elementos do meio físico da área analisada. Além disso, a série de fotos, obtidas através do trabalho de campo, possibilitaram avaliar as limitações do modelo EUPS em determinadas situações e tecer algumas considerações reflexivas a partir dos resultados obtidos.

Deve-se ressaltar que a realização desse exercício prático na sub-bacia do Ribeirão Cachoeirinha deve-se ao fato da mesma estar inserida no Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas, situando-se numa região de grande importância sócio-econômica no Estado de São Paulo. Trabalhos já realizados disponibilizaram dados básicos detalhados, possibilitando a condução dessa pesquisa.

II. CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS SOBRE O TEMA ABORDADO

2.1. O USO DA TERRA

Os termos uso da terra e uso do solo têm sido utilizados para indicar a ocupação antrópica de uma área. Marques (1971) e Lepsch et.al. (1983) esclarecem que o conceito de “solo” é mais restrito, sendo considerado como um conjunto de corpos tridimensionais na superfície terrestre, contendo matéria viva com capacidade de suportar plantas. Já a palavra “terra” é mais abrangente, pois inclui em seu significado o solo e os vários atributos de uma área, como o substrato geológico, a hidrologia e os resultados da atividade antrópica.

Anderson et.al. (1976) consideram que se devem levar em consideração dois conceitos intimamente relacionados, que são o de uso da terra e o de revestimento do solo, respectivamente.

Bucci (1990, citado por Pereira Neto, 1994), emprega o termo “uso do solo” para designar a forma pela qual o espaço está sendo ocupado, considerando tanto os aspectos naturais quanto as atividades que vêm sendo desenvolvidas pelo homem numa determinada área.

Por sua vez, Flores (1995) enfatiza a importância do planejamento do uso do solo como um recurso essencial, servindo de instrumento para a produção de alimentos e de matérias primas, devendo ser conduzido por meio de técnicas que proporcionem a sustentabilidade das atividades produtivas, assegurando o equilíbrio ambiental dos agro-ecossistemas.

Esse autor (op.cit.) considera que a inadequação do uso dos solos é uma das causas de malogro das atividades agrícolas, do abandono das terras esgotadas e dos impactos negativos no ambiente, variando o tipo de degradação de acordo com a sua natureza e o manejo utilizado, associado às peculiaridades hidroclimáticas e geomorfológicas locais. Afirma ainda que, os impactos ambientais, decorrentes do uso da terra sem aptidão para as atividades agrícolas e/ou com práticas de manejo inadequadas, podem ser observados na atmosfera, litosfera, hidrosfera e na saúde da Terra como um todo.

De acordo com Pinto et al.(2001), a ocorrência de áreas de discrepâncias, entre o uso efetivo da terra e sua aptidão agrícola, pode concorrer em alguns casos, para o decréscimo da produtividade agrícola, bem como para a degradação dos solos. Para evitar tal situação, propõem um levantamento periódico para o acompanhamento do uso da terra, com o intuito de obter-se uma avaliação histórica da ocupação antrópica, favorecendo uma análise de tendências, bem como criar registros referentes a esta temática como subsídio para planejamentos de ocupação territorial.

Spavorek e Lepsch (1995) comentam que é necessário identificar o melhor e mais adequado sistema de uso da terra que garanta uma produção agrícola sustentada no tempo e compatível com uma boa qualidade ambiental. Ainda segundo estes autores (op.cit), a adequação do uso das terras é realizada através da identificação de áreas que estão em processo de degradação potencial devido à super utilização. Também consideram que o estágio de degradação das diferentes microbacias hidrográficas não é o mesmo, bem como a sua ocupação agrícola e atributos físicos. Assim, as ações necessárias para a recuperação ou proteção das terras devem considerar cada situação peculiar.

Segundo Freire (1995), o uso da terra é um dos fatores que influenciam a quantidade de perdas de material do solo. Se as limitações de uso não forem observadas, ocorrerão perdas a níveis considerados inaceitáveis, mesmo se houver a aplicação de práticas intensivas de controle à erosão. Isso porque há solos que podem ser utilizados com qualquer atividade humana, enquanto que outros apresentam fortes limitações de uso. No seu modo de entender, quando o solo sofre a interferência do homem, geralmente deixa de ficar protegido por uma determinada cobertura vegetal, ficando exposto pelo menos algum período do ano. Nessas condições, o impacto das gotas de chuva desagregam o solo, selam sua porosidade superficial e proporcionam a formação de intensas enxurradas, que acarretam o assoreamento das baixadas, causando múltiplos prejuízos. Assim, a infiltração é mais baixa e a alimentação do lençol freático é periódica e insuficiente. Em conseqüência, as fontes se tornam intermitentes e o regime dos rios irregular.

A manutenção do equilíbrio ambiental e o desenvolvimento sócio-econômico coerente e racional quanto à exploração dos recursos naturais tem como ponto fundamental o conhecimento e controle das transformações que decorrem do uso da terra. (Custódio, 1990; citado por Pereira Neto, 1994) Isso pode ocorrer através de um planejamento de ocupação das terras que, segundo FAO (1976), tem como função direcionar as decisões de tal modo que haja um maior aproveitamento pelo homem, sem que ocorra significativa degradação ambiental.

Paschoal (1995) faz um relato histórico dos problemas gerados pela agricultura intensiva. As grandes civilizações que floresceram junto ao Nilo e ao Tigre e Eufrates devem o seu auge e o seu declínio à irrigação em grande escala, que, se num primeiro momento trouxe grandes dádivas, posteriormente acarretou uma série de problemas, tais como salinização dos solos, tornando-os improdutivos; assoreamento de represas, diques e rios, provocando grandes enchentes, além do desmatamento de vastas áreas de florestas de árvores nobres, surgindo imensos desertos. Também as sociedades pastoris que se estendiam do Egito à China, devido ao excesso de pastoreio, provocavam o surgimento de grandes áreas desérticas. A própria decadência do Império Romano está relacionada, além de outros fatores, também aos desmatamentos intensos da região mediterrânea. Este autor comenta que nas colônias européias da América, África, Ásia e da Oceania as grandes monoculturas substituíram os sistemas agrícolas tradicionais, originando grandes desmatamentos, provocando erosão e perda da fertilidade dos solos.

Contudo, para Paschoal (1995), foi com a Revolução Verde, ocorrida após a Segunda Guerra Mundial, que se generalizaram os impactos da Agricultura, pois foi a partir desse momento que se intensificou o uso de adubos solúveis. Isto, se por um lado aumentou a produtividade agrícola, por outro levou os solos a perderem rapidamente a sua fertilidade, devido aos problemas ligados às modificações em sua estrutura física, à destruição da matéria orgânica do solo, à acidificação, à mobilização de substâncias tóxicas, à imobilização de nutrientes

e à exterminação de macro e microorganismos úteis, resultando em lixiviação/ erosão.

Além disso, a Revolução Verde propiciou um grande consumo de agrotóxicos, adubos minerais e híbridos, permitindo a formação de imensos conglomerados multinacionais que controlavam as sementes para que, através delas, pudessem aumentar as vendas de fertilizantes e agrotóxicos. Esse modelo de agricultura surgiu no Brasil com os Programas Nacionais de Desenvolvimento(PNDS), especialmente a partir da década de 60, e, a ele se associam: a) os graves problemas de erosão dos solos; b) baixa qualidade dos alimentos, pois possuem resíduos de agrotóxicos, de adubos solúveis nitrogenados, de hormônios e de outras drogas veterinárias, além de aditivos industriais e; c) águas contaminadas por resíduos de herbicidas e de outros agrotóxicos, de nitratos de adubos solúveis, bem como dejetos industriais e municipais.

A cobertura vegetal nativa de uma área desempenha importante papel de proteção da superfície das vertentes, protegendo-as contra a remoção do material pedológico pela ação do escoamento superficial das águas pluviais. Esta cobertura vegetal, em geral, é removida em grandes extensões, particularmente para dar lugar às atividades agrícolas.

Bertolini e Lombardi Neto (1993) destacam que em 1910, 64,7% da área do Estado de São Paulo eram cobertas com florestas primitivas. Atualmente, apenas 5% da área ainda se mantêm reflorestada. Esse desmatamento para uso agrícola, foi feito de modo desordenado, não levando em consideração a capacidade de uso das terras e sim fatores de pressão econômica. Com essa ocupação inadequada, apareceram sérios problemas de erosão e degradação do solo e água, refletindo na produção e produtividade agrícolas.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1985), há um desequilíbrio ecológico devido à retirada da cobertura vegetal protetora, por meio de uma má utilização dos solos, como ateamento indiscriminado de fogo, pastoreio descontrolado, além do desmatamento. Isso ocasiona uma alteração no regime climático e no ciclo hidrológico.

Para a realização de um planejamento adequado do uso do solo, são necessárias várias informações relacionadas ao meio físico, principalmente as referentes às classificações de uso da terra.

Prado (1996) comenta que o sistema de classificação de terras em termos de capacidade de uso é qualitativo, de propósito geral e voltado para as limitações das terras, sobretudo no que diz respeito à susceptibilidade à erosão. Baseia-se, primordialmente, nas combinações de efeito do clima e características permanentes do solo (inclusive declividade) que limitam o uso agrícola da terra e/ou impõem riscos de degradação pela erosão acelerada. O nível de manejo presumido é alto ou moderadamente alto.

A esse respeito, Freire (1995) tece as seguintes considerações: as práticas de controle da erosão são eficientes em solos que estão ou vão ser usados de acordo com sua capacidade. Quando essas práticas são inadequadamente instaladas, geralmente produzem perda de solo maior que a ocorrência sem o emprego de nenhuma prática. Desse modo o planejamento prévio do uso do solo é condição fundamental para o sucesso das práticas de controle da erosão.

Em estudos de uso da terra/cobertura vegetal, é importante salientar as alterações impostas pela pressão antrópica. Na avaliação desta dinâmica, diversos trabalhos já têm sido realizados, podendo-se exemplificar os mais recentemente desenvolvidos: Oliveira (2000), Pinto *et. al.* (2001 e 2002) e Aquino (2002), que utilizaram conjugadamente as técnicas de Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas, como técnicas básicas para a aquisição, integração e análise temporal de dados.

2.2. A EROSÃO DOS SOLOS

A erosão é um fenômeno geológico normal na modelagem da superfície terrestre, onde os agentes externos modificam e transportam o material rochoso num processo lento, quase invisível, e de forma permanente.

Os processos de erosão do solo envolvem tanto o campo da Geomorfologia como da Pedologia, na medida em que a agressividade da retirada de material se contrapõe, em parte pelo menos, à pedogênese, principalmente nas regiões de clima quente e úmido, como salienta Tricart (1968).

Conforme Pinto (1991), os processos erosivos são constituídos das fases de retirada de material, de transporte (longo ou curto, dependendo da energia do ambiente) e deposição, criando feições ou marcas nas vertentes como sulcos, ravinas, voçorocas, cones de deposição, assoreamento de corpos d'água, etc.

Conforme já enfatizado pelo USDA Soil Conservation Service (1948) os processos erosivos podem ser agrupados em duas categorias: a erosão natural ou geológica, que constitui um processo inevitável, e a erosão acelerada do solo resultante do desequilíbrio, em geral provocado pela atuação antrópica, podendo ser considerado um processo anormal. Este segundo tipo de erosão pode ser, em parte, minimizado pela aplicação de práticas conservacionistas adequadas. Por outro lado, a aplicação destas práticas adequadas inclui o conhecimento dos elementos da paisagem em termos de como eles se apresentam e de suas inter-relações.

Quando ocorre a instabilidade das vertentes, então começam a dominar os processos de erosão e de dissolução. O processo de dissolução predomina no momento em que há percolação das águas pluviais no solo, as quais dissolvem materiais constituintes dos solos e do leito rochoso. Esse processo não só provoca rebaixamento da superfície, como também transforma o leito rochoso em um novo solo. A erosão será mais atuante onde a dissolução for pouco ativa.

Segundo Pinto (1991), a remoção de camadas do solo pelas águas pluviais que escoam na superfície das vertentes pode ser expressa através de dois grandes grupos de processos: a erosão em lençol, através do escoamento laminar (sheet erosion ou inter-hill erosion) e a erosão linear, constituindo-se em pequenos sulcos, ravinas e voçorocas (gully erosion), a partir da concentração do escoamento (hill erosion).

De acordo com Kirkby e Morgan (1980), os movimentos de massa atuam com maior eficiência em vales íngremes, dissecados pelo trabalho dos rios. Os deslizamentos, o fraturamento de rochas e outros movimentos alargam os vales e abaixam o gradiente das vertentes até um ângulo limiar, onde as vertentes tornam-se estáveis. Os arenitos grosseiros estabilizam-se por volta de 30° , enquanto as argilas em torno de 8° a 15° em climas úmidos.

A análise dos processos de erosão tem sido uma preocupação nos trabalhos de geomorfólogos, pedólogos e geólogos, não somente na reconstituição de taxas de erosão de solo do passado geológico próximo (Cenozóico, em particular o Quaternário), mas também na estimativa da incidência de processos erosivos atuais. Diversas publicações, neste sentido, estão disponíveis, podendo-se destacar, entre outras, aquelas realizadas por Strahler (1956), Tricart e Cailleux (1956), Carson (1971) e Christofolletti (1980 e 1981).

No que se refere à aplicabilidade, é importante considerar a estimativa das perdas de solos por processos erosivos hídricos, especialmente em termos de atividades de produção agrícola e de manejo de bacias hidrográficas. Neste aspecto, torna-se importante considerar e analisar os elementos que podem ser caracterizados como condicionadores dos processos de erosão acelerada do solo.

A análise da literatura disponível indica que diversos autores têm se preocupado em estudar os fatores, bem como também quantificar suas participações na remoção dos materiais do solo. Dentre esses autores podem-se destacar Middleton (1930) - citado por Bryan (1968), Fournier (1960), Wischmeier e Smith (1978), Selby (1970) - citado por Toy (1977). De um modo geral, os fatores condicionantes comumente analisados são: intensidade de precipitação (erosividade das chuvas), erodibilidade do solo, declividade e extensão das vertentes, litologia, cobertura vegetal e tipo de manejo do solo.

Um dos trabalhos pioneiros foi o de Middleton (1930), citado por Bryan (1968), que deu ênfase à erodibilidade a partir, principalmente, das características texturais dos solos.

Fournier (1960) procurou determinar os fatores de erosão do solo dando atenção especial à precipitação, em termos de sua concentração, e a alguns elementos do relevo (declividade e a variação altimétrica).

A tentativa de quantificar os fatores condicionantes da erosão acelerada, de uma forma conjunta, pode ser exemplificada pelos trabalhos desenvolvidos por Wischmeier e Smith (1978), por Selby (1970) - citado por Toy (1977), Bertoni et al (1975) e Bertoni e Lombardi Neto (1985)

Baseado no modelo empírico de Selby, Toy (1977) também analisou os fatores de forma integrada, e agrupando-os em três categorias amplas: características climáticas, características da superfície e modificações do meio natural pelo homem. Enquanto o fator clima influi, principalmente de forma direta, nas taxas de erosão através da intensidade e duração das precipitações, e indiretamente no escoamento superficial (runoff), a topografia, expressa pelas diferenças altimétricas, declividade, geometria e extensão das vertentes, constitui elemento relevante no processo de retirada de parcelas da cobertura pedológica.

Uma análise abrangente de parâmetros do relevo, correlacionados com erosão acelerada, foi efetuada na Rodésia por Stocking (1972), que, além da declividade levantou dados referentes à densidade de drenagem, proximidades da erosão em relação à drenagem natural, ordem dos canais, razão entre amplitude altimétrica e área da amostra e razão entre este último parâmetro e o resultante da relação entre a distância dos pontos altimetricamente extremos e a forma da vertente. Stocking (1972), neste trabalho, mostra um bom exemplo de análise estatística multivariada bastante acessível, tendo como objetivo identificar o grau de participação de cada um dos elementos selecionados no condicionamento da erosão do solo. Em seu trabalho verificou que a declividade média foi o parâmetro mais importante na explicação da erosão em diferentes áreas amostrais.

A utilização de valores médios de declividade, quando se analisa uma área através de sistema de amostragem, pode conduzir a efeito suavizante daquele parâmetro, conforme verificou Pinto (1983), mesmo utilizando valores médios ponderados pela expressão areal de cada classe de declividade em quadrículas amostrais.

Por sua vez o fator tipo de rocha é focado por Toy (1977) no sentido litológico, pois a interpretação estrutural pode ser incluída no fator topográfico e a influência da rocha pode ser observada de forma indireta através do condicionamento de certas características do solo.

O envolvimento da cobertura pedológica tem sido feito levando em consideração a susceptibilidade dos solos à erosão (erodibilidade). A caracterização da erodibilidade leva em conta, basicamente, os atributos texturais do solo, através da avaliação, entre outras, das relações entre teores das frações argila e areias. Nesta linha de interesse podem-se citar os trabalhos de Bryan (1968), Toy (1977), Lombardi Neto e Bertoni (1975), Bertoni *et. al.* (1972), a publicação de Bertoni e Lombardi (1990) e Denardin (1990).

A densidade de cobertura vegetal constitui outro fator de grande relevância na análise da erosão acelerada do solo. Por exemplo, trabalhos desenvolvidos por Langbein e Schumm (1958), Keech (1968), Stocking e Elwell (1976) salientam o efeito de proteção ao solo proporcionado pela cobertura vegetal, principalmente quando é levado em consideração o poder erosivo das chuvas.

Butzer (1974) analisou o efeito de retardamento dos processos erosivos do solo, exercido pela vegetação. Este autor apresentou dados comparativos do tempo teórico necessário para o desenvolvimento de erosão do solo para diferentes tipos de cobertura vegetal, sob condições naturais semelhantes. Observou que nas áreas sob cobertura florestal o tempo relativo necessário para a evolução da erosão é aproximadamente seis vezes maior do que para as áreas que apresentam cobertura vegetal de gramíneas.

Um fato bem evidenciado por Queiroz Neto (1978), ao analisar problemas de erosão acelerada no Estado de São Paulo, é que a substituição da cobertura vegetal natural provoca desequilíbrio em uma área. O autor comenta que, a intensificação desse processo, ocorre a partir da retirada da cobertura florestal original, especialmente nas áreas que apresentam solos muito arenosos. Nesta linha de abordagem, Pinto (1983) quantifica, em termos de porcentagem de cobertura dominante por quadrícula amostral, a influência da modificação da

cobertura vegetal ao analisar duas situações com lapso de tempo de dez anos. Ainda sob este enfoque, são exemplos os trabalhos de Pinto (1991 e 1996), Oliveira (2000), Pinto *et. al.* (2002) e Aquino (2002), que avaliaram a influência da alteração da cobertura vegetal na variação da distribuição espacial de indicadores da erosão do solo, em bacias hidrográficas, com o suporte de modelos predictivos.

Os dados referentes à cobertura vegetal, através da avaliação de sua densidade, podem ser utilizados para compor um índice aproximado de cobertura vegetal do solo. Este índice pode-se constituir em expressivo parâmetro na avaliação dos processos de erosão do solo, principalmente em áreas onde ocorre dinamismo de ocupação pelo homem.

Muitos autores, entre eles Pouquet (1951), Barros (1956), Kirkby e Morgan (1980), Argento (1981), Bigarella e Mazuchowski (1985), Bertoni e Lombardi Neto (1985), demonstram a importância da cobertura vegetal para a proteção do solo, contra os processos erosivos.

Barros (1956) afirma que a ausência da cobertura vegetal responde pela rapidez da degradação dos solos até a ruína completa.

Bertoni e Lombardi Neto (1985) observam que a cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão e elencam esses benefícios da seguinte maneira: “a) proteção direta contra o impacto das gotas de chuva; b) dispersão da água, interceptando-a antes que atinja o solo; c) decomposição das raízes das plantas que, formando canículos no solo, aumentam a infiltração da água; d) melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando assim sua capacidade de retenção de água; e) diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento de atrito na superfície”.

Outro fator condicionante para a erosão do solo é, sem dúvida, a ação antrópica, que possui a capacidade de acelerar os processos acima mencionados.

Conforme Bigarella e Mazuchowski (1985), a atividade antrópica intensifica a atuação dos processos morfogenéticos, onde predomina a erosão hídrica por escoamento difuso e concentrado. Desse modo, a morfogênese supera a pedogênese, dando origem a um processo de degradação ambiental acelerada.

Vários autores atribuem à modernização agrícola o aceleração dos processos erosivos.

Debesse-Arviset (1974) atribui à agricultura mecanizada o fato de ser um dos principais agentes que alteram algumas características do solo. O autor exemplifica citando as monoculturas de cereais que se utilizam em grande escala de máquinas, fazendo com que os solos fiquem expostos aos agentes erosivos, transformando grandes planícies férteis dos EUA em desertos de calhaus. E ainda relembra o acontecimento do dia 12 de maio de 1934, quando a terra arável das planícies cultivadas do sul do Nebraska foi carregada pelos ventos em forma de nuvens escuras, que obscureceram o céu, desde as Montanhas Rochosas até o Oceano Atlântico: foram aí danificados cerca de 300 milhões de toneladas de solo fértil, enquanto só restava a rocha nua e calhaus, sobre os antigos campos de trigo e milho. Ainda comenta que às vezes basta uma estação, uma tempestade, para deteriorar uma região inteira, enquanto são precisos de quatro a seis séculos para se refazerem 3cm de solo produtivo.

Graziano Neto (1982) comenta que, onde se pratica a chamada moderna agricultura, a destruição dos solos está comprometendo a agricultura do amanhã. Basta ver as ravinas e voçorocas abertas nos campos, as enchentes dos rios, cada vez mais freqüentes e alarmantes, e o assoreamento das hidrelétricas.

Atividades como as arações profundas e freqüentes, as gradagens excessivas, o uso intensivo de veículos e máquinas agrícolas e queima de restos culturais contribuem para a desarticulação dos agregados do solo, para a sua compactação, com o aparecimento de camadas impermeáveis denominadas “pé de arado”. Isto conduz também à eliminação da fauna e ao empobrecimento dos solos, tornando-os mais impermeáveis. Isto faz com que, submetidos à ação direta das chuvas, sofram à erosão das suas camadas superficiais (TAVARES, 1986).

O autor (op.cit) alerta que o problema da erosão dos solos deve ser adequadamente tratado através de uma compatibilização do desenvolvimento econômico com as variáveis ambientais e com o bem estar social. Somente assim, é possível um florescimento da agricultura, e também podem-se evitar transtornos e prejuízos acarretados pela destruição das vias de circulação, conter a destruição

das cidades pelas voçorocas e ainda melhorar a capacidade dos reservatórios para a produção de energia hidrelétrica e para o fornecimento de água.

Domingues (1990 citado por Sudo et al. 1991) observa que a falta de tecnologia era a responsável pela degradação do solo, ocasionando uma produção itinerante. Contudo, sua intensificação, ao buscar o aumento da produção, muitas vezes com o manejo inadequado da água e do solo, acabou levando a uma aceleração da degradação do meio ambiente rural, bem como comprometendo os recursos hídricos, a flora e a fauna.

Segundo o autor supra citado, o uso inadequado de implementos agrícolas vem provocando a compactação e a destruição da estrutura do solo que resulta numa redução drástica da capacidade de infiltração da água das chuvas. Conseqüentemente, há um escoamento com remoção e transporte de camadas de solos e nutrientes, que são depositados nos fundos dos vales em forma de bancos de areia e nos leitos de rios, córregos e represas, como assoreamento. Quanto mais intensificam-se os processos erosivos, mais terras agricultáveis são perdidas, acarretando graves conseqüências sociais.

Marques (1971), citado por Bertoni e Lombardi Neto 1990) comenta que o Brasil perde, por erosão laminar, cerca de 500 milhões de toneladas de terra anualmente, correspondendo ao desgaste de uma tonelada de 15cm de espessura numa área de 280.000 hectares de terra. Além disso, aproximadamente 8 milhões de toneladas de nutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio) são perdidos anualmente.

A retirada da camada superior do solo redundando em um baixo potencial produtivo da terra, pois o subsolo não apresenta boas condições para o cultivo. Geralmente o subsolo apresenta baixo teor de matéria orgânica e é pouco permeável, permitindo uma maior velocidade das enxurradas. Além disso, tem pouca capacidade de retenção da água, o que exige um arar mais profundo. Como também apresenta uma estrutura fraca, torna-se mais difícil preparar a sementeira, dando, em conseqüência, uma germinação baixa e uma produção reduzida. E ainda devido a sua estrutura, exige maior força de tração dos

equipamentos agrícolas no seu preparo, gastando mais combustível e assim onerando ainda mais o custo de produção.

Para Merten (1995), a principal consequência do processo erosivo para os agrossistemas é a redução da capacidade produtiva dos solos causada pela perda das camadas superficiais, que são ricas em matéria orgânica e nutrientes. Com a remoção destes horizontes, ocorre uma queda do rendimento das culturas, sendo necessária a reposição da fertilidade com mais gastos em insumos. Também destaca que a improdutividade do solo gera o empobrecimento do homem do campo, que na maioria das vezes acaba emigrando para os centros urbanos quando não consegue produzir o suficiente para sua sobrevivência. Por meio da enxurrada, parte dos sedimentos oriundos do processo erosivo atinge a rede de drenagem, carregando consigo alguns nutrientes como fósforo, nitrogênio e agrotóxicos, principalmente herbicidas. Esse processo acarreta assoreamento nos corpos hídricos, comprometendo a qualidade da água e alterando a vida aquática, principalmente pela eutrofização da água

Valério Filho (1995) comenta que a ocupação antrópica resulta em desequilíbrios no meio físico, os quais podem ser observados pela intensificação da erosão dos solos, perda da reserva de seus nutrientes, contaminação físico-química dos recursos hídricos e prováveis alterações estruturais dos sistemas hidrográficos, como, por exemplo, assoreamento de várzeas, reservatórios e canais fluviais.

Segundo Brasil (1987, citado por Assad e Sano, 1993), a bacia hidrográfica constitui-se na unidade geográfica ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais, principalmente o solo e a água.

Para Saha e Barrow (1981), as relações espaciais entre causas e efeitos da erosão podem ser reconhecidas em um planejamento de bacia hidrográfica.

2.3. A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO

O planejamento é o trabalho de preparação para qualquer empreendimento, segundo roteiro e métodos determinados, ou ainda, o processo que leva ao estabelecimento de um conjunto coordenado de ações (pelo Governo, pela direção de uma empresa, etc.), visando alcançar determinados objetivos propostos.

O planejamento consiste, portanto, em levantar dados para obtenção de diagnoses e, a partir daí, por meio de um roteiro e métodos determinados, elaborar prognoses visando à consecução de determinados objetivos.

Neste contexto, um planejamento ambiental deve seguir a mesma linha de raciocínio, sendo um instrumento indispensável em todas as instâncias políticas que gerenciam a vida pública, seja ela em âmbito federal, estadual ou municipal.

Uma prefeitura, por exemplo, somente será eficiente a partir da elaboração de um planejamento, pois esse é o primeiro passo para o gerenciamento do município. Afinal, como sanar seus problemas sem um diagnóstico e, conseqüentemente, um prognóstico?

Mas, quem poderá elaborar tal planejamento? Uma equipe multidisciplinar de pesquisadores, em que a participação do geógrafo é essencial, desempenhará um papel fundamental, estando apta a diagnosticar os problemas ambientais do município e cartografá-los mostrando sua intensidade e sua distribuição espacial. Afinal, como disse Lacoste (1985, p.23),

“[...] é sobre a carta que devem ser colocadas todas as informações necessárias para a elaboração de táticas e estratégias [...] A confecção de uma carta implica num certo domínio político e matemático do espaço representado, e é um instrumento de poder sobre esse espaço e sobre as pessoas que ali vivem”.

Porém, ocorre quase sempre um desinteresse em realizar um verdadeiro planejamento, devido a uma alienação social, fustigada por fragmentos da realidade, centrados no poder e no lucro.

Dessa forma, muitas pesquisas voltadas para o planejamento ambiental ficam armazenadas dentro da Academia, servindo apenas para debates internos ou, até mesmo, muitos desses estudos são logrados ao esquecimento.

Tais trabalhos acadêmicos sofrem desse mal porque se escolhe uma determinada área de estudo (um município, uma região, uma bacia hidrográfica, etc.), levanta-se uma hipótese, salientam-se determinados problemas, ampara-se em uma determinada metodologia para o levantamento das diagnoses e, imediatamente, já se elaboram as prognoses. Contudo, na maioria das vezes, os órgãos públicos e a sociedade local, que teoricamente seriam os maiores interessados, desconhecem a existência desses estudos, e quando tomam conhecimento nem sempre manifestam interesse. Dessa forma, o trabalho torna-se confinado à Academia.

Diante disso, a Universidade deve se aproximar cada vez mais da comunidade e dos órgãos públicos, para mostrar os problemas e a cura para as chagas da sociedade. A indicação de ações mitigadoras somente pode ser conduzida através de um planejamento ambiental adequado, incluindo diagnósticos e, posteriormente, prognósticos, balizando o processo de gestão.

Uma pessoa procura um médico ou por estar com algum problema, ou por desejar se precaver para evitá-lo. Teoricamente, a segunda opção deveria prevalecer, porém, a primeira ocorre com maior frequência. Mas ainda há os que morrem por negligência própria ou de quem os auxilia. Da mesma maneira, os problemas sócio-ambientais proliferam e se intensificam a partir da negligência própria (de cada cidadão) e principalmente dos “escolhidos” (políticos) para auxiliarem esses cidadãos.

Num processo de planejamento, é preciso que se formulem algumas questões tais como:

- Quem deseja tal planejamento e por quê?
- Qual o grau de interesse dos envolvidos?
- Em qual unidade espacial será implementado?
- Como fazê-lo?

O interesse em realizar um plano de ação para uma determinada área pode partir dos órgãos públicos que atuam em âmbito federal, estadual e municipal, preocupados com a resolução dos problemas sócio-ambientais ou comprometidos apenas com uma propaganda política.

Nos dois casos, os pesquisadores são fundamentais. No primeiro, o vínculo com a Universidade é essencial, pois a mesma pode prover os recursos humanos e o instrumental metodológico necessários ao levantamento dos dados, elaboração dos prognósticos, bem como o monitoramento constante, responsável pela segurança na aplicação do plano e obtenção de resultados positivos no contexto dos objetivos propostos.

Já no segundo caso, os pesquisadores, não necessariamente vinculados à Universidade, devem edificar as diretrizes persuasivas que criarão a ilusão de perfeição e de ações benéficas. Aliás, a propaganda é uma das armas mais eficientes para a alienação social que proporciona um domínio quase que absoluto sobre os cidadãos.

E, sobre a propaganda política, Bartlett (s. d.) comenta:

“[...] Se dice que es capaz de determinar la conducta del más oscuro de los ciudadanos y, al mismo tiempo, de decidir los destinos de las grandes naciones. Actúa en el modelado de la educación del niño, de las ambiciones de la juventud, de las actividades en la flor de la vida, y persigue a los viajeros hasta la tumba. No tiene respeto para las edades, las estaciones o los tópicos [...]” (p.22)

“[...] La propaganda es un intento de influir en la opinión y la conducta – de manera especial la opinión y conducta sociales – en tal forma que las personas que adopten las opiniones y conductas indicadas, lo hagan sin realizar en si mismas búsqueda alguna definitiva de razones [...]” (p.37)

Quanto ao grau de interesse dos envolvidos, percebe-se que os receptores nem sempre se manifestam a favor de um determinado tipo de planejamento, mesmo que haja as melhores das intenções. O imediatismo predominante é um grande obstáculo, pois muitas vezes os resultados positivos costumam a aparecer. Um marasmo alienante os domina de tal forma que, nesse caso, a propaganda seria bem-vinda e, talvez, até necessária.

Um exemplo pode ser dado em âmbito rural, onde a implementação de um manejo adequado muitas vezes encontra duras resistências impostas por práticas tradicionais.

Na verdade, essa idéia imediatista, advinda da valorização de fragmentos da realidade, fundamentada no poder e no lucro, se enquadra nos propósitos estabelecidos pelo planejamento elaborado para a propaganda política.

A unidade espacial onde será implementado o planejamento ambiental é geralmente, definida por uma delimitação natural, como as bacias hidrográficas, ou por um limite registrado e documentado, como são as regiões ou os municípios.

Um fator determinante para a escolha da unidade de planejamento será o nível de detalhe que se quer dar a ele, ou seja, implicando na escala de trabalho. Sabe-se que quanto maior a escala, mais detalhes se obtêm e, portanto, maior será a aproximação com a realidade, uma vez que mais fragmentos serão conectados. No caso de um planejamento regional amplo, de escala média a pequena, será obtida apenas uma visão sinótica, pouco eficiente e de pouca aplicabilidade para a comunidade. Servirá, muitas vezes, apenas como propaganda política.

Vários autores afirmam que a bacia hidrográfica é a unidade natural mais adequada para o planejamento, especialmente aquele focado nos problemas ambientais.

Do ponto de vista sistêmico, a bacia hidrográfica constitui-se em um “sistema aberto, sustentando-se num equilíbrio dinâmico, em função de ciclos e flutuações, que são processos não lineares. O ‘input’ de energia no sistema ocorre a partir do clima e das forças endogenéticas, ocorrendo o transporte de água e sedimentos tanto no interior do sistema como nas vertentes, canais e abaixo da superfície. O ‘output’ da bacia hidrográfica ocorre principalmente por meio da evapotranspiração e da vazão de água e sedimentos pela foz da bacia (Walling e Webb, 1975).

Thomas & Hugget (1980) consideram que a bacia hidrográfica é composta por unidades de armazenagem tal como terra, vegetação, várzeas e

córregos, interligadas por fluxos de energia, minerais e água que gradualmente mudam a composição e a forma da paisagem.

Segundo Walling e Webb (1975), a bacia hidrográfica constitui-se na unidade de análise ambiental mais adequada aos propósitos de planejamento, pois se caracteriza como uma unidade física bem definida, no que diz respeito à integração e funcionalidade de seus elementos. Além disso, qualquer porção de terra, por mínima que seja, está integrada a uma bacia.

Segundo Castro (1992), o conceito de bacia hidrográfica como unidade básica é utilizado com frequência na definição de áreas experimentais para fins de planejamento. Dessa forma, são consideradas as inter-relações dos processos funcionais com as características físico-espaciais do ambiente.

Para Tavares (1986), as bacias hidrográficas constituem-se num excelente referencial para estudo sobre erosão e preservação dos solos. Além de ser unidades da superfície terrestre, naturalmente delimitadas, nelas, à medida que os rios escavam seus vales, as vertentes assumem suas formas e todo um conjunto de feições topográficas é delineado. Os diversos componentes da paisagem relacionam-se uns aos outros e ajustam-se aos fluxos de massa e energia que circulam através da bacia.

Assis (1995) cita alguns dos principais problemas ocorridos pelo uso irracional da água, tais como: alta concentração de poluentes de origem doméstica e/ou industrial; alto consumo de água em região de baixa disponibilidade hídrica e baixa qualidade da água; práticas agrícolas inadequadas; erosão do solo e terraplanagem sem controle; ocupação de várzeas e uso desordenado do solo; baixa cobertura vegetal e/ou desmatamentos e inexistência de vegetação ciliar; pré-disposição negativa para o lazer e a recreação; existência de conflitos em captações para irrigação, abastecimento público e industrial; mortandade de peixes e riscos à saúde; assoreamento de corpos d'água; prejuízos à navegação e geração hidroelétrica; riscos de inundações; alta taxa de impermeabilização; disposição inadequada de resíduos sólidos; poluição de mananciais superficiais e/ou aquíferos subterrâneos; maior susceptibilidade à erosão e assoreamentos e vulnerabilidade de margens e mananciais.

Para esse autor, o gerenciamento de recursos hídricos visa evitar e amenizar os conflitos de uso ou efeitos danosos em uma bacia hidrográfica.

No entendimento de Prochnow (1981), a gestão de uma bacia hidrográfica deve equacionar e resolver as questões ambientais nela existentes, mediante procedimentos integrados de planejamento e de administração. E, segundo Oliveira (1992), a gestão de bacias promove um maior envolvimento dos vários segmentos da sociedade, resultando numa maior eficiência do planejamento com vistas ao uso racional dos recursos naturais.

Conforme Saha e Barrow (1981), o manejo das águas fluviais remonta às grandes civilizações do passado como as Hindu-Indiana, Egípcia, Chinesa e a Sumeriana. Já a história moderna do planejamento de bacias hidrográficas foi marcada por dois grandes acontecimentos ocorridos nos anos 30: primeiramente foi a criação da Tennessee Valley Authority (TVA), nos EUA, em 1934; e em 1938, o discurso proferido pelo planejador e físico Meghnad Saha, membro do Instituto Nacional de Ciências da Índia, o qual argumentou que uma bacia hidrográfica, por sua intrínseca integridade ecológica, constitui-se numa área ideal para o desenvolvimento sócio-econômico. Nesse discurso, Saha propôs um estudo sistemático de todas as bacias hidrográficas da Índia, proporcionando uma base científica para futuros programas integrados de controle de enchentes, irrigação, navegação e geração de energia hidrelétrica. A ideia de Saha foi concretizada em 1948, com a criação da Damodar Valley Corporation (DVC).

No Brasil, os primeiros estudos foram realizados na década de 40 no Vale do São Francisco. Contudo, o principal objetivo era aproveitar os recursos hídricos para a geração de hidroeletricidade. Somente nas últimas décadas é que vem crescendo a preocupação em se realizar uma análise ambiental visando o planejamento e o manejo das bacias hidrográficas.

Albrecht (1992) elenca as principais vantagens de se realizar o gerenciamento de uma área considerando uma bacia hidrográfica como unidade, especialmente quando se trata da utilização da água pelo homem, para múltiplos fins:

- É vantajoso gerenciar os recursos hídricos em suas respectivas áreas naturais de captação, já que não possuem fronteiras políticas;
- Implementação de planos diretores supramunicipais descentralizando as decisões locais, que nem sempre levam em conta as necessidades dos usuários à jusante;
- O planejamento de novas instalações pode ser feito por uma central, a fim de minimizar os custos;
- A operação das estações pode ser regionalizada de acordo com a topografia da bacia e as condições de transporte, diminuindo os custos em relação às operações independentes de cada comunidade;
- A auto-gestão de uma associação assegura a participação de todos os membros captadores no processo decisório e o desempenho do gerenciamento dos recursos hídricos;
- Maior facilidade de empréstimos por parte das associações de bacias;
- Integrar indústrias, municípios e agências de água e estabelecer a participação obrigatória.

Segundo Prochnow (1981) o planejamento de uma bacia hidrográfica requer um conjunto de procedimentos que promova um uso correto dos seus recursos naturais, tendo como objetivos: um desenvolvimento sustentado da bacia, aumentar a qualidade de vida das populações, bem como preservar e conservar o ambiente.

Os problemas ambientais são sistêmicos, portanto, são ligados e interdependentes implicando assim em considerar os recursos naturais, a ocupação territorial, o crescimento populacional e as políticas propostas para a área no intuito de solucionar os problemas de água em uma bacia (Paula Júnior, 1995).

No entendimento do autor supra-citado, o sistema bacia hidrográfica deve ser considerado em termos de integração de todos os fenômenos físicos, biológicos e sócio-econômicos. Somente através de uma visão integrada e global da bacia e dos seus problemas ambientais é possível apontar propostas de

solução e garantir o atendimento das demandas, evitando-se que os recursos hídricos se transformem em um fator limitante ao desenvolvimento da bacia hidrográfica.

Valério Filho (1995) considera as atividades agropecuárias como principal vetor de transformações de maior amplitude, por constituírem fontes potenciais de distúrbios sobre o meio ambiente, fundamentalmente quanto a modificações de elementos componentes da estrutura física dos ecossistemas e da paisagem como um todo. E como alternativa para subsidiar políticas voltadas às soluções destes problemas, o autor propõe a adoção de estudos integrados em bacias hidrográficas. No seu entendimento, o planejamento da ocupação adequada de uma bacia hidrográfica visa a formular e implementar ações para o manejo dos recursos naturais, onde a maior preocupação reside em identificar opções de solução dos problemas que alteram os sistemas ambientais, evitando assim uma possível deterioração dos mesmos, bem como do setor produtivo. Para ele, o manejo de bacias hidrográficas é um conjunto de procedimentos resultantes de trabalhos integrados, multi e interdisciplinares, voltados para a identificação e indicação de opções de solução aos problemas que alteram os sistemas ambientais, os quais quase sempre conduzem à deterioração de recursos naturais e dos sistemas produtivos.

Sem dúvida, não há como priorizar somente a bacia hidrográfica sem considerar o limite municipal, sua malha fundiária (num plano voltado para a zona rural) e o cadastro urbano (para os planos que incluem a área urbana). Da mesma forma, dar preferência aos últimos deixaria deficiente o plano.

Como comumente mais de um município está inserido dentro de uma bacia hidrográfica, qualquer incompatibilidade entre os administradores pode impossibilitar a implantação adequada de um plano de manejo. Afinal, cada município apresenta características peculiares em termos administrativos, econômicos, estrutura fundiária e área urbana.

As intervenções antrópicas em uma área são sempre modificadoras e muitas vezes conduzem a problemas ambientais. As atividades agrícolas, por exemplo, praticadas sem manejo adequado e com uma preocupação imediatista

em explorar ao máximo as terras cultiváveis, caracterizadas não só pela retirada da vegetação, mas, sobretudo, pelo intenso emprego de agrogeotecnologias (mecânica, química e biológica), podem alterar as características originais de uma cobertura pedológica e mesmo provocar o desencadeamento de processos de erosão acelerada do solo, acarretando problemas diretos e indiretos, tanto para as comunidades rurais como urbanas.

Tais problemas podem ser resumidos aos seguintes itens: perda de solo pelo arraste de partículas, reduzindo a produtividade natural; assoreamento dos cursos d'água e reservatórios, colocando em risco a vida aquática, podendo causar enchentes nas áreas ribeirinhas e urbanas; contaminação das águas por agrotóxicos e produtos químicos, que são carregados juntamente com as partículas de solo. Estes dois últimos podem comprometer seriamente o abastecimento d'água, tanto rural, quanto urbano. Além destes, outro problema é a dificuldade de trânsito nas estradas, devido à formação de sulcos e bancos de areia.

Desta forma, percebe-se que, sem um planejamento ambiental, há uma tendência de se ampliar uma situação insustentável em termos ambientais e, conseqüentemente, socioeconômicos.

A ação antrópica é intensificada justamente a partir do momento em que há um controle do capital e do poder amparados por um conhecimento científico centrado em fragmentos da realidade. Isso ocorre, por exemplo, no emprego de novas geotecnologias na agricultura, que tendem a aumentar a produtividade gerando maior lucro (melhoria da relação custo-benefício).

Logicamente, não se deve lançar imprecizações contra o emprego das novas geotecnologias, mas quanto às formas como são utilizadas quando a preocupação central é exclusivamente, a obtenção de lucros. O problema é que as ideologias dominantes com base em fragmentos da realidade desconsideram as outras partes conectadas, acarretando quase sempre sérios prejuízos a elas.

O lucro e o poder são fragmentos da realidade que assumem o "status" de verdade absoluta e devemos, portanto, considerá-los dessa forma em nossas pesquisas. Não há como realizar pesquisas visando a um planejamento, sem considerar que o lucro e o poder são fragmentos predominantes na visão dos

receptores, e que são elementos primordiais para a alienação social, ou seja, para a criação das pseudo-realidades predominantes.

“[...] a força divina do dinheiro reside no seu caráter como ser genérico alienado e auto-alienante do homem. Ele é o poder alienado da humanidade [...] o dinheiro confunde e permite todas as coisas, portanto, o mundo invertido, a confusão e a transposição de todas as qualidades naturais, e humanas.”(Marx, 2003, p.169 -170).

“[...] o poder [...] consegue falsificar tudo, desde a cerveja, o pensamento e até os próprios revolucionários. Ninguém pode verificar nada pessoalmente, ao contrário, temos de confiar em imagens, e, como se não bastasse, imagens que outros escolheram. (DEBORD, s.d., p. 13)”.

Além disso, o entendimento espacial e temporal das alterações e da dinâmica do uso da terra é de fundamental importância para o planejamento, na medida em que os efeitos do seu uso inadequado promovem, sobretudo, uma intensificação dos processos erosivos dos solos, que causam sérios problemas sócio-econômicos e ambientais.

Diante disso, o levantamento de informações, análise e integração de dados torna-se uma necessidade constante, no sentido de se realizar um planejamento sócio-ambiental eficiente, a partir de um diagnóstico criterioso da área, incluindo dados referentes aos elementos, tanto do meio físico, como humano.

A análise da ocupação antrópica e de suas adequações às condições do meio físico e o monitoramento constante de suas alterações pode ser realizados e agilizados com o uso conjugado das geotecnologias, produtos de sensoriamento remoto e de modelos predictivos como, por exemplo, a EUPS (Equação Universal de Perdas de Solo). Devido ao sinergismo existente, tais geotecnologias constituem instrumentos que permitem a coleta e a manipulação de grande número de dados, bem como a sua integração de maneira lógica, rápida e eficiente, protagonizando um papel de grande relevância como suporte a esses estudos.

No caso do modelo EUPS, permite não somente viabilizar a integração de dados através dos termos de sua formulação, mas torna-se

importante, também, para a estimativa e caracterização de indicadores da erosão hídrica do solo.

Diante disso, o levantamento de informações, análise e integração de dados referentes aos processos erosivos em termos de bacia hidrográfica, tornam-se uma necessidade constante, no sentido de evitar ou amenizar seus efeitos nocivos, por meio de um planejamento racional do uso da terra. Para tanto, necessita-se de ferramentas, como as técnicas de sensoriamento remoto (incluindo técnicas de tratamento de imagens digitais), eficientes para o levantamento de dados; e as técnicas de geoprocessamento (SIG's) como suporte para a integração e análise das informações.

2.4. GEOTECNOLOGIAS: SENSORIAMENTO REMOTO E SIG

2.4.1. Sensoriamento Remoto

Conforme Novo (1992), o sensoriamento remoto é um sistema composto de duas fases principais:

- Aquisição de dados – relacionado a processos de detecção e registros das informações. Seu funcionamento depende da interação entre a radiação eletromagnética e os objetos da superfície terrestre.
- Análise de dados – constitui-se no tratamento e interpretação das informações obtidas pelo sensor.

Os produtos de sensoriamento remoto que merecem destaque são as fotografias aéreas, as imagens do espectro óptico e as imagens de radar que geralmente são adquiridas junto a plataformas aéreas ou orbitais. Elas podem ser pancromáticas ou multiespectral, ou seja, são adquiridas em diferentes porções do espectro eletromagnético, geralmente variando da porção visível, passando pelo infravermelho próximo, médio, termal e chegando às microondas.

Na faixa do espectro refletido, a aparência dos objetos nas imagens depende da interação energia-matéria, pois esse processo determina a quantidade e a qualidade da radiação solar incidente refletida pelos objetos

terrestres. Isso ocorre como resultante das diferentes propriedades físico-químicas dos alvos, de suas características de superfície (rugosidade) e do ângulo de incidência da radiação.

O conhecimento do comportamento espectral de alvos (objetos terrestres), bem como dos fatores que o influenciam é de relevante importância para a interpretação dessas imagens, pois a imagem gerada por um sensor remoto é constituída (em cada banda espectral) de uma matriz de pixel's em que cada um representa, através de seus valores de nível de cinza, a radiância média aparente de uma amostra de superfície.

Conforme Garcia (1982), as fotografias aéreas, por exemplo, são produtos de grande valia para a identificação e mapeamento dos recursos naturais utilizados em estudos de Geografia, Geologia, Hidrologia, etc. Além disso, são utilizadas para a elaboração de mosaicos e mapas, incluindo a obtenção de dados topográficos pelo uso de equipamento estereogramétrico. Também podem aumentar consideravelmente o rendimento das operações relativas ao planejamento das bacias de drenagem, mapeamento de solos, manejo e uso das florestas, pesquisas geológicas, ou outras fases do trabalho de conservação do solo e água.

No conjunto das técnicas de sensoriamento remoto, as fotografias aéreas têm sido bastante utilizadas para o levantamento e avaliação da erosão do solo.

Das fotografias aéreas, as mais utilizadas têm sido as pancromáticas, as quais integram a faixa referente à luz visível do espectro eletromagnético. Entretanto, em alguns trabalhos têm sido também utilizado um tipo especial de fotos aéreas coloridas que abrangem a porção do infravermelho próximo e são denominadas de falsa-cor, uma vez que nelas as cores naturais dos alvos apresentam-se modificadas.

Para o levantamento de informação de uso da terra e de erosão do solo, através das fotos aéreas, são utilizados procedimentos já amplamente difundidos pelos manuais e trabalhos que se referem à foto-interpretação,

salientando critérios que envolvem principalmente a análise dos elementos das fotos, tais como: forma, tonalidade, textura, homogeneidade, etc.

Utilizando esses critérios para a caracterização de erosão acelerada e dando ênfase aos fatores cobertura vegetal e uso da terra, podem-se citar, por exemplo, os trabalhos de Keech (1968), Bergsma (1974), Rao (1975), Stephens et al (1982), Pinto (1983), Howard (1991) e Lillesand e Kiefer (1994), entre outros.

A utilização das fotos aéreas é importante, por exemplo, para a identificação das marcas deixadas na superfície pela erosão acelerada, em função de sua boa resolução espacial, bem como para a caracterização de elementos da paisagem, tais como: a geometria das vertentes, cobertura vegetal e uso do solo, a variação em superfície da cobertura pedológica (pela observação das diferenças da tonalidade em áreas de solo exposto), especialmente favorecida pela visão estereoscópica, proporcionada por pares de fotos aéreas sequenciais. No caso de estudos pedológicos, as fotografias aéreas são também utilizadas como apoio aos levantamentos de solos, através da preparação de esboços foto-pedológicos, nos quais são identificadas e delimitadas unidades com base em feições de superfície da paisagem, considerando especialmente indicadores, como por exemplo características do relevo e padrões de drenagem. Estes esboços são particularmente úteis para otimizar a seleção de pontos de amostragem de perfis e coleta de dados em campo.

Por outro lado, a análise mais detalhada da variação da cobertura vegetal e ação antrópica em termos temporais, através das fotos aéreas, pode ser prejudicada pela ausência de recobrimentos aerofotográficos sistemáticos e em lapsos de tempo mais estreitos, devido ao custo elevado destes aerolevantamentos. Em seu trabalho, Pinto (1983) indicou este problema e sugeriu, como alternativa, a utilização de imagens orbitais do satélite Landsat para avaliar as diferenças de densidade de cobertura vegetal.

A utilização de imagens Landsat em trabalhos voltados para a análise de erosão do solo e da cobertura vegetal tem sido possível considerando-se a resolução espacial das imagens TM (30 metros). Esta resolução possibilita ampliações para escala até 1:50.000, o que permite a identificação de marcas

erosivas de grande porte. Também técnicas de processamentos digitais podem ser utilizadas, principalmente opções de realçamento de imagem e filtragens espaciais, que podem melhorar os produtos fotográficos das imagens e com isto auxiliar na identificação de variações tonais que podem sugerir a presença de cicatrizes de erosão do solo.

Por sua vez, as imagens SPOT se constituem em produtos bastante favoráveis devido à melhor resolução espacial, em especial as pancromáticas com pixel, representando elemento de resolução no terreno da ordem de 10m.

Um dos trabalhos pioneiros na utilização de dados orbitais para identificar problemas de erosão foi aquele realizado por Morrison e Cooley (1973), quando identificaram marcas principalmente pela diferença de tonalidade resultante da variação da cobertura vegetal.

Seevers et al (1975) chamaram a atenção para o fato de que as estimativas de densidade de vegetação, baseadas em dados de refletividade, podem sofrer interferências de fatores associados à própria vegetação e ao solo, quando a cobertura vegetal não cobre totalmente a superfície do terreno.

Por sua vez, também, trabalho desenvolvido por Mathews et al (1973), citado por Seevers et al (1975), mostra que teores de argila, silte e matéria orgânica das camadas superficiais do solo influem também na reflectância da superfície. Estas diferenças de comportamento espectral podem ser observadas nos trabalhos de Stoner et al (1980) e de Bowker et al (1985).

Seubert *et al.* (1979) utilizaram técnicas de processamento digital de dados MSS/Landsat com o objetivo de delinear áreas que apresentavam solos erodidos sob condições de cultivo. Com apoio de campo, os autores identificaram classes de áreas degradadas conforme a densidade de cobertura vegetal.

Trabalho similar foi desenvolvido por Stephens e Cihlar (1981), onde áreas potenciais à erosão do solo foram identificadas com base na cobertura vegetal.

No Brasil, trabalho desenvolvido por Pinto (1983) segue a linha dos trabalhos citados anteriormente, mas utilizando a técnica multi-estágio (nível orbital, nível de aeronave e de campo) para caracterização de erosão do solo no

SW do Estado de São Paulo. A partir dos dados de densidade de vegetação extraídos de imagens MSS/Landsat, através de procedimento digital, e com apoio de dados de declividade, obtidos em cartas topográficas, apresenta uma escala de riscos à erosão com base em dados coletados em 14 quadrículas amostrais.

As dificuldades apresentadas pela resolução espacial das imagens Landsat (série 1 a 5) podem ser contornadas pelo apoio de outras fontes de documentação como, por exemplo, a utilização conjunta de imagens TM e SPOT/Pancromática, gerando um produto híbrido, mantendo as características espectrais dos dados TM e incorporando a melhor resolução espacial promovida pelas imagens pancromáticas do SPOT. Nesta linha de trabalho, por exemplo, podem-se citar os estudos realizados por Paradella et al (1988), Chavez e Howell (1988), Kurkdjian (1990) e Pinto (1991).

Por outro lado, pode-se salientar a repetitividade de cobertura proporcionada pelos sistemas orbitais, como o Landsat e SPOT, obtendo imagens com frequências de 16 dias e 26 dias, respectivamente, sobre um dado ponto na superfície terrestre. No caso do sistema SPOT, com sua possibilidade de reapontamentos laterais, sua frequência de imageamento pode alcançar dois dias para uma mesma área. Isto favorece sobremaneira o acompanhamento de alvos que apresentam caráter dinâmico, como é o caso das alterações da cobertura vegetal face à agressiva intervenção antrópica.

Em abril de 1999, foi colocado em órbita, pela NASA, o Landsat-7, cujo sistema sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper +), com 6 bandas espectrais no espectro refletido (com resolução espacial de 30m), incorporou uma banda pancromática (banda 8), com resolução de 15m. Utilizando estas imagens do Landsat 7, exemplificam-se os trabalhos de Pinto et al (2001 e 2002), Aquino (2002) e Aquino e Pinto (2003), nos quais foram avaliadas alterações do uso da terra e indicadores de erosão do solo em bacias hidrográficas de médio porte, no Estado de Minas Gerais.

O SPOT 5, recentemente colocado em órbita pela CNES, disponibilizou imagens multispectrais com resolução espacial de 10 m e pancromática com 5 m, podendo alcançar até 2,5m por reamostragem.

Incorporou, também, sistema com reapontamentos ao longo de uma órbita, o que permite aquisição de pares de imagens com visão estereoscópica.

Por sua vez, o satélite de alta resolução espacial da série Ikonos foi colocado em órbita pela empresa norte-americana Space Imaging, em setembro de 1999, disponibilizando imagens multispectrais em 4 bandas (visível e infravermelho próximo), com resolução de 4 m, e 1 banda pancromática com resolução espacial de 1m. Trabalhos de nível internacional já estão sendo divulgados, especialmente avaliando o desempenho deste sistema orbital. Podem-se citar como exemplos os trabalhos de Paes (2002) e Paes et al. (2003), que utilizaram aquelas imagens para avaliação de elementos componentes da área urbanizada de São José dos Campos (SP).

É importante também lembrar a disponibilização de imagens orbitais de alta resolução espacial do satélite QuickBird. Lançado em outubro de 2001, este sistema de sensoriamento remoto também gera imagens multispectrais em 4 bandas (visível e infravermelho próximo), com resolução de 2,80m e uma banda pancromática com resolução de 64cm.

Com as facilidades destas imagens orbitais de alta resolução e possibilidade de obtenção de produtos orto-retificados, é promissora a intensificação de suas aplicações em estudos de detalhes, em escalas grandes, que necessitam de informações com precisão geométrica e cujos alvos apresentam, em geral, pequenas dimensões espaciais. Entretanto, o relativo pequeno campo de visada no terreno (GFOV) desses sistemas sensores e o alto custo dessas imagens têm inibido o uso sistemático dos produtos gerados por aqueles sistemas orbitais.

As imagens de sensoriamento remoto contêm um grande número de informações, tornando-se, assim, necessário o uso de sistemas capacitados para o tratamento e suporte à análise de informações multi-temáticas, como os Sistemas de Processamento Digital de Imagens.

Por processamento de imagens digitais, entende-se a manipulação de uma imagem por computador, de modo que a entrada e a saída do processo sejam imagens. Por comparação, no de Reconhecimento de Padrões a entrada do

processo é uma imagem e a saída é uma classificação ou descrição da mesma. Já a área de gráficos por computador envolve a geração de imagens a partir de sua própria descrição (Mascarenhas, 1985).

Os dados orbitais, antes de serem incorporados a uma base de dados no SIG, devem ser processados e classificados através dos sistemas de tratamento de imagens digitais.

Segundo Rawling (1971), o desenvolvimento da interpretação automática reduz a variabilidade subjetiva, diminui o intervalo de tempo da coleta, aumenta o nível de interpretação visual, reduz o intervalo de tempo de coletas de dados e aumenta o nível de integração com dados obtidos por meio de outras fontes.

O método de análise digital engloba uma série de técnicas de manipulação numérica de dados contidos em imagens digitais. Tais dados provêm de sistemas de varredura multiespectral, que permitem a saída de dados em fitas magnéticas (Novo, 1992). Essa autora classifica as técnicas de processamento de imagens em três conjuntos: técnicas de processamento (preparação de imagens), técnicas de realce e técnicas de classificação.

Já Lillesand e Kiefer (1994) entendem que o processamento da imagem digital pode ser dividido em quatro operações básicas:

- restauração e retificação de imagens, que servem para corrigir dados distorcidos ou degradados das imagens, criando uma representação mais exata da cena original;
- realce de imagens: envolve procedimentos que permitem aumentar a distinção visual de uma cena;
- classificação de imagens: tem o objetivo de substituir a análise visual das imagens por técnicas quantitativas para automatizar a identificação das feições numa cena;
- registro de imagens, utilizado para combinar dados de determinada imagem de uma área geográfica com outros dados geograficamente referenciados para uma mesma área.

2.4.2. Sistemas de Informações Geográficas - SIG

Os SIG's constituem pacotes computacionais (softwares) desenhados para aquisição, armazenagem, manipulação e suporte à análise de dados geocodificados (Marble e Peuquet, 1983; Goodchild, 1987; Bocco e Valenzuela, 1988; Ventura et al., 1988; Star e Estes, 1990; Faust et al, 1991; Ehler et al, 1991 e Dobson, 1993).

A utilização do SIG para tratamento e armazenamento da informação geográfica aparece como uma maneira eficaz de alcançar a integração entre as informações. Além disso, permite o aprimoramento dos trabalhos desenvolvidos pelos vários grupos de usuários, bem como faz aumentar as possibilidades de troca de informações e a capacidade de realizar tarefa que utilizam um grande número de informações de diferentes origens, tais como mapas, tabelas, imagens de satélite, etc. (Medeiros e Tomás, 1994).

Segundo estes autores, a informação geográfica é um dado ou conjunto de dados representativos de fenômenos físicos ou sociais, localizados em um ponto ou porção da superfície terrestre. Essa informação é coletada a partir de duas fontes: fonte primária (levantamento de campo, prospecções e informações provenientes de sensores remoto, etc.) e fonte secundária (mapas, tabelas, gráficos e bibliografia).

O SIG deve ser um portador de dados referentes às unidades geográficas com capacidade para acessar dados orbitais destas unidades e correlacioná-los a outros dados do terreno imageado.

Conforme mostram diversas publicações, os SIG's têm se mostrado importantes e poderosas ferramentas de trabalho, apesar de relativamente recentes. Estes et al (1987) comentam que a primeira utilização de um sistema tipo SIG foi conduzida no Canadá (implementado em 1964), para um programa de desenvolvimento e recuperação agrícola de interesse do governo canadense.

Dada a importância desta tecnologia, em 1981 foi realizado o VII Pecora Symposium (em Siouk Fall, South Dakota - USA, anais publicados em 1982), apresentando a aplicação de Sistemas de Informação Geográfica, com

uma coletânea de artigos abrangendo diferentes temas, em alguns casos enfatizando a associação dos SIGs com técnicas de sensoriamento remoto. De interesse específico para esta presente proposta, destacam-se os trabalhos de Wilson e Thomson (1982), Brooner (1982) e Eidenshink e Wehde (1982).

É importante ainda ressaltar a realização de um simpósio em Geórgia (Atlanta, USA), em abril de 1986, reunindo especialistas na aplicação da abordagem de SIG para diferentes áreas temáticas. No caso específico do tema erosão do solo, destaca-se o trabalho de Thomas et al (1986).

Outros trabalhos enfatizam também a importância dos SIG's como técnica para auxiliar a integração de dados, como por exemplo Tomlinson (1987), Silvertun et al (1988), Aronoff (1989), além da recente publicação em dois volumes editados por Maguire et al (1994). É importante ainda salientar a edição do livro "Geographical Information Systems in Hydrology" (Singh, V.P. e Fiorentino, M., eds., 1996), que apresenta capítulos dedicados às técnicas de SIG, Sensoriamento Remoto e Modelagem, e suas integrações, em estudos no âmbito dos problemas hidrológicos.

No Brasil, entre os trabalhos voltados à utilização de SIG aplicado aos temas uso da terra e erosão do solo, exemplificam-se aqueles desenvolvidos por: Pinto (1991), Donzeli et al (1992), Castro (1992), Pinto (1996), Oliveira (2000), Ribeiro (2000), Moretti (2001), Pinto et al. (2002), Aquino (2002), Aquino et al (2003) e Oliveira e Pinto (2003). É importante, também, indicar trabalhos publicados nos Anais das edições do Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e dos eventos mais recentes do Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, particularmente a partir da 2ª metade da década de 90, promovidos pela Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE).

Deve-se salientar ainda que, no Brasil têm sido realizados eventos específicos na área de SIG's, especialmente a partir do início dos anos 90, promovidos pelo INPE e pela Editora Sagres (Curitiba) que é responsável pela edição do periódico "Fator GIS". Nestes eventos, como por exemplo o Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (INPE) e o GIS Brasil, têm sido apresentados e publicados trabalhos de diversificado interesse temático.

2.5. MODELOS PARA PREVISÃO E ESTIMATIVAS DE EROSÃO

A aplicação dos modelos vai muito além de uma determinada área dentro da Geografia, pois se estende a todas as áreas do conhecimento.

“[...] Os modelos são necessários, por constituírem uma ponte entre os níveis da observação e o teórico e tratam da simplificação, redução, concretização, experimentação, ação, extensão, globalização, explicação e formação da teoria[...]” (Apostel, 1961 in Chorley & Haggett, 1974)

Para Chorley & Haggett (1974), “o modelo é uma estruturação simplificada da realidade que apresenta supostamente características ou relações sob forma generalizada”.

Segundo estes autores, os modelos, por serem apenas uma aproximação da realidade, salientam apenas os aspectos fundamentais desta realidade, uma vez que os detalhes secundários não são observados e nem mensurados. Ainda enfatizam a importância de um constante aperfeiçoamento dos mesmos.

Thomas e Haggett (1980) afirmam que o modelo é necessário para a abstração ou simplificação no estudo de um sistema geográfico, o qual sempre apresenta problemas com a escala de análise, quando se tenta separar seus componentes.

“O modelo pode ser uma teoria, uma lei, uma hipótese ou uma idéia estruturada. Pode ser uma função, uma relação, uma equação. Pode ser uma síntese de dados. E, mais importante, do ponto de vista geográfico, pode incluir também argumentos sobre o mundo real por meio de representações no espaço (para produzir modelos espaciais) ou no tempo (para produzir modelos históricos)”. (Skilling, 1964 in Chorley, 1975, p.73).

“[...] os modelos são aproximações altamente subjetivas, por não incluírem todas as observações ou medidas associadas e que pela eliminação dos detalhes acidentais, permitem salientar alguns aspectos fundamentais, importantes ou interessantes do mundo real”. (Chorley, 1975, p.3 - 4)

A partir dessas definições, pode-se considerar que os modelos reproduzem, por imitação, fragmentos da realidade. Tais fragmentos servirão de molde para as futuras inferências do pesquisador. Através deles, o pesquisador desenvolverá suas idéias (criadoras, re-criadoras ou reprodutoras), que serão aplicadas ou re-aplicadas à realidade.

Portanto, necessita-se de cautela ao escolher e aplicar um determinado modelo, pois, conforme Kaplan (1964, citado por Chorley, 1975), um modelo ruim poderia torná-lo simbólico, dando à realidade um aspecto excessivamente formal e muito simplificado e, ainda, poderia tentar erigir uma estrutura mais exata do que permitem os dados e ser utilizado para previsões inadequadas.

Segundo Brathwaite (1953 citado por Chorley 1975), “(...) a construção de modelos e o raciocínio são inseparáveis, mas o preço do emprego de modelos é a eterna vigilância”.

Existem vários modelos voltados para a previsão e quantificação das perdas de solo por erosão, auxiliando de maneira eficiente os trabalhos relacionados à conservação dos solos. A maior parte destes modelos contempla a erosão do solo promovida pelo escoamento superficial das águas pluviais.

2.5.1. EUPS – Equação Universal de Perda de Solo

A Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) ou Universal Soil Loss Equation (USLE), segundo Wischmeier & Smith (1978), é um modelo destinado a estimar as perdas médias de solo por erosão ao longo do tempo, numa determinada área, dadas condições específicas de cultivo e manejo.

Segundo Wischmeier e Smith (1978), o desenvolvimento das equações para calcular as perdas de solos surgiu em 1940 no Cinturão do Milho (Corn Belt). Um comitê nacional se reuniu em Ohio, em 1946, para adaptar a equação do Corn Belt às culturas de outras regiões. Além dos valores já estabelecidos, adicionaram a ela o fator chuva. Essa equação final é conhecida como Musgrave Equation.

Os autores (op.cit.) comentam que, nesse trabalho, a equação apresentada é conhecida como Equação Univesal de Perda de Solo (Universal Soil Loss Equation - USLE). A USLE foi desenvolvida no National Runoff and Soil Loss Data Center, criado em 1954 pela Administração da Ciência e Educação (Science and Education Administration), antigo Serviço de Pesquisas Agrícolas(Agricultural Research Service), em cooperação com Purdue University.

Wischmeier e Smith (1978) definem a EUPS como um modelo designado a prever, ao longo do tempo, a média de perdas de solo por enxurradas (runoff) provocadas pelas chuvas, dados os sistemas de manejo e cultivo específicos, considerando bacias hidrográficas predominantemente ocupadas por atividades agrícolas. Essa equação é pouco precisa para prognósticos de eventos específicos num curto espaço de tempo, pois há consideráveis flutuações das variáveis envolvidas.

A equação de perdas de solo EUPS é expressa genericamente por:

$$A = RKLSCP$$

onde,

A, é a perda de solo total por unidade de área (ton/ha);

R, fator erosividade, índice de erosão pela chuva (Mj/ha.mm/ha);

K, fator erodibilidade dos solos (Mj/ha.mm/ha);

LS, fator topográfico, sendo L, fator declividade, e S, fator comprimento de vertente;

C, fator cobertura vegetal/manejo do uso do solo;

P, práticas conservacionistas.

Bertoni e Lombardi Neto (1985) realizaram adaptações de alguns parâmetros dessa equação para a aplicação no Brasil e comentam que essa equação se constitui num instrumento valioso para os trabalhos da conservação dos solos. Com o seu auxílio, pode-se prever com bastante precisão as perdas anuais médias de solo em condições específicas de declive, solo, sistemas de manejo e cultivo e outros fatores. A equação pode ser utilizada como guia para o planejamento do uso e para determinar as práticas de conservação mais apropriadas para dado terreno.

2.5.2. REUPS (EUPS revisada)

A REUPS, equação revisada de perda de solo, apresenta algumas mudanças em relação à EUPS, tais como:

- Utiliza os algoritmos no computador para ajudar com os cálculos;
- Novo índice de erosividade baseado em mais de 1200 pontos de coleta no oeste dos EUA;
- Algumas revisões e adições para o leste dos EUA, principalmente no que diz respeito ao termo R, em áreas de declives planos, o qual foi ajustado ao processo de erosão por salpicamento associado à queda das gotas de chuvas em águas represadas;
- Desenvolvimento de uma sazonalidade variável do fator K;
- O cálculo do termo C passa a levar em consideração outros subfatores como uso da terra anterior, dossel das culturas, cobertura da superfície e rugosidade da superfície;
- Novo algoritmo refletindo a taxa de erosão a partir do escoamento concentrado e laminar;
- Capacidade de calcular o fator LS para vertentes de variadas formas;
- Novos valores para as práticas conservacionistas.

2.5.3. MEUPS (EUPS modificada)

Outra alteração da EUPS foi proposta por Williams (1975), referindo-se à MEUPS (Modified USLE – MUSLE), Williams (1975), que incorpora o fator runoff como um dos parâmetros do modelo no lugar do fator erosividade da chuva. O fator runoff, em termos de sua formulação original, foi ajustado às condições de contexto do sudeste brasileiro conforme indicado nos trabalhos de Donzeli et al. (1994) e Pinto et al (1994), apresentados na X Reunião Brasileira de Manejo e

Conservação do Solo e da Água, em Florianópolis, em 1994. Mais detalhes da aplicação do modelo MEUPS podem ser encontrados no trabalho de Pinto (1996). A formulação do modelo MEUPS ajustada em seus coeficientes, conforme utilizada nos trabalhos referenciados, será aplicada nesta pesquisa em proposição, conforme indicado abaixo:

$$S = [89,6 (Q.qp)^{0,56}] \cdot K \cdot [0,00984 (L^{0,63} \cdot S^{1,18})] \cdot C \cdot P$$

Onde:

S = fornecimento de sedimentos para uma determinada chuva (toneladas)

Q = volume de escoamento superficial (m³)

qp = vazão pico do escoamento superficial (m³/s)

K = erodibilidade do solo (t/ha)

L = extensão de vertente (m)

S = declividade (m/m = %)

C = uso da terra / cobertura vegetal/manejo (adimensional)

P = práticas de conservação (adimensional)

Ainda quanto ao modelo MEUPS, é importante referenciar o trabalho realizado por Chaves (1991), no qual foi desenvolvida análise estatística em termos da verificação da sensibilidade dos parâmetros envolvidos naquele modelo, conforme proposto por Williams (1975).

2.5.4.WEPP - Water Erosion Prediction Project

A WEPP foi o resultado da iniciativa de quatro agências federais dos EUA, com o intuito de substituir a USLE por um modelo mais aperfeiçoado para a predição de erosão (LAFLEN et.al., 1991).

Esse modelo combina o conhecimento dos processos erosivos, bem como outros processos importantes. Considera a erosão como um processo de

desagregação e transporte dentro de um determinado canal de escoamento, e entre os diversos canais (LAFLEN et.al., 1991).

Uma das suas especificidades é sua capacidade de avaliar um sistema de manejo alternativo dentro de um minuto. Constitui-se num modelo de simulação diário, em que são atualizadas todas as características mais importantes das plantas e solos que influem na erosão dos solos. Quando ocorre uma chuva, as características das plantas e dos solos são consideradas determinantes no processo de enxurrada. Se a enxurrada for prevista, o modelo computa a desagregação, o transporte e a deposição dos solos em pontos espaçados ao longo do perfil e, dependendo da versão usada, nos canais e em pequenos reservatórios.

A WEPP possui três versões: perfil, bacia hidrográfica e grade. O perfil é uma versão que substitui a USLE e tem a capacidade de estimar a deposição de sedimentos em uma vertente.

A Segunda versão pode ser usada num campo terraceado, para computar a erosão em lençol, em canais ou as erosões transitórias dos barrancos, que ocorrem dentro de uma bacia hidrográfica.

Já a versão grade será usada onde os limites da área não coincidam com os limites da bacia hidrográfica (LAFLEN et.al., 1991).

2.5.5. EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator)

Segundo Willians e Renard (1985), o modelo EPIC foi desenvolvido para resolver alguns problemas concernentes à relação entre a perda de produtividade agrícola e a erosão dos solos, uma vez que há necessidades de se criarem estratégias adequadas de manejo para uma maximização da produção agrícola num período maior de tempo, numa dada área.

Os autores (op.cit.) comentam que o EPIC é um modelo matemático que simula a erosão e o crescimento das plantas, através da interação dos processos físicos, e relaciona-o com os componentes econômicos, possibilitando determinar os custos da erosão, além de indicar estratégias adequadas de

manejo, uma vez que este modelo pode realizar simulações para centenas de anos, mostrando os efeitos das mudanças de manejo.

Em Sharpley e Willians (1990) pode-se verificar que o modelo EPIC tem sido amplamente utilizado para calcular processos de erosão e determinar suas relações com a produtividade, perda de nutrientes e aspectos sócio-econômicos. Vale notar que este modelo é de aplicação razoavelmente fácil, apresentando resultados bastante satisfatórios sob várias condições de clima, solo e práticas de manejo.

De acordo com Willians et.al.(1990), o modelo EPIC, além de determinar o efeito da erosão sobre a produtividade, pode ser utilizado para resolver outros tipos de problemas, como, por exemplo, indicar os limites de tolerância de perdas de solo, avaliar o impacto das secas para as culturas e ainda estimar a lixiviação de nitrogênio de acordo com os tipos de solos e as condições climáticas, entre outros.

2.6. APLICAÇÃO COMBINADA DAS GEOTECNOLOGIAS E DO MODELO EUPS

De acordo com Estes (1992), as técnicas de sensoriamento remoto constituem poderosas ferramentas para produzir e analisar informações espaciais, espectrais e temporais. Já os SIG's são eficientes para armazenamento e manipulação dos dados de sensoriamento remoto, bem como outros dados espaciais e não-espaciais. A integração de ambos SIG's/sensoriamento remoto, pode ser usada para facilitar a medição, o mapeamento, o monitoramento, a modelagem e o manejo de uma variedade de tipos de dados, voltados tanto para aplicações científicas como para as comerciais.

No entendimento de Dobson (1993), a integração SIG/sensoriamento remoto tem prestado e prestará valorosas contribuições à ciência. Entretanto, para ele, a verdadeira integração requer outros aspectos, tais como: a revisão dos conceitos de paisagem; a acentuação de uma visão

macroscópica; o desenvolvimento de modelos locais não limitados por tópicos ou disciplinas, e a intensificação da capacidade computacional.

Para o autor (op cit.), o SIG deve ser entendido como uma representação digital da paisagem de um lugar (local, região ou o planeta), estruturado para suportar análises. Assim, ao seu ver, o sensoriamento remoto quando integrado ao SIG, representa mais do que um prático fornecedor de dados, pois seus produtos representam um elemento fundamental da paisagem, que é a parte sensível da terra.

Conforme Custódio (1990, citado por Pereira Neto, 1994), a integração de técnicas de sensoriamento e SIG's permite proceder a um planejamento ambiental com o intuito de detectar elementos e situações no meio que necessitam de intervenção.

Os sistemas interativos de tratamento de imagens digitais e os sistemas de informação geográfica permitem o armazenamento e a manipulação de grande volume de dados, o que dá condições para o monitoramento da dinâmica do uso/ocupação das terras, além de possibilitar outras aplicações, entre elas o gerenciamento de bacias hidrográficas. (Valério Filho, 1995)

Pinto (1983) desenvolveu uma metodologia de utilização de técnicas de sensoriamento remoto em conjunto com técnicas de geoprocessamento para a caracterização da erosão do solo, na bacia do Ribeirão Anhumas, SW do Estado de São Paulo, e considerou, de maneira conjugada, os fatores topográficos e antrópicos.

No trabalho de Assunção et.al. (1988), os autores utilizaram-se das imagens LANDSAT para gerar o mapa de uso da terra, e o Sistema de Informação Geográfica (SGI), no apoio à elaboração de mapas de aptidão agrícola das terras.

Também Pinto (1991) integrou os produtos de sensoriamento remoto às técnicas de geoprocessamento, no intuito de verificar sua adaptabilidade para a definição de áreas susceptíveis à erosão e à erosão efetiva, em função dos condicionantes naturais, com ênfase à cobertura vegetal/uso da terra.

Donzelli et al. (1992) desenvolveram um trabalho utilizando-se das técnicas de sensoriamento remoto para o mapeamento do uso da terra/cobertura

vegetal da área (Bacia do Córrego São Joaquim, SP), bem como aplicação de técnicas de geoprocessamento para integração de dados do meio físico, como subsídios à proposição do plano de uso e manejo de microbacias.

Pereira Neto (1994) desenvolveu e avaliou uma metodologia de monitoramento da dinâmica do uso dos solos para análise da adequação, elaborando um mapa mostrando a maior ou menor adequabilidade para o ano de 1993, comparando com 1980, em escala 1:50000, através da integração de imagens orbitais e SIG's.

Castro (1992) criou uma abordagem metodológica de apoio a programas de manejo e gerenciamento ambiental, utilizando-se de sistemas digitais de processamento de imagens e de informações geográficas (SITIM 150 e SIG/INPE) no estudo integrado de bacias hidrográficas.

Outro exemplo é o de Cibula e Nyquist (1987), que se utilizaram das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na realização de uma classificação de uso da terra útil para aplicações na administração de um parque nacional. Neste trabalho, a classificação final proporcionou uma melhor identificação e localização dos principais tipos de floresta dentro do parque, e, com o auxílio do Sistema de Informação Geográfica, propiciou respostas para o manejo do parque, ligado com outros dados de programas auxiliares, tal como manejo de fogo.

Pinto (1991) aplicou o modelo EUPS em conjunto com dados de sensoriamento remoto e um Sistema de Informação Geográfica para avaliar e entender a atuação de processos de erosão acelerada e de diferentes níveis de susceptibilidade a esses processos. Neste trabalho, o autor (op cit.), primeiramente, integrou os dados do meio físico (erosividade, erodibilidade e fator topográfico), através do modelo EUPS, utilizando-se do Sistema de Informação Geográfica (SGI), obtendo, assim, os valores do potencial natural à erosão (PNE). Em seguida, integrou esses valores aos dados do fator CP, tendo como resultado perdas relativas de erosão do solo (PR). Finalmente, combinou os valores de PR com os de tolerância de perdas de solo, dando origem ao índice de criticidade de perdas relativas por erosão (ICPR).

Ventura et al.(1988) basearam-se na EUPS para a realização de um planejamento regional. Da mesma forma, definiram um índice de erosão, apoiado na relação entre o potencial natural de perdas de solo e os valores estabelecidos como toleráveis para as diferentes classes de solo.

Donzelli et al.(1992) indicam, entre outros resultados, a caracterização de unidades de uso permissível do solo como suporte às classes de uso sustentável. Tais resultados foram obtidos através do cruzamento das informações referentes ao potencial natural de erosão e às perdas permissíveis. Os autores (op cit.) utilizaram-se de um Sistema de Informação Geográfica (SGI) para obterem os valores do potencial natural de erosão (PNE), por meio do cruzamento dos dados dos fatores da EUPS, bem como a integração desses valores com os de uso permissível do solo.

Oliveira (2000) desenvolveu um estudo sobre a dinâmica da ocupação das terras e suas adequações em relação a uma classificação técnica, utilizando-se do sensoriamento remoto, Sigs e do modelo EUPS, em uma bacia hidrográfica de pequeno porte.

Também nessa linha de pesquisa podem ser citados outros trabalhos como os de Jorge (1995), Ribeiro (2000), Lima (2000) e Veniziani Junior (2004).

2.6.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE A APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS E DOS MODELOS

De acordo com o exposto, verifica-se a importância de sistemas e técnicas para fins de planejamento. Mas, sabe-se que o fragmento da realidade apresentado por elas não pode ser tomado como a realidade integral. Por exemplo, os mapas resultantes representam apenas um momento estático da paisagem. Por mais tecnologia que tenha sido utilizada para a sua confecção, dando a eles um bom trato estético, uma correta representação cartográfica, uma aparência tridimensional, ainda assim não há como considerá-los realidade absoluta, pois são apenas fragmentos congelados.

Através deles, pode-se ter apenas uma idéia aparente dos aspectos representados. Desta forma, o pesquisador não deve se limitar à análise aparente dos mapas e muito menos considerá-los como perfeitos e infalíveis. É necessário perceber a essência, o que permeia o espaço físico materializado, ou seja, aquilo que não pode ser quantificado e descrito ou representado por mapas.

A utilização dessas geotecnologias serve para nortear o pesquisador no concurso de sua pesquisa, já que toda pesquisa tem por objetivo compreender a realidade. O intuito do pesquisador é aproximar-se o máximo possível da realidade e, para tanto, buscar coletar e fornecer informações fidedignas e isentas de dúvidas.

Contudo, ele não deve se deixar dominar pelas técnicas. Deve, acima de tudo, usar o raciocínio e a sensibilidade, para que estas ferramentas se tornem verdadeiramente úteis.

Para tanto, há uma necessidade de treinamento constante, pois como comentou Botelho (1987), a idéia e a imaginação são as únicas coisas que restam ao homem quando ele passa a usar os computadores como uma extensão do seu cérebro. E a isso, pode-se acrescentar, que a máquina somente não subjugará o homem quando esse estiver munido de alta sensibilidade para as questões metafísicas.

No capítulo seguinte, é apresentada a aplicação conjugada das geotecnologias indicadas, com algumas reflexões sobre seu uso e os resultados obtidos. Esse exemplo foi aplicado na seção do alto curso da bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeirinha, à montante da cidade de Iracemápolis, S.P

III. A ÁREA DE ESTUDO

O alto curso da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeirinha (figura 1) está localizado no Município de Iracemápolis, Estado de São Paulo (22°35'30"S e 47°31'Wgr) à montante da sede municipal, e possui uma área total de 1474 ha.

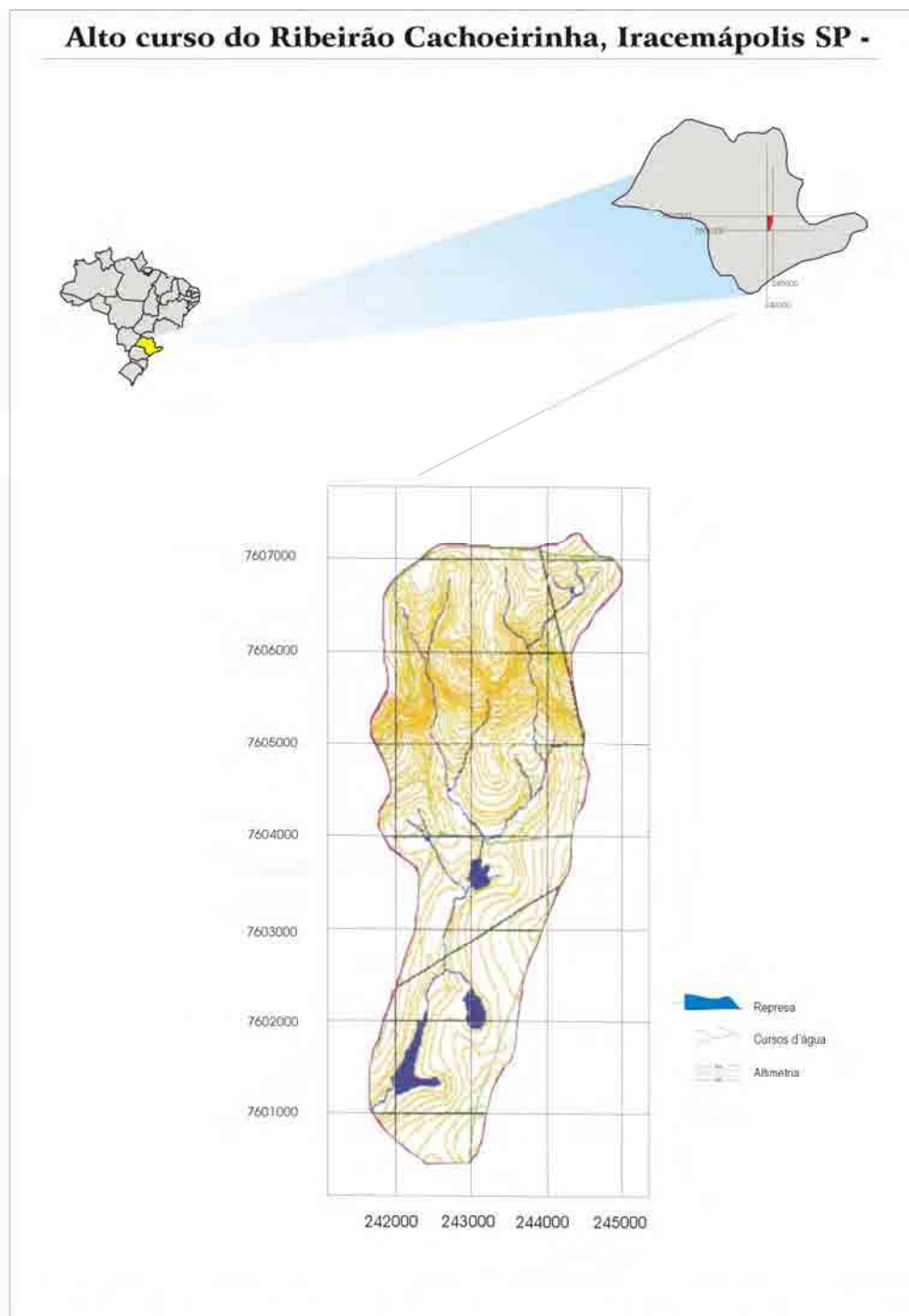


Figura 01. Área de estudo: Alto curso do Ribeirão Cachoeirinha, Iracemápolis SP -

Esta bacia se encontra na Zona do Médio Tietê, dentro da zona fisiográfica denominada Depressão Periférica Paulista, na região de Piracicaba/Limeira. Conforme IPT (1981), é uma zona constituída principalmente por sedimentos mesozóicos com áreas expressivas de intrusões de rochas básicas com reflexos na sua topografia. Apresenta colinas amplas, onde predominam os interflúvios com área superior a 4 km², topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos.

Os principais tipos de solos encontrados na microbacia do Ribeirão Cachoeirinha, conforme o levantamento realizado por membros do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), são os seguintes: latossolo roxo, solo litólico, latossolo vermelho-amarelo, glei super húmico, latossolo vermelho-escuro, latossolo vermelho escuro e terra roxa estruturada (figura 2).

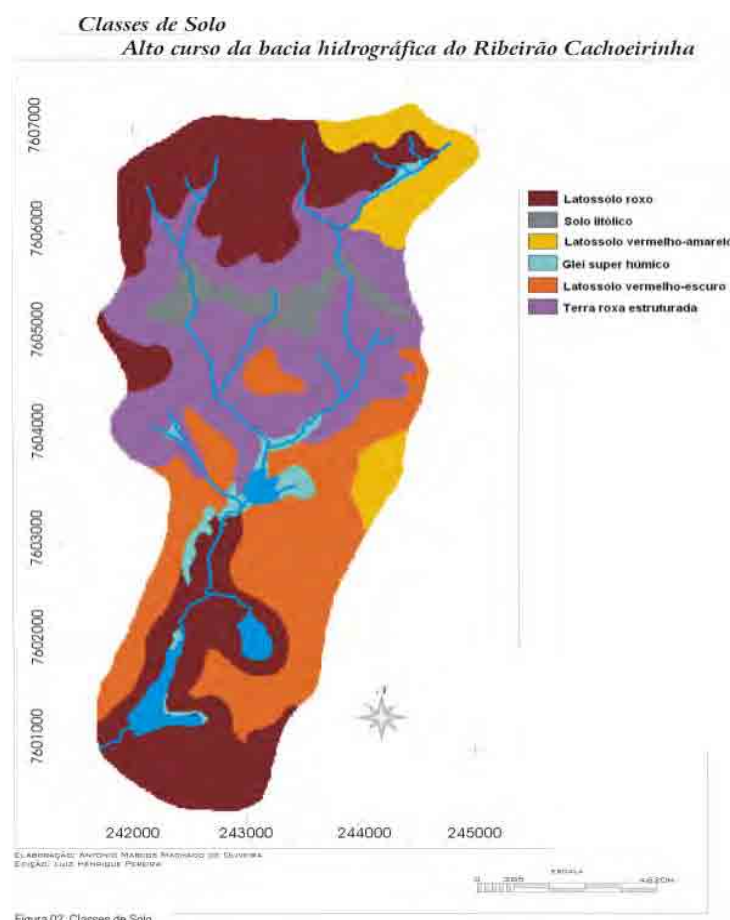
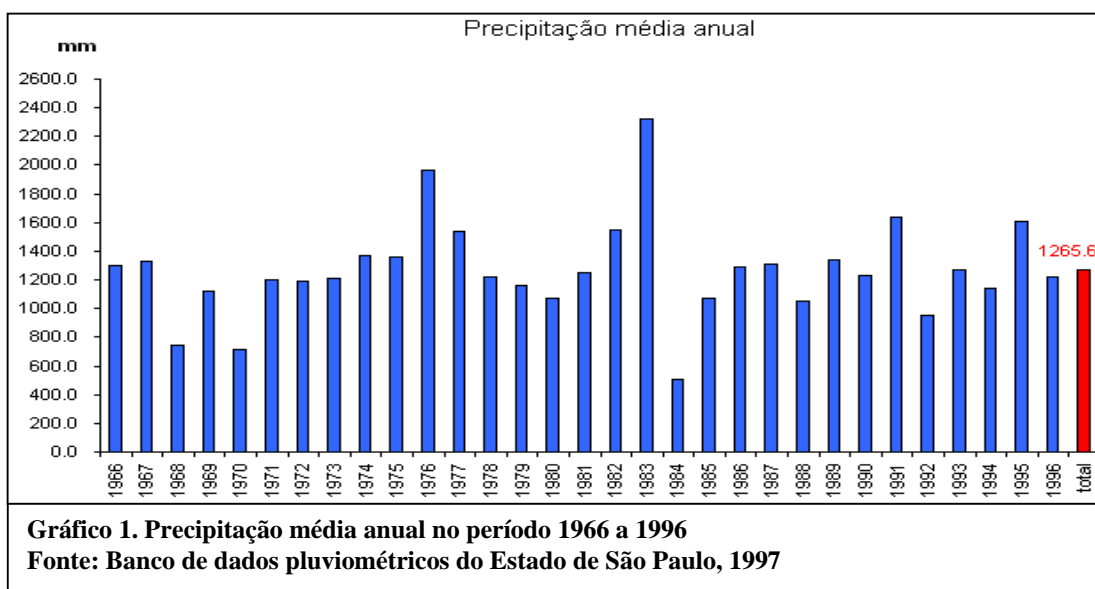


Figura 2. Classes de solos

O clima, como pode ser verificado no gráfico 1, é caracterizado pelo inverno seco com uma precipitação média mensal para os meses mais secos (abril a setembro) de 48,5 mm e a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C. O verão é chuvoso, apresentando uma precipitação média mensal de 163 mm (outubro a março) e a temperatura do mês mais quente ultrapassa os 22°C. O índice pluviométrico anual é de 1265,6 mm (gráfico 2). Os gráficos são referentes ao posto D4-064, situado no município de Limeira, S.P. (lat. 22° 33' e Long. 47° 21'), junto às cabeceiras dos formadores do Ribeirão Cachoeirinha e apresenta dados do período 1966 a 1996.



IV. A ABORDAGEM METODOLÓGICA

Este trabalho foi desenvolvido considerando os seguintes materiais/equipamentos e abordagem metodológica.

4.1. Materiais

- Bases digitais em formato DXF, adquiridas junto ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), com os seguintes temas:
 - Cartas topográficas digitais - MNT (Modelo Numérico do Terreno) e rede de drenagem elaborados a partir das cartas topográficas, escala 1:10.000;
 - Mapa de solos;
 - Mapa de Classes de uso da terra, a partir de fotografias aéreas (1996) na escala 1:25.000 e apoio de campo;
- Software SIG-IDRISI para suporte à análise e integração dos dados;
- Microcomputador pentium; impressora; scanner e GPS.
- GPS, para apoio de campo.

4.2. Abordagem metodológica

- O trabalho prático está estruturado em três segmentos operacionais:
- Levantamento de dados do meio físico e uso da terra, referentes aos parâmetros do modelo da Equação Universal de Perda de Solo – EUPS (Wischmeier e Smith, 1978) modificada por Bertoni e Lombardi Neto (1985);
 - Integração dos dados no SIG/*IDRISI* e;
 - Discussão dos resultados.

4.2.1. Parâmetros do modelo EUPS

Como já visto, EUPS (Wischmeier & Smith, 1978) modificada por Bertoni e Lombardi Neto (1985), é expressa genericamente por: **A= R.K.L.S.C.P.**

Sendo que:

A, é a perda de solo total por unidade de área;

R, fator erosividade;

K, fator erodibilidade dos solos;

LS, fator topográfico, sendo L, fator declividade, e S, fator comprimento de vertente;

C, fator cobertura vegetal/manejo do uso do solo;

P, práticas conservacionistas.

4.2.1.1.Erosividade (R)

Para a área de estudo utilizou-se do Sistema para Cálculo da Erosividade da Chuva para o Estado de São Paulo (Lombardi Neto et.al., 2000), com base na proposta de Bertoni e Lombardi Neto (1985).

A equação para cálculo da erosividade utilizada pelo sistema é:

$$\text{Elmensal} = 89.823 * (r^2/P)^{0.759}$$

Onde:

El mensal é a erosividade média mensal do mês i, em MJ mm/ha h;

r, é a precipitação média mensal do mês i, em mm;

P é a precipitação média anual, em mm;

A soma dos El mensais dá o valor de R anual.

Esse sistema gerou uma tabela de valores de erosividade para a área, conforme apresentado na tabela abaixo.

Tabela1. Índice de erosividade

IRACEMAPOLIS	FATOR R					
	Latitude		Longitude			R
						MJmm/ha.h
22	34	40	47	31	0	6877
22	34	40	47	31	10	6878
22	34	40	47	31	20	6879
22	34	45	47	31	0	6878
22	34	45	47	31	10	6878
22	34	45	47	31	20	6879
22	34	50	47	31	0	6878
22	34	50	47	31	10	6878
22	34	50	47	31	20	6879
22	34	55	47	31	0	6878
22	34	55	47	31	10	6879
22	34	55	47	31	20	6879

4.2.1.2. Erodibilidade (K)

O parâmetro erodibilidade (K) do solo, segundo Bertoni e Lombardi Neto (1985), refere-se à suscetibilidade de um solo à erosão, sendo que o mesmo varia naturalmente conforme as características físicas do solo e se modifica conforme o tipo de solo.

O mapa de solos da área foi elaborado pelo IAC, primeiramente a partir de fotografias aéreas na escala 1:25.000, trabalho de campo e análises físico-químicas, e posteriormente conduzido no SIG-ILWES, para transformação dos dados em formato digital.

BERTONI E LOMBARDI NETO (1985) estabeleceram, para vários solos, o valor de K, bem como de sua tolerância de perda.

$$K = [(Argila\ Natural/Argila)/(Argila/UE)] \times (1/9.81)$$

Argila natural ou argila dispersa em água em %

Argila - argila dispersa em soda – em %

UE – umidade equivalente ou equivalente de umidade – em %

A tabela 2 mostra os valores de erodibilidade para as classes de solos apresentadas na área.

Tabela 2. Valores de erodibilidade e tolerância

IRACEMÁPOLIS	Erodibilidade	Tolerância
	t.h/MJ.mm	t/ha
Latossolo Roxo distrófico	0,0128	13,0
Latossolo Roxo eutrófico	0,0098	13,0
Latossolo vermelho escuro distrófico	0,0175	15,0
Latossolo vermelho escuro eutrófico	0,0167	12,3
Latossolo vermelho amarelo distrófico	0,0298	12,8
Terra Roxa Estruturada eutrófica	0,0181	13,4
Solo Litólico eutrófico	0,0442	6,7

4.2.1.3.Fator Topográfico (FT)

Para Bertoni e Lombardi Neto (1985) a intensidade da erosão pela água tem estreita relação com o comprimento do declive e seu gradiente. Baseando-se nesse fato, os autores mencionados definem o fator(LS) como sendo “a relação esperada de perdas de solo por unidade de área em um declive qualquer em relação a perdas de solo correspondentes de uma parcela unitária de 25m de comprimento com 9% de declive”.

Os autores(op.cit.) formularam a seguinte equação para o cálculo do fator topográfico (FT):

$$FT=0,00984.L^{0,63}.S^{1,18}$$

Onde:

FT – fator topográfico;

L – comprimento de vertente em metros;

S – grau de declive em %.

Os dados do fator topográfico foram obtidos a partir das bases cartográficas digitais implementadas no sistema de informações geográficas IDRISI.

a) Comprimento de vertente (L)

Para a obtenção dos valores desse termo, considerou-se o espaçamento de terraços estabelecido para as áreas de cana-de-açúcar, conforme proposto por Lombardi Neto et.al.(1994), como verificado abaixo.

$$E.H. = 100.EV/D$$

Onde:

EH – espaçamento horizontal

EV – espaçamento vertical de terraços (7 metros para áreas de cana usada pela Usina)

D – declividade em porcentagem

Esse procedimento foi conduzido no SIG-IDRISI, utilizando o módulo *image calculator* e, em seguida, reclassificou-se a imagem obtida definindo as seguintes classes em metros: menor que 50, 50 a 100, 100 a 150 e maior que 150.

b) Classes de declividade (S)

A declividade foi obtida através de uma base digital vetorial MNT - Modelo Numérico de Terreno (IAC), implementada no SIG-IDRISI.

A partir desta base foi criado um DEM (digital elevation model), possibilitando gerar a hipsometria e a declividade do terreno.

Os procedimentos necessários à criação do DEM são os seguintes:

- Criação de uma nova imagem no módulo *initial*;
- rasterização dos vetores MNT a partir do módulo *reformat* ;
- interpolação dos dados no módulo *surface analysis-intercon*;
- utilização de um filtro mediana (3X3) para a retirada de resíduos.

A hipsometria foi elaborada no módulo *reclass* utilizando-se dos parâmetros definidos pelo usuário, o que possibilitou o fatiamento das cotas altimétricas de 10 em 10 metros, numa amplitude que varia de 595 a 810 metros na área.

Para a obtenção da declividade, o DEM foi submetido ao módulo *surface analysis-topographic variables* e, em seguida ao módulo *reclass* onde definiram-se seis classes de declive (em %), conforme Donzeli, et.al. (1992, p.105): 0 a 3, 3 a 6, 6 a 12, 12 a 20, 20 a 40 e acima de 40, respectivamente.

4.2.1.4. Aquisição de dados do uso da terra (C)

As classes de uso da terra foram obtidas a partir da base digital fornecida pelo IAC e pelo ajuste realizado no campo com apoio de GPS. A base inicial foi realizada a partir de fotografias aéreas na escala 1:25.000 (aerolevantamento de 1996), com posterior transferência a partir do aparelho Kartoflex Zeiss, para a escala 1:10.000.

A partir dessa base, realizou-se verificação de campo com o auxílio de GPS, onde se podem incluir áreas de capoeira não mapeadas anteriormente. Além desse procedimento, também foram delimitadas as áreas de mata ciliar através de um “buffer” de 30 metros, a partir da drenagem, de acordo com a Lei nº 7.803/89 do Código Florestal. Essa etapa foi realizada no SIG-IDRISI, utilizando-se dos módulos *distance* e *reclass*.

Com base nas informações de uso da terra, foram definidos os dados referentes ao fator C da EUPS. Os valores encontram-se relacionados na tabela 7, confeccionada a partir das tabelas de Donzelli et al.(1992) e Pinto (1995).

Tabela 3. Valores do fator C da EUPS para as diferentes classes de uso da terra

uso da terra	valores do termo C
Mata ciliar , várzea e capoeira	0,0004
Reflorestamento	0,0489
Pastagem	0,0075
Cobertura residual	0,0100
cana	0,0500

Por sua vez, para o termo P (práticas conservacionistas), utilizou-se da equação proposta por Lombardi Neto (relatório anual, 1995) onde a declividade é considerada fator limitante. Essa equação é expressa por:

$$P = 0.69947 - 0.08991*S + 0.01184*S^2 - 0.00035*S^3$$

Onde: P, práticas conservacionistas(declive menor que 0,5%, P =0,6; declive maior que 20%, P =1,0) e,

S , declividade em %.

4.2.2. Integração dos dados no ambiente IDRISI:

No ambiente desse sistema foram desenvolvidas as seguintes etapas:

- Caracterização do potencial natural à erosão (PNE) conforme IPT (1986), Pinto (1991) e Donzeli et al. (1992), com o apoio da formulação da EUPS ajustada por Bertoni e Lombardi Neto (1985);
- Definição do uso da terra permissível (CP permissível) com base na formulação da EUPS, conforme já proposto em Donzeli et al. (1992);
- Determinação da expectativa de erosão para a área de estudo de acordo com Donzeli et al. (1992).

4.2.2.1. Potencial Natural de Erosão (PNE)

O potencial natural de erosão (PNE) é indicado a partir da integração de dados dos fatores da EUPS, que se referem a elementos do meio físico, considerando a erosividade da chuva, erodibilidade do solo e fator topográfico. Assim, o potencial natural de erosão pode ser indicado como segue:

$$\text{PNE} = \text{R.K.L.S.}$$

Os dados referentes aos termos desta formulação foram integrados no IDRISI a partir do módulo de operações matemáticas (*image calculator*). Em seguida, esses dados obtidos foram correlacionados à tolerância dos solos, definindo-se assim as classes de PNE, conforme discutido em Donzeli et al. (1992). Estes valores são apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Classes de Potencial Natural de Erosão

categorização qualitativa de PNE	PNE classificado de acordo com a tolerância dos solos	Área em hectares
ausente	0 – 1	37
baixo	1 – 2	0
médio	2 – 10	408,5
alto	10 – 100	903
muito alto	> 100	65,5

4.2.2.2. Uso permissível da terra

De acordo com Wischmeier & Smith (1978 citado por Pinto,1991), quando a perda de solo por erosão é referenciada a uma dada tolerância (T), esta pode substituir o termo A (valor de perda) da EUPS. Através dos valores T, é possível obter valores do fator C permissível em relação às tolerâncias de perdas por erosão para cada tipo de solo, considerando o fator P igual a 1 (plântio vertente abaixo). Para a indicação de valores de C permissível, utiliza-se a relação, conforme já apontado em Donzeli et.al. (1992):

$$\text{CP permissível} = T / \text{PNE}$$

Por sua vez, na tabela 2, já apresentada, (adaptada de Bertoni e Lombardi Neto,1985) mostra os valores da tolerância de perdas (valor T) para cada tipo de solo da área.

Tal procedimento foi também realizado no módulo de operações matemáticas do *IDRISI* e o mapa resultante foi reclassificado conforme a tabela.6, ajustada de Donzelli et al. (1992) que considera o uso da terra permissível condicionante do risco à erosão.

Tabela 5. Valores de C permissível e graus/riscos à erosão

risco à erosão	valor de Cpermissível	Área em hectares
baixo	> 0,02	541
médio	0,020 – 0,001	784,5
alto	<0,001	136,5

Fonte: Donzelli et.al. (1992)

A tabela demonstra que quanto mais próximo de zero (0), o uso torna-se mais restrito, pois sua capacidade de resistir à erosão é muito baixa, portanto apresentando risco alto à erosão do solo.

Em seguida, determinou-se a expectativa de erosão em relação ao uso da terra, que, de acordo com Donzelli et al. (1992), se obtém a partir da discrepância entre o uso atual da terra e o uso permissível da terra.

Os cruzamentos foram executados no módulo *overlay* do *IDRISI* e os mapas resultantes foram reclassificados no módulo *reclass* em três categorias, baseando-se no intervalo de classes por eles apresentados, como mostra a tabela abaixo:

Tabela 6. Classes de expectativa de erosão

valores de expectativa	classes qualitativas	Área em hectares
< 0	ausente	337,5
0 – 0,05	baixa expectativa de erosão	582,5
> 0,05	média expectativa de erosão	494

V. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesse capítulo, há uma apresentação formal dos resultados obtidos a partir da aplicação do modelo EUPS conjugado ao SIG-IDRISI, e inferências reflexivas, ressaltando que os mapas produzidos por meio dos modelos são representações estáticas da paisagem e que revelam apenas alguns fragmentos da realidade. Assim, somente através de um trabalho de campo e de um encaminhamento lógico do raciocínio, o pesquisador terá condições de dar um maior dinamismo às informações obtidas.

O modelo EUPS é voltado para a previsão e quantificação das perdas de solo por erosão, principalmente aquela promovida pelo escoamento superficial das águas pluviais. Assim como outros, foi elaborado a partir de dados experimentais obtidos de análises detalhadas em talhões experimentais e pequenas bacias hidrográficas (Bertoni e Lombardi Neto, 1985).

As perdas de solos são promovidas principalmente pela erosão hídrica, que se divide basicamente em erosão em lençol causada pelo escoamento laminar, e a erosão em sulcos (ravinações e voçorocas), a partir do escoamento concentrado.

A erosão em lençol consiste no escoamento superficial em forma de lençol contínuo, onde o processo erosivo decorrente não segue canais bem definidos, mas tende, com o tempo, a formar pequenas calhas de escoamento.

Em relação à erosão em sulcos, a forma mais severa é a voçoroca, que se forma a partir do escoamento superficial das águas pluviais e do solapamento provocado pelas águas do lençol subterrâneo.

No que se refere aos fatores condicionantes dos processos de erosão, destacam-se as características da chuva, a topografia, a natureza dos solos, a cobertura vegetal e a ação antrópica (Wischmeier, 1977, apud Pinto, 1983 ; Kirkby e Morgan, 1980; Bertoni e Lombardi Neto, 1985; e Lal, 1990).

Bertoni e Lombardi Neto (1985) destacam que a ação erosiva das águas pluviais ocorre no momento em que a gota de chuva colide com o solo. Primeiramente há um desprendimento das partículas de solo, depois as mesmas são transportadas por salpicamento e, por fim, as gotas imprimem energia, em forma de turbulência, à água de superfície, causando o escorrimento e o transporte de

partículas. A capacidade de transporte de solo, imprimida pelas gotas de água que caem na superfície, varia com o tamanho das gotas e com a velocidade do seu impacto.

Ao caírem, as gotas provocam a compactação do solo, diminuindo sua capacidade de infiltração, e assim em chuvas mais intensas aumenta a velocidade das enxurradas.

Para a bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeirinha a média de erosividade é de 6828 MJmm/ha.h, como determinado a partir do Sistema para Cálculo da Erosividade da Chuva para o Estado de São Paulo.

De acordo com Wischmeier, Johnson e Cross (1971); e Lal (1990) a susceptibilidade do solo à erosão é definida como erodibilidade. Esta por sua vez, constitui-se numa propriedade inerente ao solo, e é influenciado por suas características, que, conforme Bertoni e Lombardi Neto (1985), são principalmente aquelas que afetam a capacidade de infiltração e permeabilidade do solo e sua capacidade de resistir ao desprendimento e transporte pela chuva.

Os valores de erodibilidade foram obtidos a partir do mapa de solos, em formato digital, fornecido pelo Instituto Agrônomo de Campinas –IAC, como já observado na figura 2 .

A partir da identificação dos diferentes tipos de solo, os valores da erodibilidade (K) foram obtidos de acordo com a tabela apresentada por Bertoni e Lombardi Neto (1985) conforme exposto na abordagem metodológica.

De maneira geral, os solos da área de estudo não apresentam grande erodibilidade, afinal o mais susceptível, que é o solo litólico eutrófico, corresponde a apenas uma pequena parcela da área.

Em relação à topografia, destaca-se a importância da declividade do terreno e o comprimento de vertente. O grau de declividade do terreno exerce influência direta sobre a quantidade de perda de solo por erosão, pois, quanto maior seu gradiente, maior a intensidade de escoamento das águas sob o efeito da gravidade, sendo, portanto, menor o seu tempo disponível para a infiltração no solo. O alto curso do Ribeirão Cachoeirinha não possui, de maneira geral, fortes declives, pois 84 % da área apresentam uma declividade abaixo de 12 % e somente 6 % da área estão acima de 20 % de declive. Tal fato pode ser comprovado no mapa (figura 3).

Classes de Declividade

Alto curso da bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeirinha

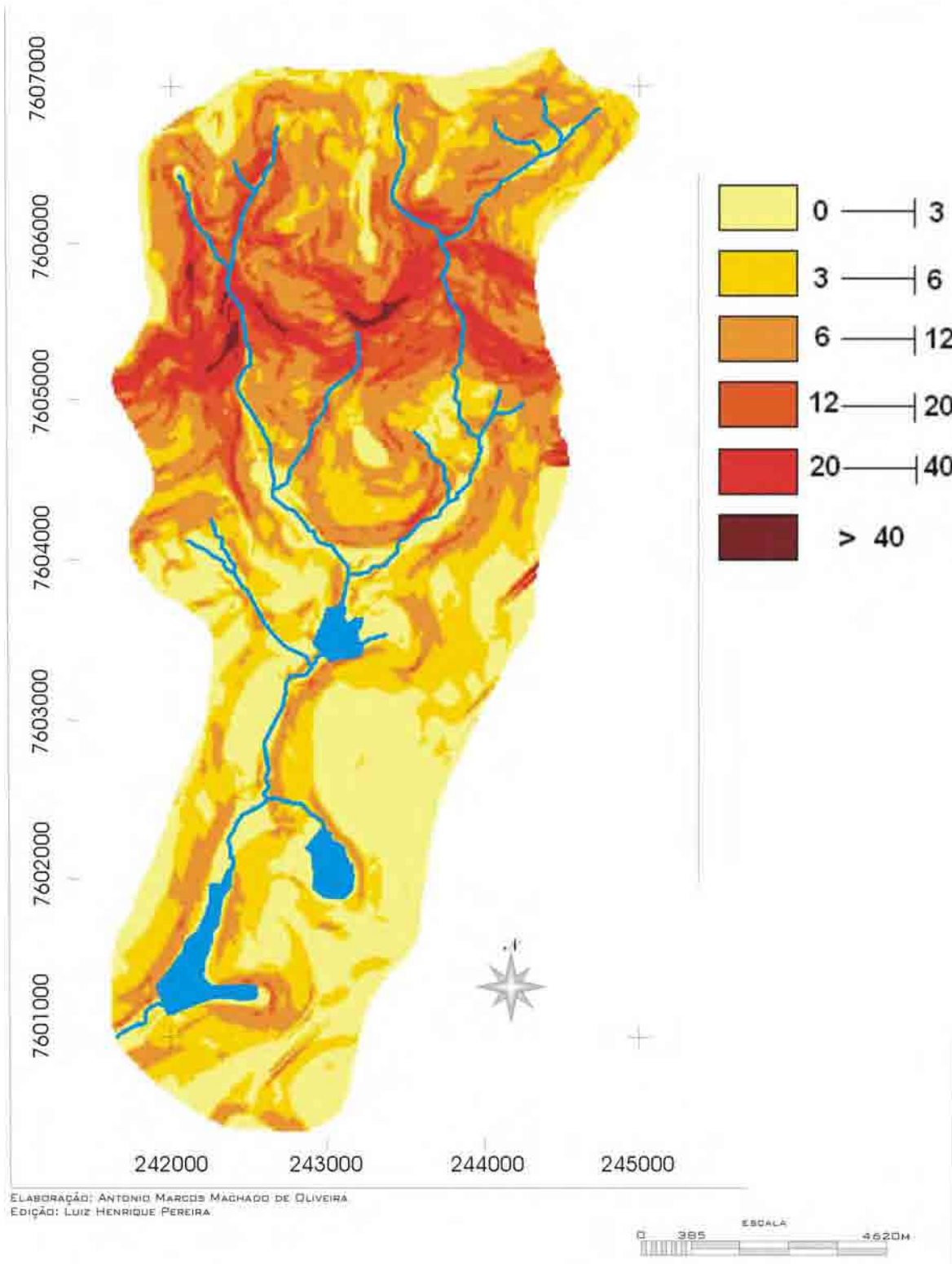


Figura 3. Classes de declividade

Em relação ao comprimento de vertente, quanto maior, mais forte será a enxurrada, produzindo grande número de sulcos e causando maiores perdas de solo nas partes mais baixas. Na área estudada os comprimentos de vertentes são pouco acentuados como verificado na figura 4, não tendo assim, grande influência no risco de erosão.

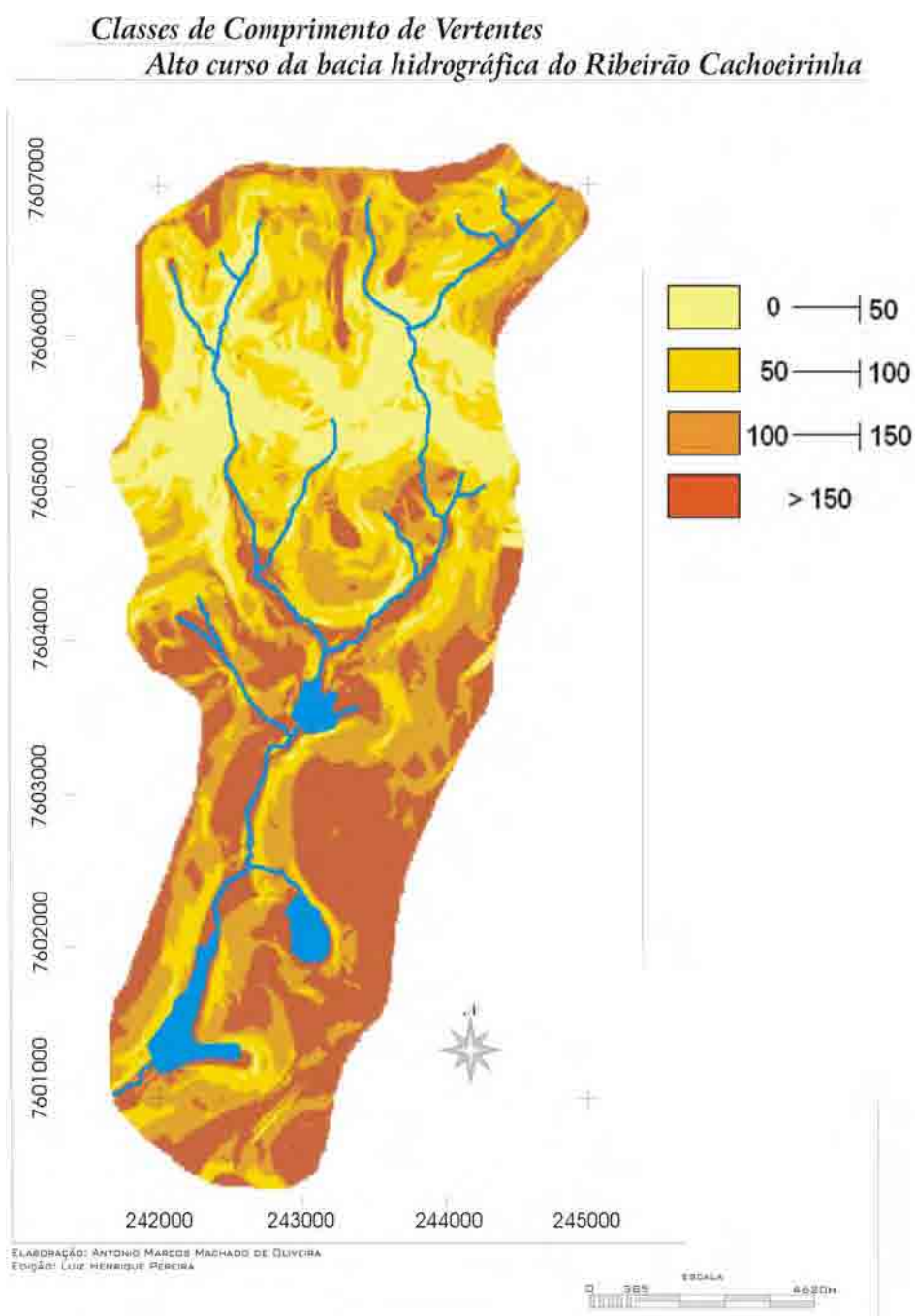


Figura 4. Classes de comprimento de vertentes

A integração desses fatores naturais do meio físico permite a determinação do potencial natural de erosão. Como observado na figura 5, os maiores valores do PNE, obtidos através do modelo EUPS, estão localizados justamente nas áreas de maior declive, na presença de um solo mais vulnerável, como o solo litólico eutrófico. Contudo, há um predomínio de um potencial natural de erosão, variando de médio a alto, em toda a bacia.

*Classes de Potencial Natural de Erosão
Alto curso da bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeirinha*

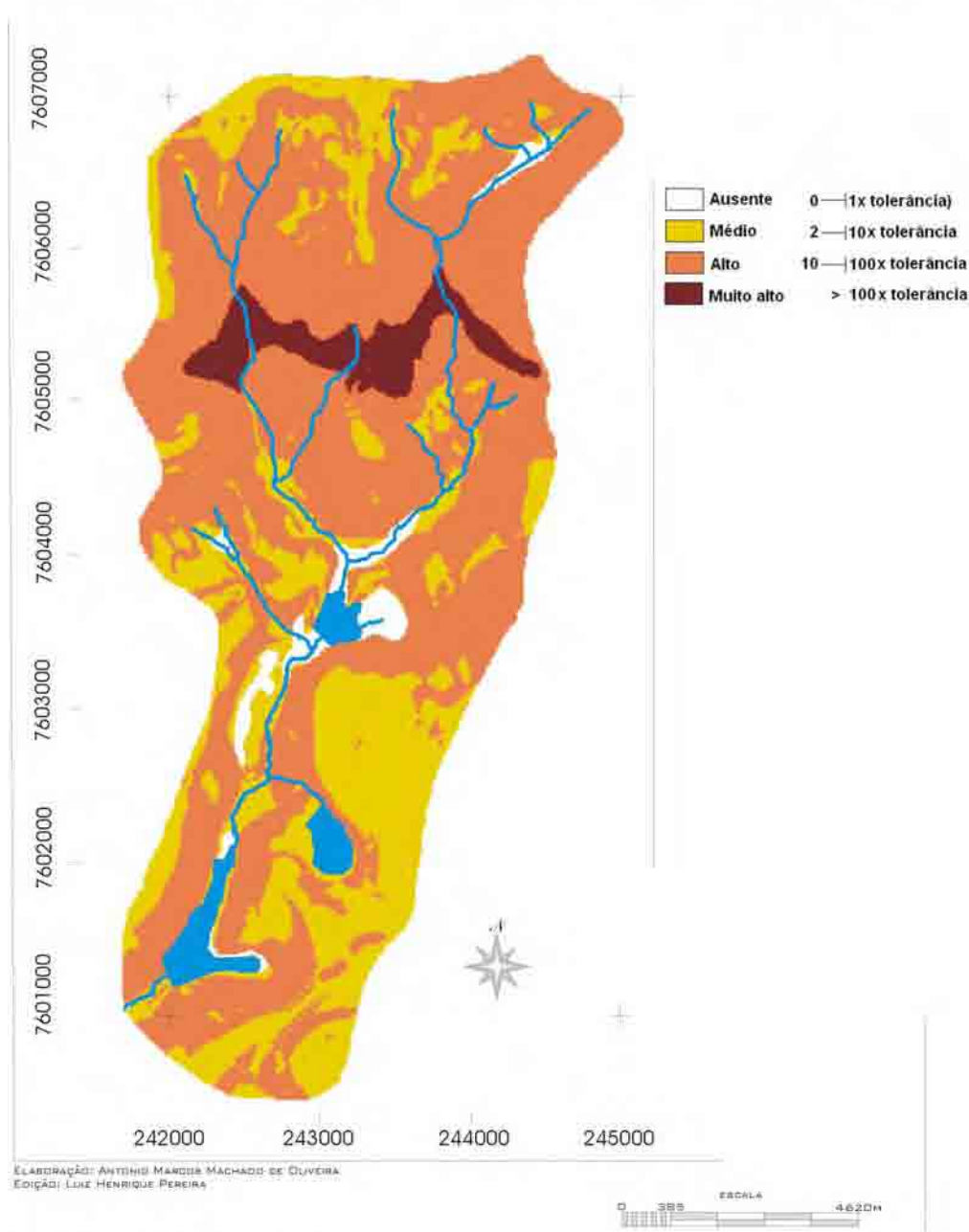


Figura 5. Classes de potencial natural de erosão

Quando se associam os valores de potencial natural de erosão (PNE) com os valores de perdas toleráveis para cada unidade de solo (T), obtém-se o risco de erosão (figura 6) que conforme Donzelli et.al. (1992), se constitui num atributo indicativo para o uso adequado da terra, em termos dos limites de tolerância de perdas para cada tipo de solo. Ele é um indicador do provável ajuste da ocupação agrícola dos solos, em referência às características de elementos do meio físico, intervenientes no processo de erosão (Stein et.al., 1987).

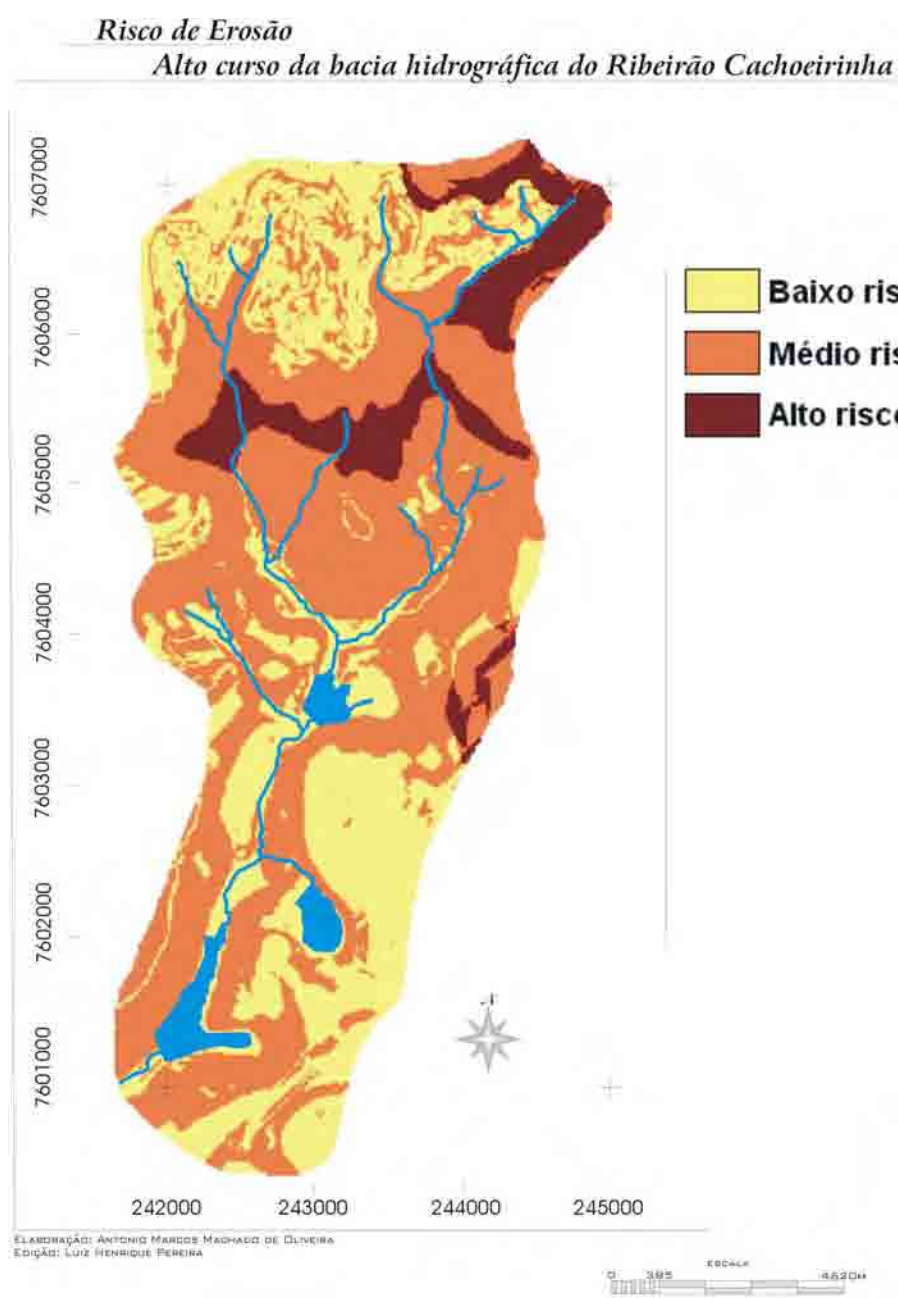


Figura 6. Classes de risco de erosão

O passo seguinte foi relacionar aos condicionantes naturais dos processos erosivo, o uso da terra, que se constitui nas formas de ocupação antrópica do espaço.

No alto curso da bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeirinha, o mapa de uso da terra (figura 7) revela que há um predomínio de cana-de-açúcar (75% da área). Do restante da área 10%, estão ocupados por capoeira, 1,5% de mata ciliar, 0,5% de reflorestamento e 10% de cobertura residual (capim-colonião, mamonas, entre outros), como demonstra a tabela abaixo.

Tabela 7. Classes de uso da terra

USO DA TERRA	ÁREA
Cana-de-açúcar	75 %
Reflorestamento	0,5%
Capoeira	10%
Cobertura residual	10%
Mata ciliar	1,5%
Outros	3%

Em decorrência disso, a ânsia de obter o máximo de produção conduz a uma maximização do emprego de agrotecnologias (mecânica, química e biológica), além de promover uma retirada quase que total da cobertura vegetal. E o desmatamento para uso agrícola, realizado de modo desordenado, sem levar em consideração a capacidade de uso das terras, promove sérios problemas de erosão e degradação do solo e água.

A inadequação do uso da terra gera uma série de problemas, tanto para as comunidades rurais como urbanas, que podem ser resumidos nos seguintes: perda de solo pelo arraste de partículas, reduzindo a produção e a produtividade agrícolas; assoreamento dos cursos d'água e contaminação das águas por agrotóxicos e produtos químicos, que são carregados juntamente com as partículas de solo. Estes dois últimos podem comprometer seriamente o abastecimento d'água da zona rural e das cidades.

Uso da Terra:

Alto curso da bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeirinha

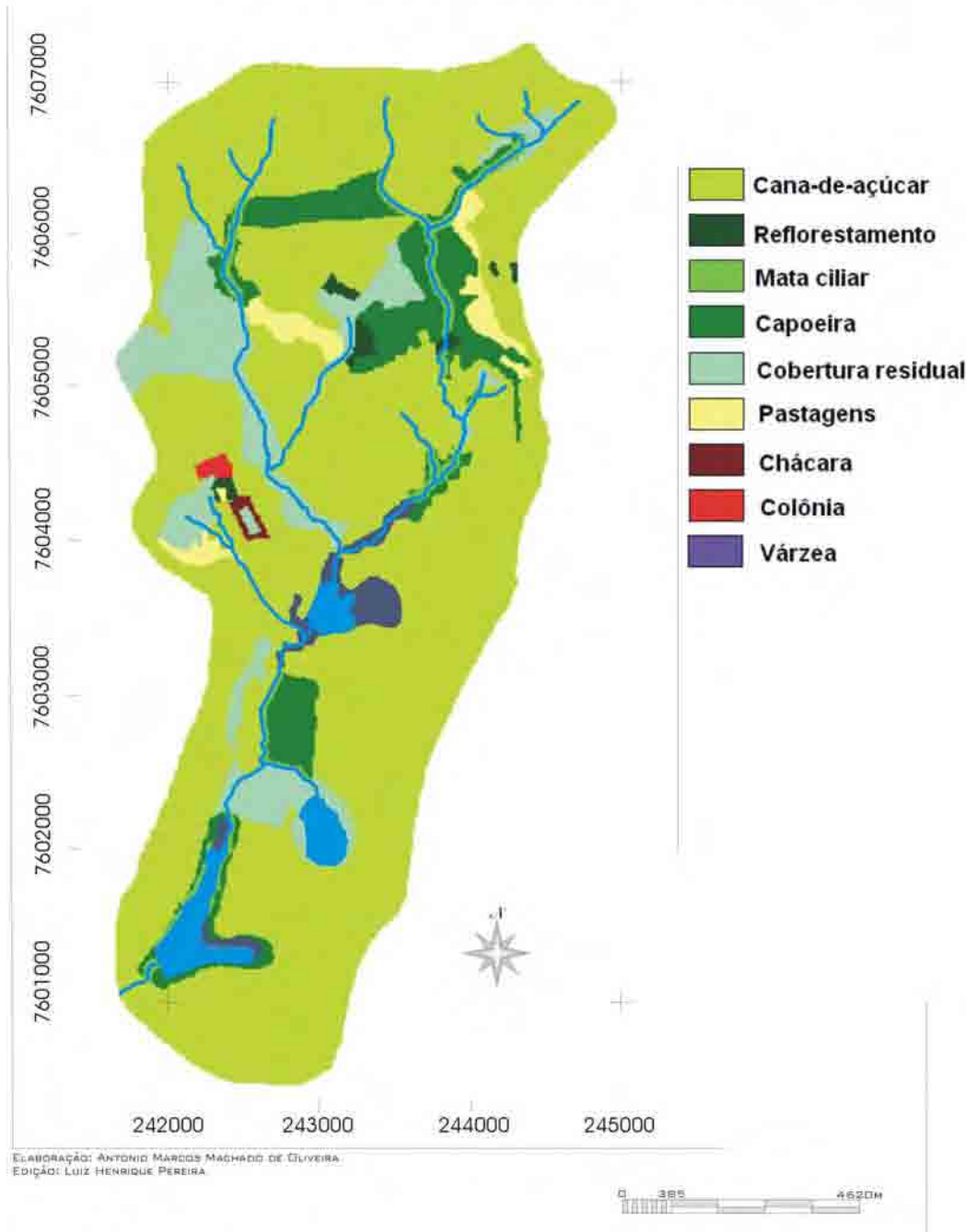


Figura 7. Classes de uso da terra

A partir da discrepância entre o uso da terra e o risco de erosão determina-se a expectativa de erosão (figura 8), conforme Donzelli et.al. (1992). O modelo EUPS aponta para uma predominância de expectativa de erosão que varia de baixa a média (75% da área), sendo 41% para a primeira e 34% para a segunda, respectivamente.

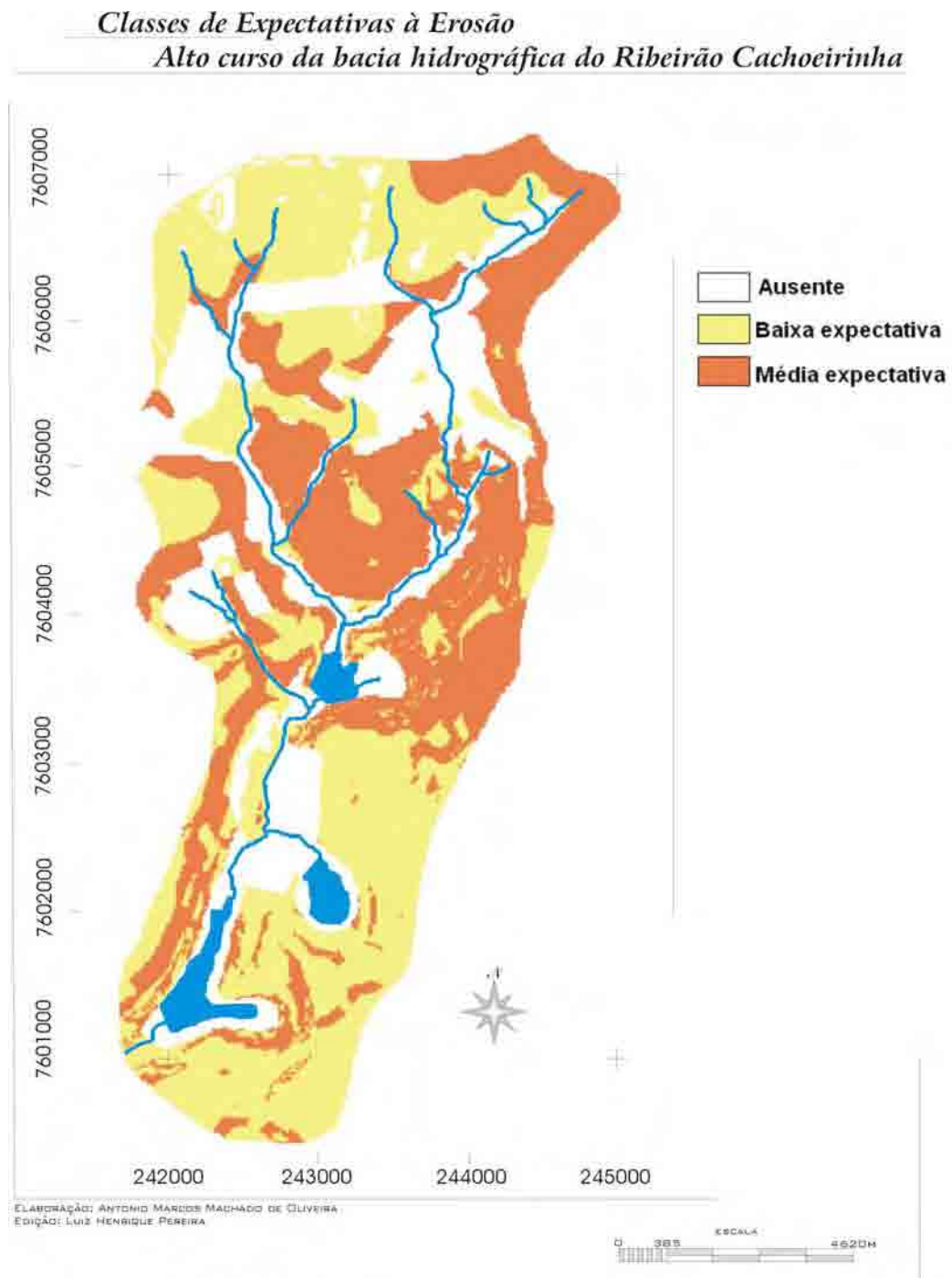


Figura 8. Classes de expectativa de erosão

Pelos dados apresentados não há valores altos de expectativa de erosão, porém, os processos erosivos estão ocorrendo em praticamente toda a área. Com a averiguação de campo, constatou-se que ocorrem, inclusive, em áreas onde o modelo EUPS aponta, através de seus parâmetros, que há baixa ou ausência de expectativa de erosão (presença de Lve e declive inferior a 6%)

Um exemplo disso pode ser visto na série de fotos (1, 2, 3 e 4) adquiridas em 18 de outubro de 2003, a qual representa uma área de terra preparada para o plantio de cana-de-açúcar, que sofreu o impacto direto da chuva. Isso resultou na formação de sulcos erosivos, denotando a perda de uma quantidade significativa de solo fértil e assoreamento do córrego próximo.



Foto 1. Início dos sulcos erosivos



Foto 2. Ampliação do sulco erosivo

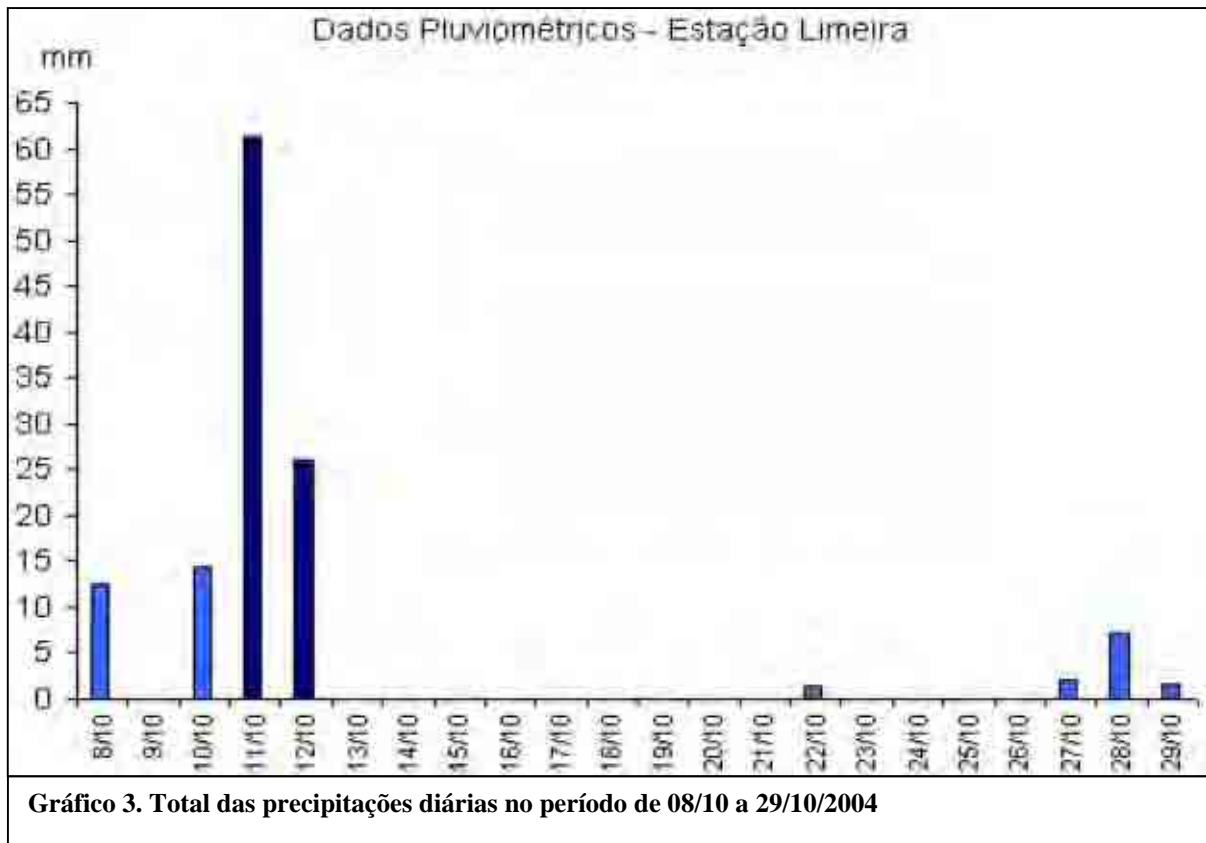


Foto 3. Dispersão dos sulcos erosivos



Foto 4. Deposição dos sedimentos

Os processos erosivos foram decorrentes das fortes precipitações que ocorreram nos dias 11 e 12 de outubro de 2003. Como pode ser observado no gráfico abaixo, a precipitação acumulada no dia 11 chegou a 61,4 mm e foi um pouco mais amena no dia 12, quando alcançou a marca de 26 mm (em 24 hs).



Os processos erosivos foram intensos, apesar desse local não apresentar forte declive e possuir um solo com boa capacidade de resistência à erosão, como é o caso do latossolo vermelho-escuro.

E, mesmo a área já apresentando a cobertura da cana-de-açúcar, continuou apresentando processos erosivos, denunciados a partir da água barrenta e da acumulação de sedimentos ao longo do terraço, como pode ser observado nas fotos seguintes (5, 6, 7 e 8), referentes a janeiro de 2004. Esta é uma demonstração empírica de que nem sempre a cana-de-açúcar protege os solos impedindo a erosão.

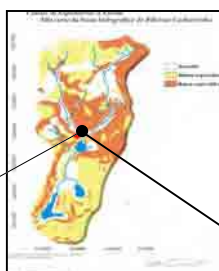


Foto 5. Deposição de sedimentos no terraço



Foto 6. Sulco erosivo dentro do canavial



Foto 7. Água proveniente da enxurrada



Foto 8. Detalhe de um sulco erosivo próximo ao canavial

Um ano depois, apesar da cana-de-açúcar estar no estágio final de maturação, pronta para o corte, ainda assim os processos erosivos estão ocorrendo, como poder observado nas fotos (9, 10, 11 e 12), que datam de outubro de 2004.

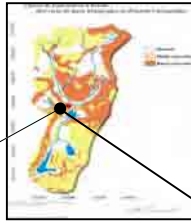


Foto 9. Canal erosivo formado pela enxurrada



Foto 10. Água com sedimentos ao longo do terraço



Foto 11. Depósito de sedimentos e água ao longo do terraço



Foto 12. Detalhe do sulco erosivo

A cobertura proporcionada pela cana-de-açúcar não impediu ao longo do tempo, o assoreamento dos cursos d'água. E esse é outro fenômeno obscuro aos mapas, cuja visualização somente é possível por meio de um registro fotográfico. Sua identificação é de grande importância, pois além de colocar em risco a vida aquática, pode causar enchentes nas áreas ribeirinhas e comprometer seriamente o abastecimento d'água.

O alto curso do Ribeirão Cachoeirinha está seriamente comprometido, pois há indicativos de que todos os seus afluentes estão assoreados, uma vez que quase todos estão cobertos pela taboa, vegetação indicativa da deposição de sedimentos, além dos reservatórios à jusante se apresentarem com um baixo volume de água e com as margens entulhadas por sedimentos (fotos 13 a 21).



Foto 13. Córrego assoreado



Foto 14. Córrego praticamente todo coberto pela taboa



Foto 15. Vegetação de várzea não impede o assoreamento



Foto 16. Córrego praticamente sem fluxo



Foto 17. Canal fluvial totalmente coberto por taboa e capim (aparência de campo)



Foto 18. Detalhe da vegetação de taboa



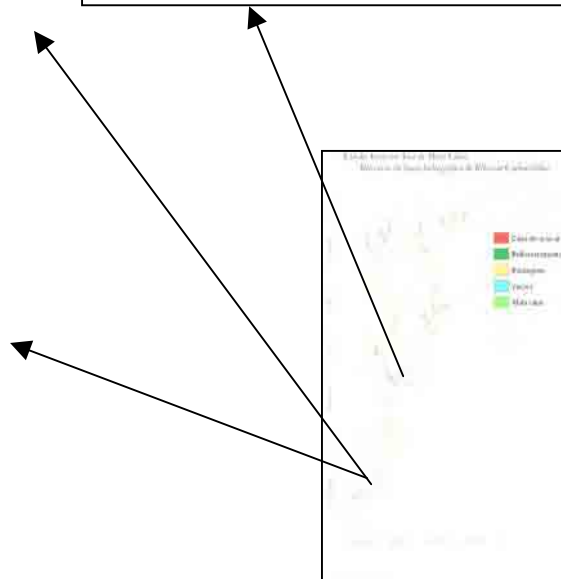
Foto 19. Deposição de sedimentos nas margens do reservatório



Foto 20. Sedimentos avançando dentro do reservatório



Foto 21. Visualização panorâmica do reservatório



Isso vem ocorrendo devido à retirada quase que completa da mata ciliar, que foi substituída pela cana-de-açúcar ou por pastagens, como mostram as fotos (22 e 23) e a figura 9, onde estão indicadas as áreas de ocorrência dos fragmentos de mata ciliar presentes atualmente na área de estudo.

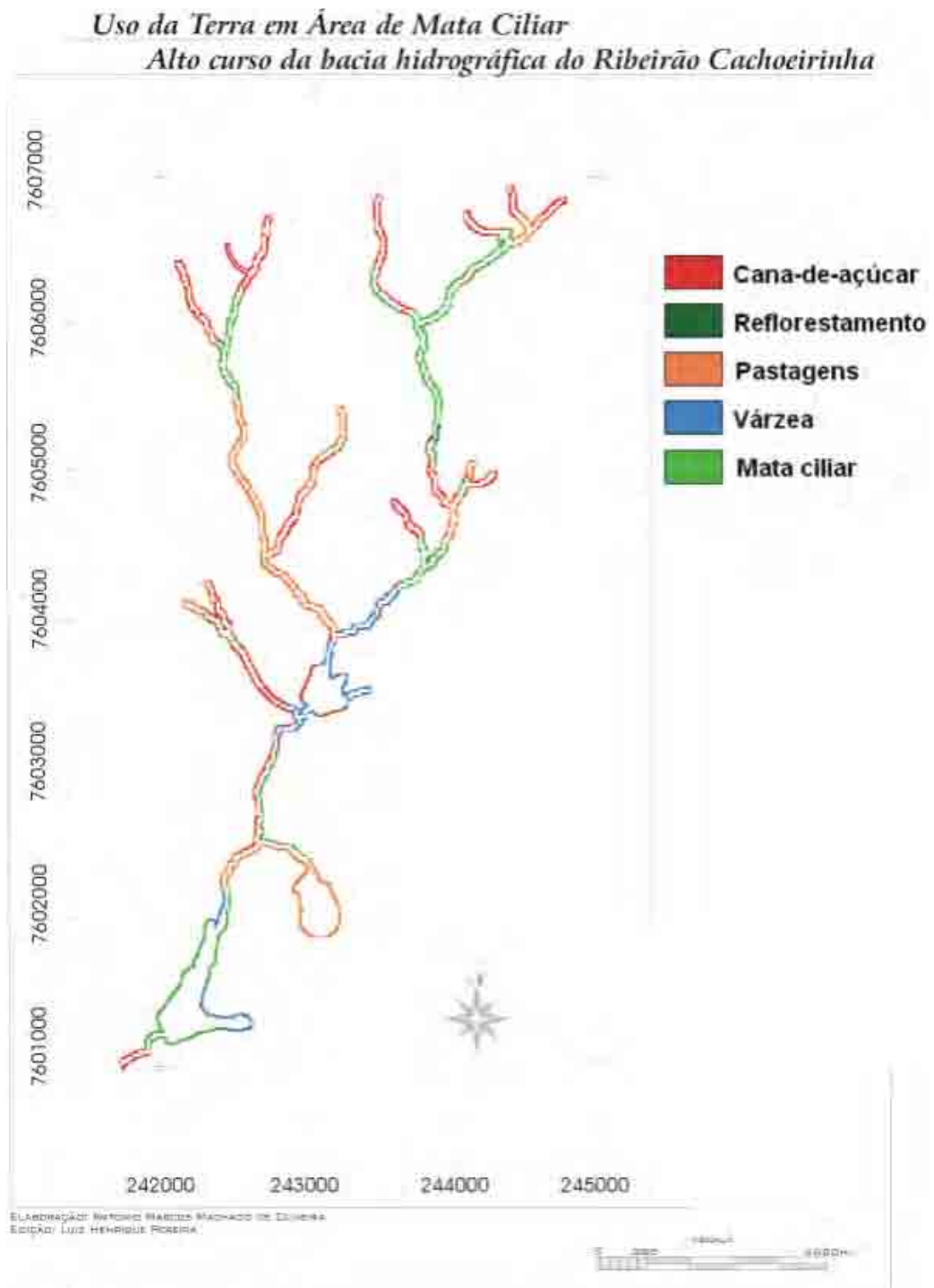


Figura 9. Classes de uso e cobertura vegetal ao longo dos canais fluviais

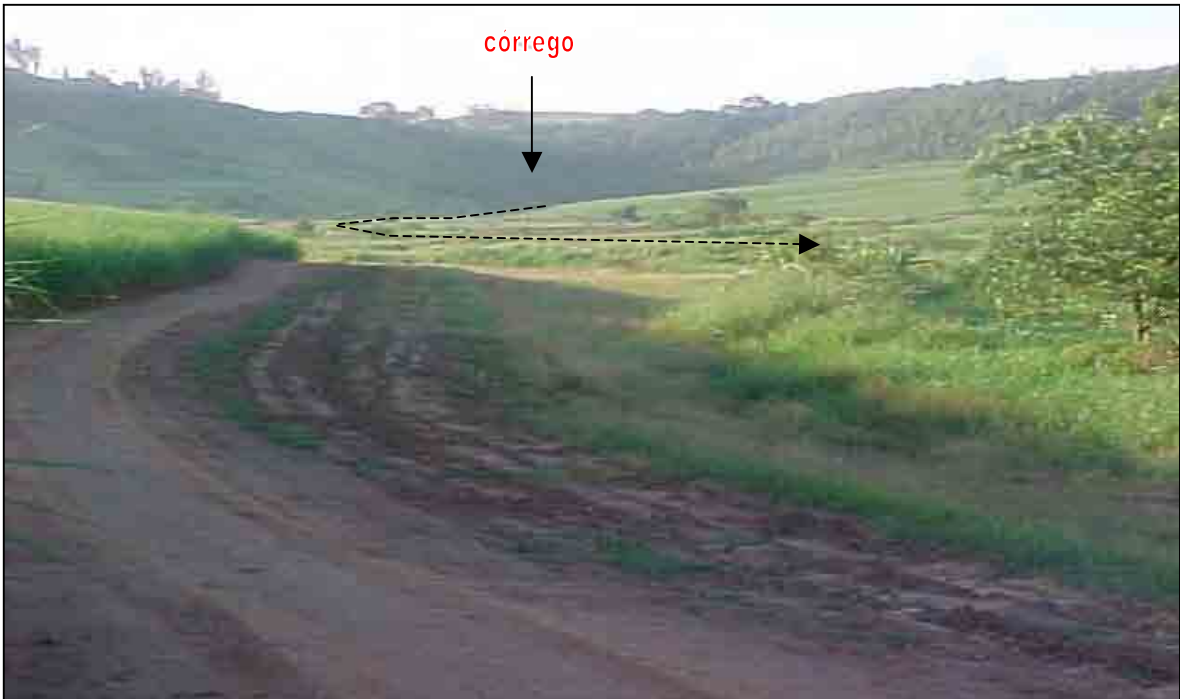


Foto 22. Visão panorâmica à montante

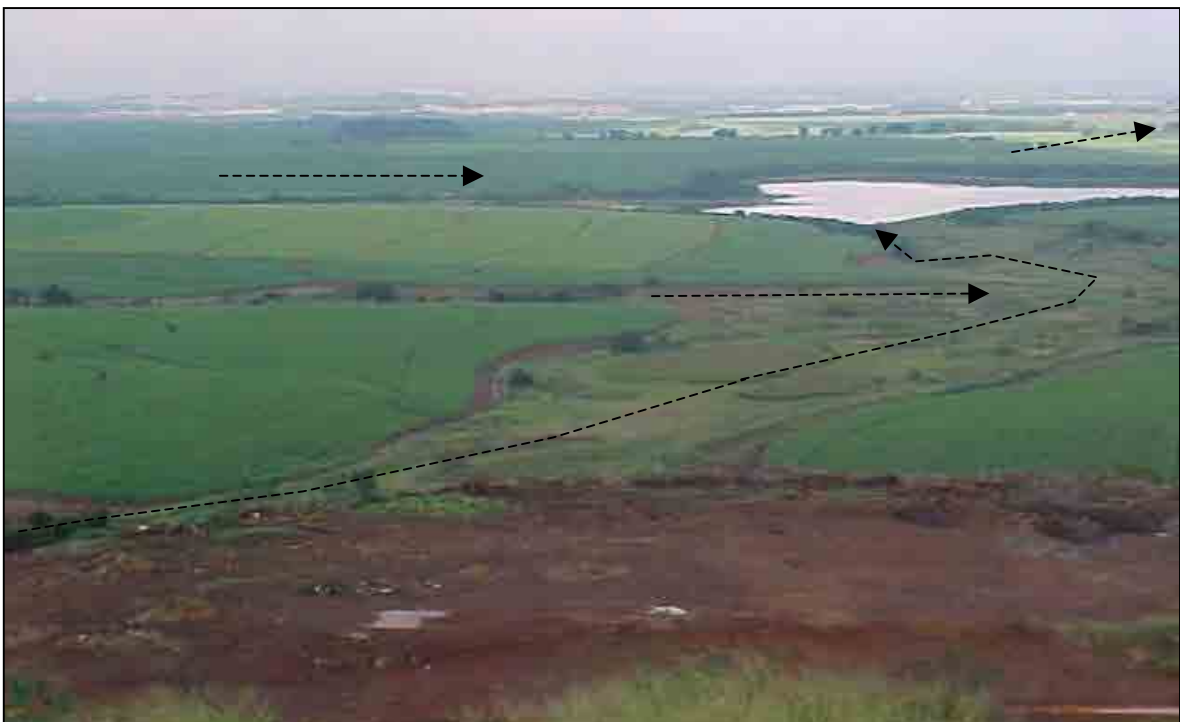


Foto 23. Visão panorâmica à jusante

Contudo, o mais grave é que o canal continua a avançar sobre a mata ciliar e, inclusive, soterrando por completo pequenos córregos. Nas fotos de janeiro de 2004 (24 a 27) está registrado um desses pequenos riachos em meio à plantação da cana-de-açúcar.

A sobrevivência desse córrego já era precária, pois não havia mais a presença da mata ciliar para protegê-lo e parte de suas nascentes havia sido soterradas, pela construção de uma estrada (foto 28). Contudo, durante o período de colheita, setembro de 2004, sofreu um completo soterramento como demonstrado nas fotos (29 a 33).

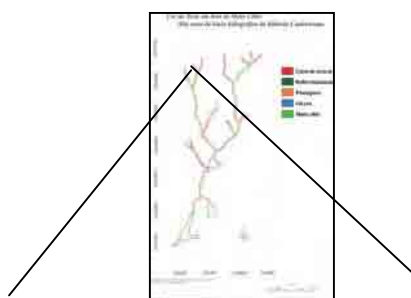


Foto 24. Córrego em meio ao canal



Foto 25. Córrego adentrando o canal

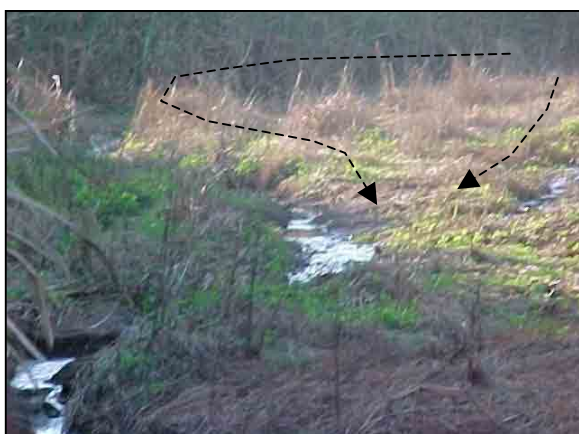


Foto 26. Detalhe do córrego (abertura de dois canais)



Foto 27. Detalhe da mudança de curso do córrego



Foto 28. Estrada construída sobre a nascente



Foto 29. Córrego seco durante a colheita



Foto 30. Detalhe do córrego seco



Foto 31. Talvegue do córrego



Foto 32. Córrego extinto após a colheita (outubro de 2004)



Foto 33. Retomada do canal durante o período de chuva (outubro de 2004)

Outro fato que deve ser registrado é a presença de uma cava abandonada (fotos 34 e 35), formada a partir da exploração de uma pedreira de rochas basálticas, que não está representada no mapa de declividade.



Foto 34. Cava de uma pedreira extinta



Foto 35. Detalhe da concentração de água no fundo da cava

O mapa de declividade não foi capaz de registrá-la porque os interpoladores utilizados para sua confecção, no sistema IDRISI, suavizam as rugosidades do terreno inseridas entre as cotas altimétricas. Assim, a inclinação e o desnível desse local ficam mascarados, como se não existissem. Além disso, mesmo que registrada pelo sistema, ou com a inserção por meio de GPS, outro entrave para sua visualização no mapa é a escala de apresentação que lhe daria apenas um aspecto pontual.

Esse problema de ordem técnica pode redundar em interpretações equivocadas, e por isso, a grande importância da vistoria de campo e do registro fotográfico.

O registro da cava não pode ser ignorado, uma vez que ela está se tornando um depósito de sedimentos e ao mesmo tempo sofrendo uma ampliação provocada pela erosão hídrica nas suas adjacências.

Além disso, verifica-se que as intervenções antrópicas na área estão acelerando os processos erosivos com a retirada da cobertura vegetal circunvizinha à cava, acarretando tais perdas de solos (fotos 36 a 39).

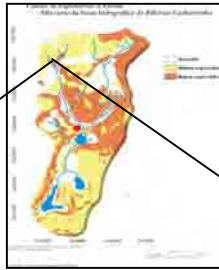


Foto 36. Processos erosivos no alto da cava



Foto 37. Sulcos erosivos



Foto 38. Detalhe de um sulco erosivo profundo próximo à cava



Foto 39. Retirada de terra e sulcos erosivos nas proximidades da cava

A cava e os processos erosivos adjacentes, como fragmentos da realidade, são importantes no ato conectivo, ainda porque, estão associados a eles outros fragmentos intrínsecos que podem ser abstraídos a partir de um encaminhamento lógico do raciocínio.

Desta forma, pode-se inferir, por exemplo, que a exploração dessa pedra está associada à produção de cana-de-açúcar que predomina na área, já que boa parte das rochas extraídas foram destinadas às vicinais que servem para o escoamento do produto, à construção da sede e da usina.

Também há um local, não registrado nos mapas, digno de atenção. Trata-se de uma área de forte declive onde toda cobertura vegetal foi retirada tornando-se assim extremamente susceptível às erosões. Na tentativa de amenizá-las, foram depositados entulhos, contendo desde bagaço de cana até materiais de origem inorgânica. Contudo, a erosão hídrica está ocorrendo da mesma forma, e com um agravante, não só está carreando partículas de solo, mas inclusive o lixo depositado, para os cursos d'água.

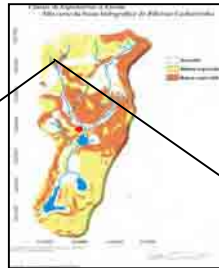


Foto 40. Entulho no alto da encosta (outubro/2003)



Foto 41. Detalhe de pedras e madeiras (outubro/2003)



Foto 42. Resíduos de construção:tijolos, madeira, etc (outubro/2003)



Foto 43. Lixo doméstico (outubro/2003)



Foto 44. Depósito de lixo (outubro/2003)



Foto 45. Novo depósito (março/2004)



Foto 46. Montes de lixo, depositados por caminhão (março/2004)



Foto 47. Detalhe do entulho: plásticos, tijolos, etc (março/2004)



Foto 48. Entulhos carregados após as chuvas (outubro/2004)



Foto 49. Detalhe dos sulcos erosivos que carregaram os entulhos (outubro/2004)



Foto 50. Sulcos erosivos na vertente com a presença de entulhos (outubro/2004)



Fot 51. Entulhos prestes a deslizar (outubro/2004)



Foto 52. Presença de gramíneas e resquícios de entulho (novembro/2004)

Diante do exposto, verificam-se irregularidades referentes à legislação ambiental. Dentre elas, podem-se citar:

- Desflorestamento da vegetação da área de preservação permanente próxima às nascentes e soterramento das mesmas. A Resolução Conama nº 4, de 18/09/1985, estabelece em seu artigo 3º que são reservas ecológicas:

“(…) as florestas e demais formas de vegetação natural situadas nas nascentes permanentes ou temporárias incluindo os olhos d’ água e veredas, seja qual for a sua situação topográfica, com uma faixa mínima de 50 metros a partir de sua margem, de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia de drenagem contribuinte (…)”

O Código Florestal, Lei nº 7.803, de 15 de julho de 1989, também em seu artigo 3º comenta:

“(…) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados ‘olhos d’água’, qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio de 50 metros de largura (…)”

- Erosão dos solos, retirada da mata ciliar e conseqüente assoreamento dos rios. O Código Florestal, Lei nº 7.803, de 15 de julho de 1989, estabelece em seu artigo 2º :

“(…) são áreas de preservação permanente, pelo só efeito dessa lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas: a) ao longo dos rios ou de qualquer outro curso d’água, em faixa marginal cuja largura mínima será de 30 metros para os rios com até 10 metros de largura (...), as florestas e demais formas de vegetação natural destinadas a atenuar a erosão das terras (…)”

- Presença de lixo orgânico e inorgânico em uma área de forte declive, resultando em poluição dos córregos, afetando o abastecimento e comprometendo a vida vegetal e animal. A Resolução Conama nº 1, de 23/01/1986, considera em seu artigo 1º:

“(…) impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente, afetam: I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II – as atividades sociais e econômicas; III – a biota; IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e V – a qualidade dos recursos naturais (..)”

- Conforme o artigo 225, da Constituição da República Federativa do Brasil, 1988:

“(…) todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum ao povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações(…)”

VI. ALGUMAS REFLEXÕES SOBRE A REALIDADE PESQUISADA

De maneira geral, pode-se considerar que a exploração econômica no alto curso do Ribeirão Cachoeirinha é realizada de forma predatória, pois o objetivo primordial é a obtenção de lucros, desconsiderando os impactos sócio-ambientais decorrentes de tal prática.

Nesse caso, a alienação promovida pela supervalorização de um fragmento da realidade redonda em malefícios sociais, pois há uma desconsideração óbvia pela opinião de quem sofre as conseqüências.

O sofrimento da sociedade advém de uma supervalorização das “pseudorealidades” (fragmentos). As dificuldades pessoais e sociais são intensificadas à medida em que se tende a essa supervalorização. Uma primeira tentativa para buscar soluções é pelo menos pensar a respeito das coisas, sem se deixar levar pela excessiva explicação materialista.

“Somente nos momentos de grande refinamento intelectual, quando os homens constroem o seu mundo próprio, de abstrações mentais, e se encastelam nas suas tentativas de explicação racional das coisas, é que as realidades intrínsecas passam a ser negadas... O materialismo é, portanto, uma espécie de flor de estufa, artificial, cultivada em compartimentos de vidro, que isolam a mente da realidade complexa da natureza”. (PIRES, 1964., p. 41)

O homem não pode deixar-se enganar pela realidade aparente ou pseudo-realidade criada pelas idéias, pois são apenas fragmentos do todo. A realidade universal não necessita do pensamento humano, basta por si só, afinal o homem se insere nela como mais um fragmento na sua composição. Considerando-se que toda a cultura humana foi elaborada pelas idéias, pode-se inferir que o homem cria sua realidade particular. O homem concebe, portanto, apenas uma minúscula parcela da realidade, ou seja, um fragmento dela.

A realidade está fragmentada e o seu conhecimento se constrói a partir da reconstrução desses fragmentos, os quais se encontram visualmente materializados, e, ao mesmo tempo, intrínsecos nos elementos e fenômenos da natureza. Quem pensa conceber a verdade integral sobre as coisas, vive enclausurado em seu próprio mundo. O presunçoso julga emanar tanta luz que, por incrível que possa parecer, fica com os olhos ofuscados por essa falsa luz.

“[...] E o que é senão ignorância, de todas a mais reprovável, acreditar saber aquilo que não se sabe?[...]” (Platão)

O homem vê e não entende o que vê. Quando julga compreender o que vê, às vezes pode distanciar-se da verdade. Não quer dizer que não compreenderá a verdade, apenas entrará em um labirinto, cuja saída pode demorar a encontrar. Pode-se viver por um longo tempo em um ambiente sem se dar conta de que ele está interligado a outros.

A realidade, por estar fragmentada, dificulta nosso empreendimento para entendê-la ou abstrai-la, mesmo porque, o homem também é um pequeno fragmento dela. O entendimento dessa situação é o primeiro passo para quem se compromete com a verdade das coisas. Isso leva a pensar que a realidade de um indivíduo não deve, necessariamente, ser a realidade do próximo.

[...] “ o poder de julgar de forma correta e discernir entre o verdadeiro e o falso, que é justamente o que é denominado bom senso ou razão, é igual em todos os homens; e, assim sendo, de que a diversidade de nossas opiniões não se origina do fato de serem alguns mais racionais que outros, mas apenas de dirigirmos nossos pensamentos por caminhos diferentes e não considerarmos as mesmas coisas”. (DESCARTES, 2002, p. 21)

A ciência está dividida em áreas do conhecimento. Cada área (Geografia, História, Matemática etc) é responsável por desvendar a verdade sobre um fragmento da realidade.

“A sistematização dos diversos ramos do saber humano só se verificou com a evolução do conhecimento e da cultura, em profundidade e extensão a ponto de não poder ser dominada por nenhum sábio, excedendo mesmo a potencialidade intelectual de qualquer homem erudito. Foi assim que surgiram as Ciências, que constituem hoje, um conjunto de normas, em que se buscam diretrizes para certas e determinadas ações”. Botelho, 1987 p.22

Quando o pesquisador se envereda por uma determinada área, percebe que o fragmento é composto de outros fragmentos, tendendo ao infinito. Então, o mesmo se especializa numa determinada unidade fragmentada da realidade.

Dessa forma, o pesquisador jamais poderá perder de vista que o fragmento está conectado a outros fragmentos; caso contrário, supervalorizará apenas uma ínfima parcela da realidade, criando, assim, “pseudoverdades”, ou seja, informações parciais sobre a realidade.

“O isolamento e a delimitação dos fatos¹ são, em parte, artificiosos, pois não há fatos isolados, mas um entrosamento de fatos. A unificação, a estabilização e a distinção são operações mentais que usamos para conhecermos o mundo real”. (Santos 1961, p.3)

O cientista deve questionar a todo o momento seu trabalho e duvidar o tempo todo de sua validade. A busca pela verdade tem que ser prioridade e dominar integralmente o raciocínio. O comprometimento com a verdade obriga naturalmente o estudioso a indagar sobre o conhecimento e a realidade.

Numa pesquisa, o máximo que se consegue são aproximações da realidade. Isto, logicamente, se houver um comprometimento com a verdade por parte do pesquisador. Caso contrário, pode-se criar uma situação ilusória, em que a realidade abstrata acaba por ganhar “status” de verdade absoluta.

Esse é um grave problema que ocorre na pesquisa, uma vez que a todo o momento criam-se modelos da realidade que serão reaplicados na tentativa de melhor replanejar o espaço “vivido”. Assim, quanto maior for o afastamento da verdade, maior serão os danos causados a esse espaço.

Quanto antes forem conectados os fragmentos da realidade, maior liberdade de raciocínio se alcançará. Contudo, essa liberdade é cotidianamente dificultada pelas barreiras criadas em nossa mente. Na sociedade, os fragmentos da realidade, sejam eles quais forem, normalmente adquirem “status” de verdade. Porém, há os que predominam sob a tutela do poder e do capital, amparados pelo conhecimento científico.

“[...] a utilização técnica do conhecimento científico, tão importante para as condições de vida da massa do povo foi certamente incentivada pelas considerações econômicas [...]”. (WEBER, 2002, p.31)

“[...]os conhecimentos científicos estão na incapacidade de controlar os poderes subjulgadores ou destrutores saídos do seu saber[...] Começamos a compreender que, sendo totalmente dependente das interações entre os espíritos humanos, o conhecimento escapa-lhes e constitui um poder que se torna estranho e ameaçador. Hoje o edifício do saber contemporâneo eleva-se como uma Torre de Babel, que nos domina mais do que a dominamos.” (MORIN, 1986, p.17)

¹ “...fato, do latin *factum*, que significa feito, coisa ou ação feita, acontecimento...Fato é o que se nos apresenta aqui e agora, num lugar, num momento determinado, quer dizer, condicionado pelas noções de espaço e tempo.”
“ Os fatos atuais constituem a nossa própria existência e o âmbito no qual vivemos...Os fatos transcorridos constituem os elementos da biografia ou da história.”(Santos, 1961 p.3)

“[...] é importante notar o efeito que as idéias têm sobre os grupos sociais. É mais importante, porém observar o que fazem os pesquisadores (e os grupos sociais, em geral) com as idéias. É fundamental que o conhecimento, a ciência enfim, seja apropriada segundo o interesse social, ao contrário do que ocorre comumente, ou seja, a apropriação dos benefícios de um esforço cumulativo e coletivo, como é a pesquisa científica, sendo feita por interesses particularizados [...]”.(SILVA, 2001, p.14 e 15)

Esse domínio conduz a um estado de alienação², pois os fragmentos da realidade são assumidos como verdades absolutas. Dessa forma, a liberdade de raciocínio é anulada, o que resulta em induções e deduções viciosas dentro desses fragmentos.

A busca pela liberdade de raciocínio, na prática, torna o trabalho do pesquisador mais aproximado da realidade, dando a ele uma certa eficiência no que se refere às intervenções em prol da resolução, por exemplo, dos problemas ambientais, que inclui a interação entre os aspectos físicos e humanos. No caso específico do geógrafo, devem-se transpor as barreiras impostas pelas vãs dicotomias físicas versus humanas, ou ainda, homem versus natureza.

O conflito homem versus natureza ocorre porque o homem transcende da natureza e a vê, muitas vezes, como algo desprendido dele.

“[...] O homem não se opõe à natureza como uma potência contrária, mas como parte dela mesma. A oposição não é externa, mas interna. Pelo seu corpo, O homem pertence à ‘res - extensa’ cartesiana, é uma espécie animal. Pelo seu espírito, pertence à ‘res - cogitans’, é uma espécie pensante.” (PIRES, 1964., p.47)

“[...] Partindo do natural, os homens construíram[...]seu mundo próprio artificial.O desenvolvimento da inteligência, cuja característica é o pensamento produtivo[...]levou os homens à abstração mental, e conseqüentemente, o formalismo. O mundo humano é feito de convenções. Sempre que essas convenções contrariam as leis naturais, surge o conflito homem x natureza[...] Mas a finalidade do convencionalismo, e conseqüentemente do formalismo, não é distanciar o homem da natureza, e sim facilitar a sua adaptação a ela. (PIRES, 1964., p.108)

²“ (...)Navarro de Brito (1977, p.344) conceitua alienação como “o processo de fragmentação do conhecimento e, conseqüentemente, a distorção da realidade humana”, enquanto Agnes Heller (1982, p.55) define a alienação como uma “cisão entre a essência do homem e sua existência” (...) “resultado do desenvolvimento das potencialidades do homem em detrimento de sua essência”. “conseqüência da contraposição do homem, de um lado, e da economia, da política, da técnica, da cultura etc., de outro lado, o processo de alienação cria”(...) “um estado de ânimo de vacuidade emotiva, abatimento e de existencialismo carente de perspectivas” ,(...) “segundo G. Tsaregorodtsev (1973).” (Santos, M. ,1982, pp. 36-37).

Muitos geógrafos, atualmente, acreditam numa impossibilidade da integração entre Geografia física e humana, porém, conforme Dresch (1948), tal síntese pode ser difícil para um só pesquisador, mas pode ser realizada por uma equipe.

Também nessa linha de pensamento, Hartshorne (1969) já propunha aos geógrafos uma integração dos fatos físicos e humanos, pedindo para que se deixassem de lado as várias dicotomias existentes dentro da Geografia.

Segundo Monteiro (1981), devem-se adquirir informações do meio físico para atingir uma avaliação econômica e, conseqüentemente, uma razoável prognose.

A divisão entre Geografia humana e Geografia física deveria ser apenas formal, servindo somente para a delimitação de linhas de pesquisa, já que a Geografia perde com essa dicotomia. A visão espacial deveria ser suficiente para integrar os aspectos físicos e humanos, pois o espaço como objeto de estudo inclui o palco-meio físico e o ator-homem.

O geógrafo, às vezes, torna-se um tanto quanto presunçoso e, ao mesmo tempo, temeroso ao tentar explicar um determinado assunto utilizando-se apenas de um ponto de vista. Isso implica em restringir a integralização e a conexão de fatos. O medo e a presunção tornam limitadas as análises verdadeiramente geográficas.

Como então realizar uma análise geográfica de um determinado problema sócio-ambiental, sem considerar os condicionantes físicos e humanos envolvidos?

No caso do alto curso do ribeirão Cachoeirinha, o assoreamento dos rios está diretamente associado à prática de manejo agrícola imposta pelo homem ao meio físico. O desmatamento, a ocupação irregular das áreas ribeirinhas e o uso intensivo das máquinas determinaram o surgimento do problema, pois se a cobertura vegetal da cana-de-açúcar já é insuficiente para impedir o poder erosivo da chuva, pior sem ela, quando a terra está preparada para o plantio, como visto anteriormente.

VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O alto curso do Ribeirão Cachoeirinha representa apenas um pedaço da realidade e, para compreender uma parcela dela, referente ao uso da terra e aos processos erosivos, foi necessário conectar outros fragmentos ali presentes.

Num primeiro momento, esses fragmentos foram divididos em dois grandes conjuntos: um primeiro relacionado aos fatores do meio físico e um segundo referente aos aspectos humanos.

Partindo da conexão de alguns fatores do meio físico (erosividade, erodibilidade e fator topográfico), foi possível obter uma primeira visão geral do potencial natural aos processos erosivos apresentado pela área estudada. E, ao acrescentar o fator antrópico (uso da terra e manejo agrícola), foi possível determinar o risco da ocorrência de erosão nesse local.

Diante disso, vale destacar que os modelos conjugados às tecnologias de sensoriamento remoto e SIG's são instrumentos importantes para as conexões dos fragmentos da realidade, os quais permitem um maior conhecimento da mesma. Dado o resultado final, já se podem levantar questões relevantes, como por exemplo, sobre o uso da terra e os impactos ambientais causados à área de estudo.

Portanto, informações como essas, geralmente expressas por mapas, são portadoras de hipóteses e ao mesmo tempo possibilitam ao pesquisador vislumbrar soluções práticas no que se refere a um planejamento ambiental.

As tecnologias e os modelos são instrumentos valiosos, mas que devem ser dirigidos pelo raciocínio lógico e por um espírito sensível, capacitado a buscar novos fragmentos a partir deles. Afinal, esses fragmentos da realidade, que permeiam as informações registradas, são fios condutores de vital importância para a ampliação do conhecimento da realidade pesquisada.

Um procedimento de fundamental importância para o pesquisador é a realização do trabalho de campo que traz à luz novos fragmentos, como aqueles registrados em fotos. Assim, possibilita uma maior aproximação com a realidade, pois o contato com os fenômenos representados em um mapa nos conduz a uma reflexão em busca da essência. Tal reflexão deve trazer à luz características físicas e metafísicas obscuras visualmente e intelectualmente numa representação congelada da paisagem.

Assim, não só a estrutura física do mapa pode ser melhorada, uma vez que novos elementos poderão ser incorporados a ele, mas, sobretudo, seu valor de compreensão da realidade, pois as reflexões em busca da essência de sua representação darão a ele vivacidade e dinamismo, alterando seu caráter meramente pictórico.

Na Geografia, a análise espacial das informações (ou a espacialização das informações) é de fundamental importância para a compreensão da dinâmica sócio-ambiental, onde há necessidade de se integrarem aspectos físicos e humanos.

Muitos geógrafos se enveredam por discursos evasivos ou pela descrição formal dos problemas pesquisados, ignorando simplesmente a representação cartográfica dos fenômenos, tornando as informações apresentadas no discurso obscuras e subjetivas.

Dessa forma, numa pesquisa dirigida ao planejamento ambiental, o pesquisador deve tanto se preocupar com a espacialização dos fenômenos, como estar ciente de que as convenções criadas pelo homem, que contrariam as leis da natureza são determinadas pela alienação reinante. O pesquisador não pode prender-se em um pedaço fragmentado da realidade, e ele próprio se tornar alienado, como ordinariamente acontece.

Partindo desse raciocínio, o exemplo da aplicação das tecnologias de sensoriamento remoto, SIG's e do modelo EUPS, na bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeirinha, serve apenas como exercício metodológico. Sem dúvida que isso é importante como ensaio, afinal, o pesquisador, tal como um soldado, tem que estar preparado e atento para, quando for solicitado, poder atuar de maneira eficiente, tanto isoladamente como em equipe.

Porém, esse exemplo, bem como outros tantos estudos que são realizados em outras bacias hidrográficas, regiões ou municípios, somente terão validade prática quando estiverem integrados em um plano maior.

XIV. BIBLIOGRAFIA

ALVES, D. S. Sistemas de Informação Geográfica. **Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento**. São Paulo: POLI/USP, pp. 66-78, 1990.

ALBRECHT, D.R. Gerenciamento de recursos hídricos na bacia do rio Rhur. **Semana de Debates sobre Recursos Hídricos e Meio Ambiente**. Consórcio Intermunicipal das bacias dos Rios Piracicaba e Capivari. DAEE, FUNDAP, 1992.

ANDERSON, J. R.; HARDY, E. E.; ROACH, J. T.; WITMER, R. E. **A land use and land cover classification system for use with remote sensor data**. Washington: United States Government Printing Office, 1976.

AQUINO, L. H. M. de **Análise de parâmetros biofísicos para indicação de áreas de risco de erosão através de técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas: o exemplo de uma sub-bacia de contribuição do reservatório de Peti (MG)**. Dissertação de Mestrado, Belo Horizonte, PUCMinas, 2002.

AQUINO, L. H. M. de; PINTO, S. A. F. Caracterização de indicadores de erosão na bacia do rio Santa Bárbara, entorno imediato do reservatório de Peti (MG). Trabalho apresentado no XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Belo Horizonte (MG). **Anais**, São José dos Campos (SP), INPE, abril de 2003. (em CDRom).

ARGENTO, M.S.F. A erosão dos solos tropicais e problemas do controle. **Intercâmbio**, Rio de Janeiro, 1981.

ARONOFF, S. **Geographic Information System: A Management Perspective**. Ottawa Canada: wdl Publications, 1989.

ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. Planaltina: EMBRAPA - CPAC, 1993.

ASSUNÇÃO,G.V.de, FORMAGGIO,A.R.,ALVES,D.G. Mapa de Aptidão Agrícola das Terras e Uso Adequado das Terras. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO,1988, Natal. **Anais...**_Natal: INPE ,vol.1, 1988.

BARROS, W.D. **A erosão no Brasil**. Ministério da Viação e Obras Públicas Serviço de Documentação, 1956.

BARTLETT, F. C. **La Propaganda Política**. Ed. Ridendo Castigat Mores. Versão para eBook. Disponível em: < eBooksBrasil.com >.Fonte Digital: < www.jahr.org. >. Acessado em 2003.

BERGSMA, E. Soil erosion toposequences on aerial photographs. In: **International Society for Photogrammetry Remote Sensing and Photo Interpretation**. Proceedings of a Symposium held in Alberta, Canada, Oct. 1974. Bunff, AB, The Canadian Institute of Surveying, 1974, v. 1, p.314-328.

BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F. **Manual Técnico de Manejo e Conservação de Solo e Água**. Campinas. CATI. 1993.

BERTONI, J. e LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo, Ed. Ícone.1985.

BERTONI, J; PASTANA, F.I.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JR., R. **Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo no Instituto Agrônomo**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1972 (Circular 20).

BIGARELLA, J.J. e MAZUCHOWSKI, J.Z. Visão integrada da problemática da erosão. **3º SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTRÔLE DE EROSÃO**. Maringá, PR. 29 de set. a 4 de out. 1985.

BOCCO, G.; VALENZUELA, C.R. Integration of GIS and image processing in soil erosion studies using ILWIS. **ITC Journal**, 4:309-319, 1988.

BOTELHO, Caio Lóssio. **A Filosofia e o Processo Evolutivo da Geografia**. Fortaleza, C.E., 1987.

BOWKER, D.E.; DAVIS, R.E.; MYRICK, D.L.; STACY, K.; JONES, W.T. **Spectral reflectances of natural targets for use in remote sensing studies**. Hampton (V.I.), NASA Reference Publication 1139, 1985.

BRASIL, CONSTITUIÇÃO. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, D.F. Senado federal, Centro Gráfico, 1988, 48p.

BRASIL. Resolução n.001, de 23 jan. 1986. **Resolução CONAMA**. Brasília, D.F. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 1986, 8p.

BROONER, W.G. An Overview of remote sensing input to Geographic Information Systems. In: **Proceeding of Pecora Symposium**, VII. Symposium held at Sioux Fall, SD, October 18-21, 1981. Falls Church, VA, 1982, p. 318-329

BRYAN, R.B. **The development use and efficiency of indices of soil erodibility**. **Geoderma**, (2):5-26, 1968.

BUTZER, K.W. Accelerated soil erosion: A problem of man land relationships. In: **Association of American Geographers**. Perspectives on environment. Manners and Mikesel, 197, p. 57-59.

CARSON, M.A. **The mechanics of erosion**. London, Pion Limited, 1971.

CASTRO, A.G.de **Técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistemas Geográficos de Informações no Estudo Integrado de Bacias Hidrográficas**. INPE. São José dos Campos, 1992. (Dissertação de Mestrado)

CHAVES, H.M.L. Análise global da sensibilidade dos parâmetros da equação universal de perda de solo modificada (MUSLE). Campinas, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 15:345-350, 1991.

CHAVEZ JR., P.; BOWELL, J.A. Comparison of the spectral information content of Landsat Thematic Mapper and SPOT for three different sites in the Phoenix, Arizona region. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 54(12):1699-1708,1988.

CHORLEY,R.J. **Modelos físicos e de informação em Geografia**. Livros Técnicos e Científicos S.A. e Editora da USP, Rio de Janeiro, 1975.

CHORLEY,R.J. e HAGGETT, P. **Modelos integrados em Geografia**. Livros Técnicos e Científicos S.A. e Editora da USP, Rio de Janeiro, 1974.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. (2 ed), São Paulo, Edgard Blucher Ltda., 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo, Edgard Blucher Ltda., 1981.

CHRISTOFOLLETI, A., TEIXEIRA,A.L.A., MORETTI, E. **Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica**. Rio Claro, Editora Autor,1992.

CIBULA,W.G.; NYQUIST, M.O. Use of Topographic and Climatological Models in a Geographical Data Base to Improve Landsat MSS Classification for Olympic National Park, **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, vol. 53, n. 1, January 1987, pp. 67-75.

CRÓSTA, A.P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. IG/ UNICAMP. Campinas, SP, 1992.

DEBESSE-ARVISET, M.L. **A Escola e a Agressão do Meio Ambiente**. DIFEL, São Paulo, 1974.

DEBORD, Guy. **A Sociedade do espetáculo**. Versão para MSReader por Ciberfil Literatura Digital, jan. de 2001. Disponível em: < www.ciberfil.org >.

DENARDIN, J.E. **Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. Piracicaba (Tese de Doutorado), ESALQ, USP, 1990.

DESCARTES, R. **Discurso do Método: Regras para a Direção do Espírito**. Tradução: Pietro Nasseti. São Paulo: Martin Claret, 2002.

DOBSON, J.E. Commentary: A Conceptual Framework for Integrating Remote Sensing, GIS, and Geography. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, vol. 59, n. 10, October 1993, pp. 1491-1496.

DONZELI, P. et al. **Técnicas de Sensoriamento Remoto aplicadas ao Diagnóstico Básico para o planejamento e Monitoramento de Micro Bacias Hidrográficas**. Campinas, Documentos IAC, 1992, n°29, págs. 91-119.

DRESCH, J. Reflexions sur la Géographie. **La Pensée**, n° 18, mai/jun, 1948, pp.87-94.

EHLER, M.; GREENLEE, P.; STAR J.L. Integration of Remote Sensing and GIS: data and data access. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. 57:669-675, 1991.

ENDENSHINK, J.C.; WEHDE, M.E. Use of remote sensing inputs in geographic information systems for watershed management. In: **Proceedings of Pecora Symposium**, VII. Symposium held at Sioux Fall, SD, October 18-21, 1981. Falls Church, VA, 1982, p.482-493.

EPICURO. **Antologias de Textos**. Versão para MSReader por Ciberfil Literatura Digital. Março de 2001. Disponível em: < www.ciberfil.org >.

ESTES, J.E.; McGUIRE, D.J.; FLETCHER, G.A.; FORESMAN, T.W. Coordinating hazardous waste management activities using geographical information systems. **International Journal of Geographical Information Systems**, 1(4):359-377, 1987.

ESTES, J.E. Remote sensing and GIS integration: research needs, status and trends. **ITC Journal**, pp. 2-10, 1992.

FAO – FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. A framework for land evaluation. **Soils Bulletin n.32**, 1995.

FAUST, N.L.; ANDERSON, W.H.; STAR, J.L. Geographic Information Systems and Remote Sensing Future Computing Environment. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 57:655-668, 1991.

FLORES, M. X. Uso agrícola do solo: principais tipos de solos, potencial de utilização e impactos ambientais. In: QUEIROZ, T. A. **Análise ambiental: estratégias e ações**. Rio Claro, Editora LTDA, 1995. cap.7, p.280.

FOURNIER, F. **Climat et erosion**. Paris, Press Universitaires de France, 1960.

FREIRE, O. Uso agrícola do solo: impactos ambientais. In: QUEIROZ, T. A. **Análise ambiental: estratégias e ações**. Rio Claro, Editora LTDA, 1995.

GARCIA, G.J. **Sensoriamento remoto: Princípios e interpretação de Imagens**. São Paulo: Nobel, 1982.

GOODCHILD, M.F. A spatial analytical perspective on geographical information systems. **International Journal of Geographical Information Systems**, 1 (4):327-334, 1987.

GRAZIANO NETO, F. **Questão Agrária e Ecologia**, São Paulo, Editora Brasiliense, 1982.

HOWARD, J. A. **Remote sensing of forest resources**. London, Chapman & Hall, 1991.

HARTSHORNE, R. **Questões sobre a natureza da geografia**. Rio de Janeiro, IPGH, 1969.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. **Nota Explicativa**, São Paulo, 1981.

KEECH, M.A. Soil erosion survey techniques. **Separata de Proceeding & Transactions of the Rhodesia Scientific Association**,53:13-16,1968.

JORGE, L.A.B. **Estudo de fragmento de florestas naturais na região de Botucatu – SP através de técnicas de geoprocessamento**. IGCE, Unesp, Rio Claro, SP, 2000. (tese de doutorado)

KIRKBY,M.J., MORGAN,R.P.C. **Soil Erosion** , John Wiley & Sons,Ltd. Norwich, Great Britain, 1980.

KURKDJIAN, M.L.N.O. Integração de dados de diferentes sistemas sensores através de técnica de transformação IHS, visando o estudo da estrutura intra-urbana. In:VI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Manaus, INPE, São José dos Campos. **Anais**, p.331-340,1990.

LACOSTE, I. **Geografia: isso serve, em primeiro lugar, para fazer a Guerra**. Tradução: Maria Cecília França. 2ed. Papirus, Campinas, S.P., 1989.

LAFLEN, J.M., LANE, L.J. e FOSTER, G.R. WEPP: A new generation of erosion prediction technology. **Journal of Soil and Conservation**, Jan-Fev., 46(1): 34-38, 1991.

LAL, R. **Soil erosion in the tropics. Principles & management**. McGraw-Hill, Inc. EUA, 1990.

LANGBEIN, W.B.; SCHUMM, S.A. Yield of Sediment in relation to mean annual precipitation. **Transactions, American Geophysical Union**, 39(6) : 1076-1084, Dec., 1958.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para o levantamento utilitário do meio físico e classificação das terras no sistema de capacidade de uso: 4ª aproximação**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983.

LILLESAND, T.M. & KIEFER, R.W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. John Willey & Sons, Inc. USA, 1994.

LIMA, E.R.V. de. **Análise espacial de indicadores da erosão do solo através de técnicas estatísticas e de geoprocessamento com apoio do modelo EUPS**. IGCE, Unesp, Rio Claro, SP, 2000. (tese de doutorado)

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J.E. Erodibilidade dos solos paulistas. Campinas, **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo**, nº 27, set. 1975.

LOMBARDI NETO, F., BELLINAZI JÚNIOR, R., LEPSH, I.F., OLIVEIRA, J.B., BERTOLINI, D., GALETI, P.A., DRUGOWICH, M.I. Terraceamento agrícola. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, **Boletim Técnico 206**. Campinas, 1994.

LOMBARDI NETO, F., PRUSKI, F.F., TEIXEIRA, A de F. **Sistema para o cálculo da erosividade da chuva para o Estado de São Paulo**. Viçosa. 2000 (CD-room).

McGUIRE, D.J.; GOODCHILD, M.F.; RHIND, D.W. (eds.) **Geographical Information Systems**. New York, Longman Scientific & Technical, 1994. (2v.)

MARBLE, D. F.; PEUQUET, D. J. (eds). Geographic Information Systems and Remote Sensing. Chapter 22, vol.1, **Manual of Remote Sensing**. American Society of Photogrammetry (USA), 1983.

MARBLE, D.F. Geographic Information Systems: An Overview. **9th Pecora Symposium on Spatial Information Technologies for Remote Sensing Today and Tomorrow**, Sioux Falls. October, 1984, p.18-24.

MARQUES, J. Q. **Manual brasileiro para levantamento de uso da terra: 3ª aproximação.** Rio de Janeiro, Escritório técnico Brasil-Estados Unidos (ETA), 1971.

MARX, K. **Manuscritos Econômicos Filosóficos.** Tradução: Alex Marins. São Paulo: Martin Claret, 2003.

MASCARENHAS, N.D.A. **Processamento de Imagens de Recursos Naturais e Ambientais: uma visão introdutória,** por Nelson D.A. Mascarenhas e Luciano Vieira Dutra, São José dos Campos, INPE, 1985.

MEDEIROS, J.J. e TOMÁS, D.D. **Introdução aos Sistemas de Informações Geográficas,** INPE, São José dos Campos, SP. 1994 (versão preliminar)

MENDES, W. Relação entre os graus de limitações do uso do solo por susceptibilidade à erosão e às unidades de mapeamento de solo. **Revista Brasileira de Geografia,** Rio de Janeiro, 44(3): 445-476, jul./set. 1982.

MONTEIRO, C.A. A questão ambiental no Brasil –1960-1980. São Paulo: IG-USP, 1981. 133p.

MERTEN, G.H. Uso agrícola do solo no Paraná. Impactos ambientais. In: **Análise Ambiental: estratégias e ações,** UNESP, Rio Claro, SP, T.A. Queiroz, Editor, LTDA, (pp. 297-300), 1995.

MORETTI, L. R. **Avaliação da erosão superficial em pequenas bacias hidrográficas rurais.** São Paulo, 2001. 128p. (Doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo).

MORIN, E. **O Método: O conhecimento do conhecimento / 1.** Publicações Europa-América, São Paulo, 1986.

MORRISON, R.B.; COOLEY, M.E. Application of ERTS-1 multispectral imagery to monitoring the present episode of accelerated erosion in Southern Arizona. In: NASA. Symposium on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1. **Proceedings of Symposium held at New Carralton, M.D., Mar.5-9, 1973, Washington, D.C., 1973, v.1, section A, p.283-290.** (NASA SP 327).

NOVO, E.M.L. **Sensoriamento Remoto. Princípios e Aplicações.** São Paulo, Edgard Blücher. 1992.

OLIVEIRA, A. M. M. **Análise da dinâmica do uso da terra: estudo da bacia hidrográfica do Ribeirão São João (SP).** IGCE, Unesp, Rio Claro, SP, 2000. (Dissertação de Mestrado)

PAES, F. C. **Um estudo exploratório de classificação de áreas urbanas utilizando as imagens de alta resolução do satélite Ikonos II.** Dissertação de Mestrado, Belo Horizonte, PUCMinas, 2002.

PAES, F. C.; PINTO, S. A. F.; DUTRA, L. V. **Um estudo exploratório para obtenção de índices de qualidade de vida urbana (IQV) utilizando imagens de alta resolução do satélite Ikonos II.** (Trabalho aceito para apresentação e publicação no XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Abril de 2003).

PARADELLA, W. R.; VICTORELLO, I.; LIU, C. C.; MATTOS, J. T.; MENESES, P. R.; DUTRA, L. V. Spectral and spatial attribute evaluation of SPOT data in geological mapping of Brazil. In: **CNES, SPOT-1 Image Utilization Assessment, Results.** Paris, nov/1987.CNES, Paris, 1988, p.851-860.

PASCHOAL, A.D. Uso Agrícola do Solo: impactos ambientais, perspectivas e soluções. In: **Análise Ambiental: estratégias e ações,** UNESP, Rio Claro, SP, T.A.Queiroz, Editor,LTDA, 1995. cap.7, p.290.

PAULA JÚNIOR, D.R. de. Impacto ambiental da agroindústria: tecnologias para controle de resíduos.In: **Análise Ambiental: estratégias e ações.** T.A.Queiroz, editor, LTDA. UNESP, Rio Claro, SP, 1995. cap.7, p.248.

PEREIRA NETO, O.C. **Técnicas de Geoprocessamento aplicados ao Estudo da Adequação do Uso do Solo em Bacias Hidrográficas.** INPE. São José dos Campos, 1994. (Dissertação de Mestrado)

PINTO, S.A.F. **Utilização das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para a caracterização de erosão dos solo no SW do Estado de São Paulo.** São José dos Campos, INPE, 1983. (dissertação de mestrado)

_____. **Sensoriamento Remoto e Integração de Dados Aplicados no Estudo da Erosão dos Solos: contribuição metodológica.** São Paulo, Universidade de São Paulo, 1991. (Tese Doutorado).

_____. **Contribuição metodológica para análise de indicadores da erosão do solo utilizando técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e modelo predictivo.** Rio Claro, IGCE/UNESP (Tese de Livre-Docência), 1996.

PINTO, S.A.F. KOHLER, H. C.; LACERDA, C. A. **Modelo predictivo, sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados à caracterização de indicadores da erosão do solo: análise de cenários em uma bacia hidrográfica.** Belo Horizonte, PUCMinas, 2001. (Relatório técnico Fapemig, processo CRA 81.006/97).

PINTO, S.A.F. KOHLER, H. C.; AQUINO, L. H. M. de; PELLEGRIN, L. A.; BORTOLOZZI, A. Caracterização de indicadores da erosão do solo na bacia do rio Pará (MG). Trabalho apresentado no 10º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, Ouro Preto, 25 a 28 de agosto de 2002. Belo Horizonte, **Anais em CD-ROM**, 2002.

PIRES, H. **O espírito e o tempo.** Ed. Pensamento. São Paulo, 1968.

PLATÃO. **Apologia de Sócrates**. Tradução de Maria Lacerda de Souza. Versão para eBook por Ciberfil Literatura Digital, nov. de 2000. Disponível em: < www.ciberfil.org >.

POUQUET, J. **L'Erosion**. Presses Universtaires de France. Paris, 1951.

PRADO, H. **Manual de classificação dos solos do Brasil**. Jaboticabal, Fundunesp, 1996 (3ed.).

PROCHNOW, M.C.R. **Análise Ambiental da Sub bacia do Rio Piracicaba: Subsídios ao seu Planejamento e Manejo**. UNESP, Rio Claro, SP, 1990. (Tese de Doutorado)

QUEIROZ NETO, J.P. Les problemes de l'erosion acelerée dan L'Etat de São Paulo, Bresil. **Separata da Geo-Eco-Trop.**,2:205-220, 1978.

RAO, D.P. Applied geomorphological mapping for erosion surveys: The example of the Oliva Basin, Calabria, **ITC Journal**, (3) : 341-351, 1975.

RAWLING, F.G. Some Considerations for the Use of Remote Sensing in the Study of Residential Dynamics. In: **International Symposium on Remote Sensing of Environment**, 7., Ann Arbor, Institute of Science and Technology, May, 1971. Proceedings, v.2, p. 1537-1552.

RIBEIRO, S. L. **Aplicação de sistema de informação geográfica nacional ao estudo da erosão do solos por meio do modelo EUPS: microbracia hidrográfica do Ribeirão Araquá (SP)**. Dissertação de Mestrado, Rio Claro, IGCE, Unesp, 2000.

SANTOS, M. **O espaço do cidadão**. 2ed. Nobel. São Paulo, 1993.

SANTOS, M.F. **Filosofia e cosmovisão**. Enciclopédia de Ciências filosóficas e sociais. Livraria e Editora Logos LTDA. São Paulo, 1961.

SAHA, S.K. & BARROW, C.J. **River Basin Planning – Theory and Practice**. Chichester: John Willey & Sons, 1981.

SEEVERS, P.M.; DREW, J.V.; CARLSON, M.P. Estimating vegetative biomass from Landsat-1. In: NASA Earth Resources Survey. **Proceeding of a Symposium held at Houston**, 1975. Washington, DC, 1975,v.12-A,p.1-8. (NASA TMX-58168).

SÉRIES DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO.**DAEE**, São Paulo, 1994(Listagem)

SEUBERT, C.E.; BAUMGARDNER, M.F.; WEISMILLER, R.A.; KIRSCHNER, F.R. Mapping and estimating areal extend of severely eroded soils of selected sites in North Indiana.. In: **Machine Processing of Remotely Sensed Data**, Purdue, IN, 1979. Proceedings. West Lafayette, In, Purdue University, LARS , 1979,p.234-238.

SHARPLEY, A.N. & WILLIAMS, J.R. ed. EPIC – Erosion/Productivity Impact Calculator. Springfield: U.S. Departament of Agriculture. **Technical Bulletin**, n.1768, 1990. p.23.

SILVA, J.X. **Geoprocessamento para análise ambiental**. Edição do autor. Rio de Janeiro, 2001.

SINGH, V.P.; FIORENTINO, M. **Geographical information systems in hidrology**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 1996.

SIVERTUN, A.; REINELF, L. E.; COSTENSSON, R. A GIS method to aid in non-point source critical area analysis. **International Journal of Geographical Information Systems**, 2(4):365-378,1988.

SPAVOREK, G.; LEPSCH, I. F. Diagnóstico de uso e aptidão das terras agrícolas de Piracicaba. In: QUEIROZ, T. A. **Análise ambiental: estratégias e ações**. Rio Claro, Editora LTDA, 1995.

STAR, J.; ESTES, J. **Geographical information systems: na introduction**. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, USA, 1990.

STEIN, D.P., DONZELLI, P.L., GIMENEZ, A.F., PONÇANO, W.L., LOMBARDI NETO, F. Potencial de erosão laminar, natural e antrópico, na bacia do Peixe-Paranapanema. IV Simpósio Nacional de Controle da Erosão da A.B.C., **Anais...** Marília, 1987, pp 105-135.

STEPHENS, R.R.; CIHLAR, J. The potential of remote sensing to monitor soil erosion on cropland. In: **International Symposium on Remote Sensing of Environment**, 15., Ann Arbor, MI, 1981. Proceedings. Ann Arbor, MI, ERIM, 1981,p.1-11.

STOCKING, M.A. Relief analysis and soil erosion in Rhodesia using multivariate techniques. **Zeitschrift fur Geomorphologie**, 16 (4) : 432-443, 1972.

STOCKING, M.A.; ELWELL, H.A. Rainfall erosivity over Rhodesia. **Transactions, Institute of British Geographers**, 1(2):231-245, 1976.

STONER, E.R.; BAUMGARDNER, M.F.; BIEHL, L.L.; ROBINSON, B.F. **Atlas of soil reflectance properties**. West Lafayette (IN), Purdue University, LARS, Research Bulletin 962, 1980.

STRAHLER, A.N. Quantitative slope analysis. **Bulletin of the Geological Society of America**, 67:571-596, 1956.

SUDO, H. et al. O Processo Erosivo na Bacia de Santo Anastácio. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 3, **Anais...**_Londrina: UEL-NEMA, 1991.

TAVARES, A.C. **A Erosão dos Solos no Contexto da Análise Ambiental: o exemplo do alto curso do Rio São José dos Dourados**, São Paulo Universidade de São Paulo, 1986. (Tese de Doutorado).

THOMAS, A.W.; WELCH, R.; JORDAN, T.R. Photogrammetric data-bases for improved modeling of soil erosion from agricultural lands. In: **Proceedings of Geographic Information Systems Workshop**, Atlanta, Georgia, 1986, ASPRS, Falls Church, Vol.I, 1986, p. 394-395.

THOMAS , R.W. & HUGGETT, R.J. **Modelling in Geography: A mathematical Approach**. Harper & Row, Publishers. London, 1980.

TOMLINSON, R. F. Current and potential uses of geographical information systems- the North American experience. **International Journal of Geographical Information Systems** 1(3): 203-218,1987.

TOY, T. J. **Introduction to the erosion process**. In: **Erosion: research techniques, erodibility and sediment delivery**. Norwich, England, Geo Abstracts, 1977, p.7-18.

TRICART, J.; CAILLEUX, A. **Introduction à la Géomorphologie Climatique**. Paris, Société d'Editions d'Enseignement Superieur., 1956.

TRICART, J. As relações entre a morfogênese e a pedogênese. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, 8(15) : 5-18, jun.,1968.

U.S.D.A. Soil Conservation Service. **Guide for soil conservation surveys**. Washington, 1948.

VALÉRIO FILHO, M. Gerenciamento de Bacias Hidrográficas com Aplicação de Técnicas de Geoprocessamento. In: **Análise Ambiental: estratégias e ações**, UNESP, Rio Claro, SP, T.A.Queiroz, Editor,LTDA, 1995. cap.3, p.135.

VENEZIANI JUNIOR, J.C.T. **Avaliação de índices de vegetação para estimativa da proteção do solo em bacias hidrográficas**. IGCE, Unesp, Rio Claro, SP, 2004. (Dissertação de Mestrado).

VENTURA, et al. **A land information system for soil erosion control planning**. **Journal of Soil and Water Conservation**, 43(3): 230-233. 1988.

WALLING, D.E.; WEBB, B.W. Spatial variation of river water quality: a survey of the River Exe. **Transactions**, n.65, 1975, pp.155-170.

WEBER, M. **A Ética Protestante e o Espírito do Capitalismo**. Tradução: Pietro Nasseti. São Paulo: Martin Claret, 2003.

WILLIAMS, J.R..Sediment yield prediction with universal equation using runoff energy factor.pp.244-252. In: **USDA**, ARS-S-40. 1975.

WILLIAMS, J.R. & RENARD, K.G. Assessments of Soil Erosion and Crop Productivity with Process Models (EPIC). In: **Soil Erosion and Crop Productivity**. American Society of Agronomy, Publishers Madison, Wisconsin,USA, 1985. pp.67-103.

WILSON, C.L.; THOMSON, F.J. Integration and manipulation of remote sensing and other data in GIS. In: **Proceedings of Pecora Symposium**, VIII, Symposium held at Sioux Fall, SD, October 18-21, 1981. Falls Church, VA, 1982, p.303-317.

WISCHMEIER, W.H. e SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning**. Agriculture Handbook, n. 537, U.S. Department of Agriculture, Washington, 1978.

WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B.; CROSS, B.V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. **Journal of Soil Conservation**. Vol.26:189-193, 1971.