UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

ADEQUAÇÃO E DINÂMICA DO USO AGRÍCOLA DAS TERRAS NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO ÁGUA LIMPA: Araçatuba, SP

Parecer

Este exemplar corresponde a redação final da dissertação de Mestrado defendida por Carlos Roberto do Espírito Santo e aprovada pela Comissão Julgadora em 22 de novembro de 1996.
Campinas, 20 de dezembro de 1996

Presidente da Banca

Dissertação apresentada a Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do Título de Mestre sob a orientação do Prof. Dr. Archimedes Perez Filho.

Campinas, outubro de 1996.

93/4135

UNIDADE BC
N.º CHAMADA:
T/Unicamp
Sa 59a
V Ex.
TOMBO BC/ 31909
PROC. 281/97
C D ✓
PREÇO R$ 11,00
DATA 21/10/97
Nº CPD

CM-00102550-1

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

Sa59a

Santo, Carlos Roberto do Espírito
Adequação e dinâmica do uso agrícola das terras na microbacia hidrográfica do córrego Água Limpa: Araçatuba, SP / Carlos Roberto do Espírito Santo.--Campinas, SP: [s.n.], 1996.

Orientador: Archimedes Perez Filho.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Sistemas de informações geográficas. 2. Bacias hidrográficas. 3. Solo adequado para agricultura. 4. Solo rural - Uso - Planejamento. 5. Solos - Conservação. I. Perez Filho, Archimedes. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Pela ajuda e colaboração oferecidas no desenvolvimento do presente trabalho, agradeço aos técnicos de apoio à pesquisa da seção de Fotointerpretação do IAC, em especial ao Alfredo Armando Carlstron Filho, Maria Rachel Ludovico de Paula, Girlene Francisco de Souza e Nícia Marcondes Zingra.

Aos Pesquisadores Científicos: Hélio do Prado, Francisco Lombardi Neto e Marcio de Morrison Valeriano, das seções de Pedologia e Fotointerpretação do IAC.

Ao Pesquisador Científico Pedro Luiz Donzeli, Chefe da Seção de Fotointerpretação do IAC, amigo e incentivador a quem devo muito do conhecimento adquirido no desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Archimedes Perez Filho da FEAGRI-UNICAMP, pelas sugestões na condução da pesquisa.

À médica veterinária Zélia Marília Barbosa Lima, pelas sugestões na redação e digitação do trabalho.

DEDICATÓRIA

A Annalúcia, Daniel e Anna Luara.

SUMÁRIO

PÁGINA DE ROSTO i

AGRADECIMENTOS ii

DEDICATÓRIA iii

SUMÁRIO iv

LISTA DE FIGURAS viii

RESUMO x

SUMMARY xii

1. INTRODUÇÃO 1

2. OBJETIVO 5

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 6

4. MATERIAL E MÉTODOS 13

4.1 Caracterização da Área 14

4.1.1 Localização Geográfica 14

4.1.2 Aspectos Sociais 16

4.1.3 Associativismo 16

4.1.4 Aspectos Ambientais 18

4.2. Características do Meio Físico 21

4.2.1 Mapa Base 21

4.2.2 As Classes de Declividade 23

4.2.3 A Carta de Solos 24

4.2.4 Uso da Terra 30

4.2.4.1 Uso da Terra - 1971 30

4.2.4.2 Uso das Terras - 1994 31

4.2.4.3 A Imagem do satélite 31

4.3. O Uso do Sistema de Informações Geográficas - SIG 34

4.3.1 Porque utilizar o SIG 34

4.3.2 O uso do SIG do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais 35

4.3.2.1 O Sistema Interativo de Tratamento de Imagens -SITIM/SGI 35

4.4. Introdução de Dados 36

4.4.1 Os Planos de Informação 37

4.4.2 Geração de Informações 38

4.5. As Classes de Capacidade de Uso das Terras 39

4.6. O Uso Adequado das Terras 41

4.6.1 Adequação das Terras - I 44

4.6.2 Adequação das Terras II 46

5. RESULTADOS 47

5.1. Solos 47

5.2. Classes de Declividade 49

5.3. O Uso da Terra 51

5.4. Uso da Terra referente ao ano de 1994 52

5.5. As classes de capacidade de uso das terras 55

5.6. O uso adequado das terras 57

5.7. Adequação do uso das terras - 1994 61

5.8. Análise Geral da adequação do uso das terras 65

5.9. O Uso da Terra comparativo 1971 x 1994 67

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 68

6.1. Uso da Terra 68

6.1.1 As explorações mais importantes em relação ao uso 94 e sua relação com o processo erosivo 68

6.1.2 Vegetação 72

6.1.3. O uso 1971 x uso 1994 73

6.2. Classes de Declividade 74

6.3. O Solo 76

6.4. Capacidade de Uso das Terras 78

6.5. Adequação do uso das Terras 80

7. CONCLUSÕES 83

7.1. O estudo do meio físico em Microbacias Hidrográficas para o planejamento do uso da terra 83

7.2. O uso do Sistema de Informações Geográficas 84

7.3. A Utilização da Terra na bacia hidrográfica 85

8. ANEXOS 87

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 88

LISTA DE FIGURAS

figura 1 - Localização geográfica da microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa. 15

figura 2 - Padrões de drenagem..... 20

figura 3 - Carta plani-altimétrica..... 22

figura 4 - Pontos de amostragem de solo..... 25

figura 5 - Regiões geomorfológicas do Estado de São Paulo (IPT, 1981)..... 26

figura 6 - Toposseqüência da microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa. . 29

figura 7 - Imagem de satélite..... 33

figura 8 - Carta de solos..... 48

figura 9 - Carta de declividade..... 50

figura 10 - Carta de uso da terra - 1971 53

figura 11 - Carta de uso da terra - 1994..... 54

figura 12 - Carta de capacidade de uso da terra..... 56

figura 13 - Carta de adequação do uso da terra, 1971, (café e culturas anuais).. 58

figura 14 - Carta de adequação do uso da terra, 1971, (pastagens) 60

figura 15 - Adequação do uso da terra, 1994, (culturas perenes e anuais)..... 63

figura 16 - Adequação do uso da terra, 1994, (pastagens)..... 64

figura 17 - Esquema de adequação do uso da terra. 66

RESUMO

A necessidade crescente do uso intensivo do solo, na busca de melhor produtividade agrícola, fez com que a utilização de máquinas e insumos químicos se tornasse uma necessidade para o produtor rural. Nesse modelo de produção agrícola não coube espaço para a preservação dos recursos naturais e nesse contexto, aumenta a preocupação em toda a sociedade com a degradação ambiental. Esse trabalho visa colaborar com os estudos da preservação dos recursos naturais e da produção rural, partindo do pressuposto que o uso adequado à capacidade de uso das terras é ponto básico na conservação do solo e da água. Utiliza-se como unidade de estudo uma microbacia hidrográfica, denominada água limpa no município de Araçatuba - SP. Trabalhou-se com o Sistema de Informações Geográficas, no Laboratório de Geoprocessamento e Fotointerpretação do Instituto Agronômico de Campinas, com finalidade de manipular os dados ou acidentes geográficos necessários ao estudo. Os dados da microbacia introduzidos e manipulados no SIG foram: dados geográficos básicos (localização, etc.) da microbacia hidrográfica, classes de declive, solos e

uso da terra em dois momentos (1971 e 1994), que resultaram, depois de cruzamentos no ambiente SIG, no mapa das classes de capacidade de uso, e nas taxas de adequação dos usos das terras que possibilitaram, por conseguinte, elaborar recomendações e localizar os pontos de maior risco de erosão.

LAND USE EVALUATIONS FOR THE "AGUA LIMPA'CREEK WATERSHED, ARAÇATUBA-SP

Author: CARLOS ROBERTO ESPÍRITO SANTO

Adviser: Prof. Dr. ARCHIMEDES PEREZ

SUMMARY

The intensive use of land to obtain the increase of crop yields were done by means of increase of machinaries and chemical fertilizer by the farmers, but allowed the degradation of the natural resources. In this context, the world society is worried with the environment degradation. The purpose of this work was to study the preservation of the natural resources and soil productivity maintenance by using the land suitability to established use and management levels. The study was carried out at the "Agua Limpa" creek watershed, in Araçatuba, S. Paulo State. It was used the geographic information system (GIS) of the Instituto Agronomico Campinas. The data evaluate for the watershed were: geographic data basics, slope classes, soils and land uses for two periods, 1971 and 1994. Land suitability was established by crossing these maps. The difference of land use during the two periods and the land use capability were established as well as soil management recommendations.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira viveu nas últimas décadas uma verdadeira revolução em relação aos métodos de trabalho e resultados alcançados. Estabeleceram-se padrões visando o aumento da produção e da produtividade a fim de que pudéssemos alcançar índices semelhantes aos dos países mais desenvolvidos. Para isso, lançou-se no setor agrícola, nas décadas de 60 e 70, incentivos e créditos visando a absorção pelo conjunto de agricultores, dos insumos e máquinas que proporcionassem tais objetivos. Os níveis de produtividade de algumas culturas, principalmente na região centro-sul tiveram um grande incremento, atingindo padrões internacionais.

No entanto, tal desenvolvimento, lastreado no uso intenso de insumos e máquinas agrícolas, trouxe enormes problemas ambientais, sendo o maior deles sem dúvida, a erosão hídrica. A erosão das terras cultivadas avançou proporcionalmente ao aumento do desmatamento e a utilização das técnicas de produção, sendo que, atualmente estima-se que 80% da área cultivada do Estado

de São Paulo esteja sofrendo processo erosivo além dos limites de tolerância, causando perdas de até 200 milhões de toneladas de terra por ano.

Desse montante, estima-se que, uma parcela de aproximadamente 25% alcancem os mananciais, causando assoreamento e poluição (Bellinazzi et alli, 1981).

Fatores naturais como a erosividade das chuvas, a erodibilidade dos solos e a topografia do terreno são condicionantes importantes desse problema, devendo ser melhor estudados. Mas fundamentalmente, o uso e o manejo dos solos, feitos pelo homem, freqüentemente estão inadequados à sua exploração, e necessitam de estudos e levantamentos para sua readequação a padrões que compatibilizem a atividade produtiva com a recuperação e conservação dos recursos naturais.

Esse trabalho busca mostrar técnicas que auxiliem no planejamento do uso da terra e, com isso, colaborarem para amenizar o problema do uso inadequado do solo e da erosão hídrica. Inicialmente buscou-se selecionar uma área que refletisse uma realidade das áreas de agricultura tradicional do Estado de São Paulo, que tivesse envolvimento com ações governamentais voltadas à conservação do solo e que fosse representativa da realidade social, fundiária e econômica. Assim, escolheu-se uma microbacia hidrográfica localizada no Município de Araçatuba, na região Oeste do Estado. A microbacia, denominada Córrego Água Limpa, tem cerca de 3.260 ha, onde predominam solos de

horizonte B textural (acúmulo de argila no horizonte B), tendo como material de origem principal o Arenito Bauru.

A escolha de uma microbacia com essas dimensões justifica-se pelo fato de ser considerada uma unidade geográfica ideal para planejamento integrado dos recursos naturais. Nessa área foram levantados dados do meio físico como as classes de declividade, o uso atual, e a carta de solos, elaborada a partir de 285 amostras ao nível de semidetalhe.

A partir desse ponto, passou-se a utilizar o Sistema de Informações Geográficas, a fim de arquivar, integrar, relacionar e confeccionar mapas específicos. Com os planos de informações criados englobando todos os dados físicos já mencionados, foram estabelecidas as correlações, visando a obtenção num primeiro momento do mapa de capacidade de uso das terras. Nessa classificação técnica utilizou-se os critérios do Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso (Lepsch, 1991) . Em seqüência obteve-se o mapeamento das áreas onde há incompatibilidade entre a capacidade e o uso das terras, resultando num maior risco de erosão. Com os dados de solo e de sua capacidade em suportar as culturas e explorações, pode-se indicar usos adequados e práticas conservacionistas que objetivem a máxima cobertura do solo diminuindo consequentemente o risco de erosão. Isso significa, compatibilizar o uso e a exploração com a conservação dos recursos naturais.

O Sistema de Informações Geográficas, é utilizado com o objetivo de viabilizar os trabalhos em cartografia aplicados ao planejamento do uso da terra e ao melhoramento da atividade agrícola, tornando-os mais rápidos e eficientes. Esse trabalho pretende colaborar com as pesquisas sobre planejamento do uso da terra, principalmente em regiões do país, onde a agricultura avançou e o homem explora o solo sem observar os limites dos recursos naturais, correndo o risco de degradá-los a ponto de inviabilizar sua própria sobrevivência.

2. OBJETIVO

O trabalho visa, diagnosticar os problemas de uso inadequado das terras na microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa, Município de Araçatuba, SP, utilizando-se o Sistema de Informações Geográficas, a fim de propor um plano de uso da terra que mais se adeque às condições naturais da área. Para tanto, alguns critérios foram estabelecidos, como a escolha da área, sua posição no Estado e o fato de ser uma microbacia hidrográfica que participa de um grande projeto conservacionista. O levantamento e classificação do solo, o levantamento do uso das terras e das classes de declividade foram metas básicas para o desenvolvimento do trabalho, todos em escala compatível com o objetivo proposto. O uso do Sistema de Informações Geográficas foi uma das técnicas utilizadas, melhorando a qualidade e a rapidez com que obtivemos os resultados.

Esse trabalho, também procura tornar a prática do planejamento do uso da terra mais acessível a técnicos e produtores, através de métodos e estudos que possam servir como referência.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O processo erosivo avançou nas últimas décadas no Estado de São Paulo, em detrimento do incremento do uso de práticas conservacionistas, fundamentalmente pelo uso inadequado das terras. SHAXSON (1988) observa nesse sentido, que medidas físicas de conservação, só são efetivas contra os efeitos do escoamento superficial e não causam nenhum efeito tanto sobre o grau de cobertura do solo, como sobre as condições estruturais do mesmo. Não se respeitando a capacidade do solo em suportar as explorações, as práticas de conservação acabam não cumprindo seu papel devidamente. Estima-se que no Estado de São Paulo, 80% da área cultivada sofra processo erosivo acima da tolerância, CATI (1993). BERTONI & LOMBARDI NETO (1990) estudaram o efeito do uso do solo sobre as perdas por erosão e os dados demonstraram que em relação a mata natural a cultura do algodão tem uma perda de solo cerca de seis mil vezes maior. Esse mesmo estudo mostra diferenças significativas entre cultura permanente, cultura anual e pastagens, comprovando que o uso da terra é fator determinante para o controle do processo erosivo.

É correto, no entanto, afirmar que o uso da terra faz parte de um conjunto de fatores que contribuem para o processo erosivo, e, consequentemente para as perdas de solo. Vários trabalhos relacionam esses fatores no intuito de se conhecer quanto de solo perde-se em determinadas condições.

WISCHMEIER & SMITH (1978) revisaram e atualizaram as variáveis da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) expressa pela equação A = RKLSCP, onde A= perda de solo, R= erosividade da chuva, K= erodibilidade do solo, LSPC são fatores externos que condicionam a erodibilidade do solo.

BERTINI & LOMBARDI NETO (1990) utilizam os fatores que integram a equação universal de perdas de solo par as condições do Estado de São Paulo e concluem recomendando seu uso como guia para o planejamento do uso do solo.

STOCKING (1995) elaborou um modelo para estimar perdas de solo no Zimbawe, onde prioriza a adaptação dos fatores às condições sócio-econômicas e climáticas das regiões tropicais. O autor recomenda a utilização mo Brasil, como um modelo alternativo à equação universal de perda de solo, utilizando para isso, métodos para estimar as variáveis, compatíveis com a realidade sócio-econômica e o nível de desenvolvimento do país.

Esse trabalho não visou especificamente a determinação das perdas de solo de uma área, mas sim, um método para classificar a terra segundo sua capacidade de uso, utilizando técnicas computacionais. Conforme LEPSCH et al (1991), esta é uma ferramenta poderosa utilizada no planejamento do uso da

terra, na medida em que apresenta os dados de forma prática facilmente aplicável para o planejador. Esses mesmos autores adaptaram trabalho desenvolvido nos Estados Unidos da América por KLINGEBIEL & MONTGOMERY (1961), e, elaboraram um manual para classificar as terras segundo sua capacidade de uso. Por esse método os solos são classificados em classes de I a VIII conforme levantamento do meio físico efetuado, e, cada classe é acompanhada de suas respectivas limitações. RAMALHO & FILHO et al (1978) elaboraram nova versão do trabalho inicial proposto por BENNEMA et al (1964) que originou o sistema FAO/Brasileiro de Aptidão Agrícola das Terras. Neste sistema as terras são classificadas em quatro classes de aptidão (boa, regular, restrita e inapta) segundo tipos de manejo e uso da terra. Essas classificações são chamadas técnico-interpretativas e distinguem-se das classificações chamadas taxonômicas, pois nestas os solos apresentam uma grande quantidade de características e propriedades comuns e naquelas a classificação leva em conta interesses práticos e específicos LEPSCH et al (1991).

Muitos estudos de classificação interpretativa da terra foram elaborados derivando ou adequando esses primeiros trabalhos, no entanto, atualmente no Brasil, esses dois sistemas são os mais citados e utilizados nas classificações interpretativas. Assim, são aparentemente simples em sua concepção mas, no entanto, exigem um grande número de dados ambientais e complexas tarefas de manipulação das informações, a fim de se chegar a conclusões claras e precisas. Conforme ASSAD & SANO (1993) citando BRASIL

(1987), os trabalhos em planejamento do uso da terra e de classificação segundo a capacidade de uso, realizam-se cada vez mais em áreas padrão, denominadas microbacias hidrográficas, área essa, entendida como sendo drenada por um curso de água ou por um sistema de cursos de água conectados e que convergem direta ou indiretamente para um leito ou espelho de água, constituindo uma unidade ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais no meio ambiente por ela definido.

ROCHA (1989) demonstra em seu estudo que há maior eficiência em trabalhos de recuperação do meio ambiente rural quando esse trabalho ocorre em sub-bacias ou microbacias hidrográficas.

Os estudos de conservação do solo em bacias ou microbacias hidrográficas é relativamente recente no Brasil, CASTRO & BISCAIA (1981) discorrem sobre uma maneira mais real de se avaliar as causas e efeitos da erosão, estimando-se inclusive seus efeitos econômicos, ao nível de bacias hidrográficas, como sendo algo recente e importante. Há no entanto, estudos mais antigos no Brasil, como o da Barragem Monjolinho, realizado por BARRETO et al (1962) sobre a erosão na bacia hidrográfica que forma essa barragem, descrevendo a bacia em seus aspectos físicos e analisando-se os dados sobre assoreamento na área a montante do aterro. O trabalho salienta ainda a importância de, já naquela época, elaborarem-se estudos em bacias hidrográficas.

CHRISTOFOLETTI (1974) discorre sobre conceitos mais detalhados a respeito de bacias hidrográficas, classificando-as em tipos de padrões de drenagem, hierarquia fluvial e outros conceitos sobre rede hidrográfica. O conceito de bacia ou microbacia hidrográfica passa diretamente pela discussão sobre o tamanho dessas redes fluviais. Assim, há trabalhos como o de COGO (1990) que analisa estudos sobre manejo de solos e controle de erosão em microbacias hidrográficas e faz uma análise sobre suas dimensões, BERTONI & LOMBARDI NETO (1990) descrevem a microbacia hidrográfica como uma unidade espacial mínima para a aplicação de um plano de manejo de solo e água definindo uma dimensão variável de 1000 a 5000 hectares para essa unidade.

ROCHA (1989) define que uma microbacia hidrográfica tem as mesmas características fisiográficas de uma bacia hidrográfica, apenas diferindo desta por ter dimensão não superior a 10000 hectares.

FIGUEIREDO (1988) ao analisar a experiência de trabalhos de manejo de solos agrícolas tendo por base o planejamento integrado do espaço físico - microbacia hidrográfica - cujo programa nacional foi criado pelo governo federal em 1987, enfatiza que, pela primeira vez há uma preocupação em se incorporar às práticas de uso e manejo de solo a integração do homem com os recursos naturais.

Manejar corretamente os solos em microbacias hidrográficas, sem dúvida, foi um avanço em termos metodológicos em planejamento integrado do uso da terra. Uma ferramenta incorporada recentemente nos estudos de

planejamento agrícola e monitoramento de recursos naturais foi o denominado Sistemas de Informações Geográficas. VAN LANEN et al (1992) analisa através de um SIG os métodos de avaliação do uso da terra, taxa de crescimento e desenvolvimento das culturas, em estudo realizado para a comunidade européia.

FORMAGGIO et al (1992) aplica o sistema elaborado no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais na determinação da aptidão agrícola de uma área de 400 km^2 na região de Leme-SP, utilizando imagens de satélite. A conceituação simples de sistemas de informações geográficas é apresentada por ALVES et al (198_) numa apostila do curso sobre SIG do INPE, da seguinte maneira: sistemas de informações geográficas são bancos de dados próprios para informações codificadas espacialmente. Nessa mesma apostila são enfocadas informações básicas introdutivas ao sistema de informações geográficas. Também sobre conceituação ANTENUCCI et al (1991) define SIG como um sistema computacional que armazena e une os atributos e dados geograficamente referenciados com mapas gráficos permitindo ampliar uma série de informações processadas e mostrar operações como produção, análise e modelagem de mapas.

O uso de imagem de satélite em trabalhos de aptidão agrícola também foi desenvolvido por PINTO et al (1989) onde utilizou imagens TM\LANDSAT para mapear o uso da terra na região de Conchal SP e compará-los com mapas existentes de aptidão agrícola. O sistema de informações geográficas é muito utilizado em áreas como o planejamento agrícola e monitoramento dos recursos

naturais em vários países do mundo, como cita RIPPEL (1989) num trabalho para a Sociedade Americana de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, onde descreve o uso do SIG como fundamental para o monitoramento do meio ambiente e do uso da terra nos Estados Unidos e Canadá, onde inclusive agências específicas como a Canada Geographic Information System (CGIS) foram criadas. Vários exemplos de utilização do SIG em áreas de microbacias hidrográficas podem ser citados, como o trabalho de ASSAD & SANO (1993) na microbacia do Córrego Taquara a nordeste do Distrito Federal onde foram abordados estudos de estruturação de dados geoambientais no contexto da microbacia em questão, onde foram manipulados dados como: solos declividade e uso da terra. Neste mesmo trabalho há outras informações e aplicações do sistema de informações geográficas especialmente voltadas para a agricultura.

Um sistema de planejamento do uso da terra utilizando SIG é proposto no estudo realizado por SHARIFI & VAN KEULEN (1993), onde modelam uma estrutura para planejar o uso do solo, com vários dados sendo incorporados visando obter uma simulação de produtividade e adaptação da cultura, tornando mais segura a tomada de decisão para planejadores e empresários rurais.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Trabalhou-se a microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa, inicialmente com levantamento de dados cadastrais sócio-econômicos, como: o número de produtores, localização geográfica, dimensão da bacia, associativismo, principais explorações e o uso de máquinas. Nesse levantamento, além do trabalho de campo, obteve-se dados e apoio da Casa da Agricultura e da Associação dos Pequenos Produtores Rurais da microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa.

O levantamento do meio físico foi necessário, assim como a topografia e a classificação de solos, afim de obtermos as classes de capacidade de uso utilizando o modelo descrito por LEPSCH et al (1991). Para obtenção do uso da terra utilizamos fotos aéreas (1971) e imagem de satélite (1994) onde se pode comparar as transformações ocorridas nesses 23 anos em termos de exploração e usos na microbacia. Após a elaboração desses mapas, houve a introdução dos dados no Sistema de Informações Geográficas e a posterior manipulação,

obtendo-se o que denominou-se taxa de adequação das terras e a comparação dos dados de exploração entre 1971 e 1994.

4.1 Caracterização da Área

4.1.1 Localização Geográfica

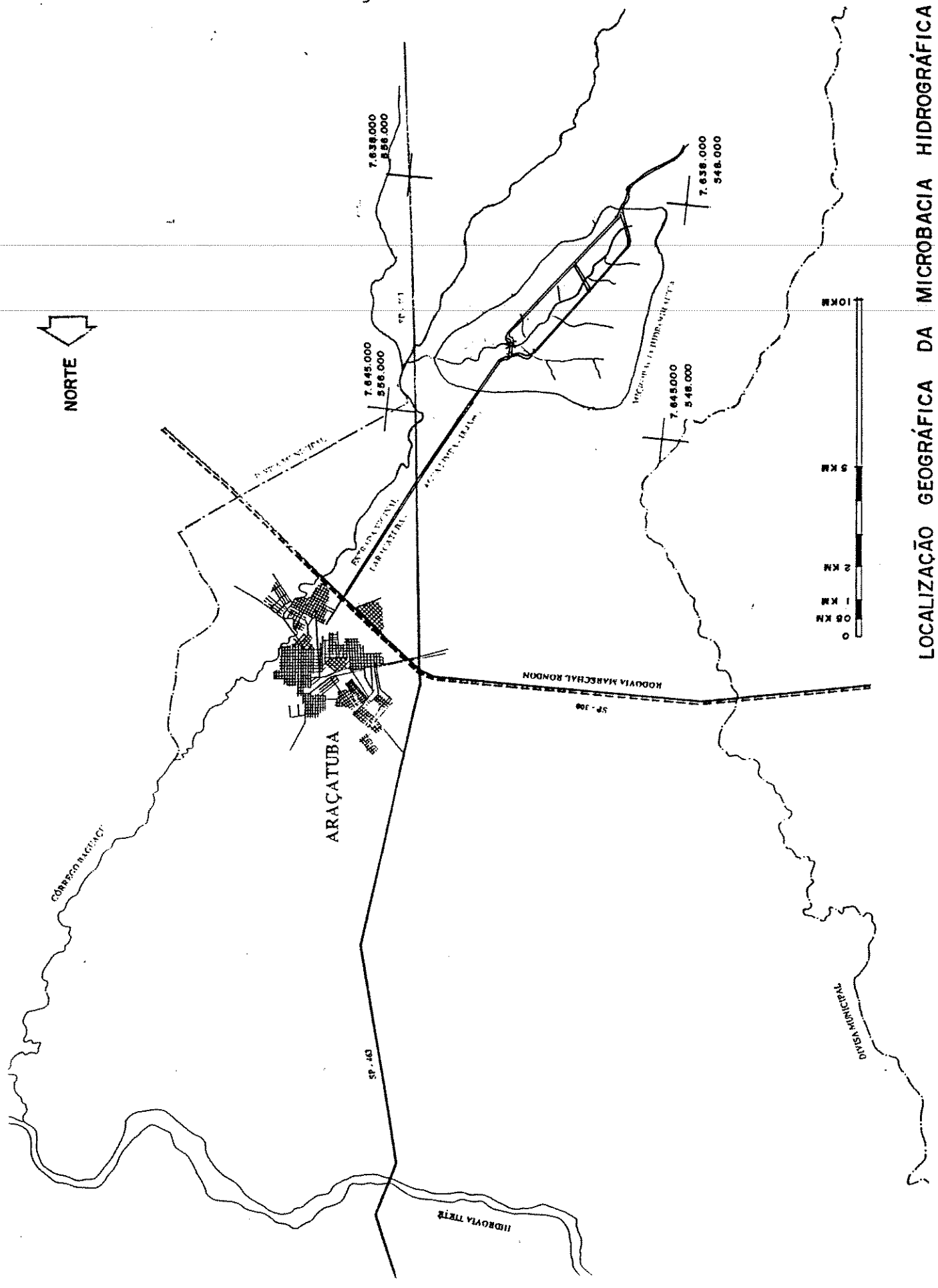
Conforme mostra a figura 1, a microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa, tem aproximadamente 3.260 ha, e é composta por pequenas propriedades agrícolas, localizadas em faixas estreitas, perpendicularmente ao curso de água principal. As construções e sedes de propriedades estendem-se pelas margens do Córrego e da estrada Municipal Araçatuba-Água Limpa, numa distância de aproximadamente 18 km ao sul do Município de Araçatuba. O córrego Água Limpa faz parte da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Baguaçu, principal manancial e responsável pelo abastecimento de água de grande parte da cidade, além de afluente de primeira ordem do Rio Tietê. Utilizou-se no georeferenciamento as coordenadas planas UTM, que obtivemos através do mapa do IGGSP, com os seguintes pontos básicos de referência para delimitação da área de trabalho da microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa:

Meridiano Central - 51 ° wg

$x_1 = 548000$ $y_1 = 7638000$
$x_2 = 556000$ $y_2 = 7645000$

DATUN Córrego Alegre

Fig. 1



LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA

4.1.2 Aspectos Sociais

O bairro, conjunto de propriedades da microbacia Córrego Água Limpa, caracteriza-se pelo número expressivo de pequenos produtores (quadro 1) e pela diversificação das explorações. Pelo levantamento de uso da terra observou-se áreas com culturas anuais, que após várias visitas ao local, constatou-se tratar-se de milho, feijão e algodão, principalmente, além das pastagens, capineiras e fruticultura que vem se desenvolvendo em várias propriedades. Até a década de 70 era forte o predomínio da cultura do café, sendo aos poucos substituída principalmente por pastagens, que dominam a paisagem da microbacia hidrográfica, no geral fonte de alimentação para o gado leiteiro. Com cerca de 550 habitantes, uma Escola Estadual de primeiro grau, um posto avançado de saúde da Prefeitura e energia elétrica em todas as casas, além de estrada asfaltada que atinge cerca de 80% das propriedades, o bairro atrai interesse de investidores da cidade, interessados no fácil acesso e às benfeitorias que praticamente se equivalem aos equipamentos urbanos mas, com a qualidade da vida rural.

4.1.3 Associativismo

Os, aproximadamente, 120 produtores do Bairro Água Limpa fundaram, há cerca de seis anos, a Associação dos Pequenos Produtores Rurais da

microbacia do Córrego Água Limpa. Hoje com cerca de 80 produtores associados, possuem trator e implementos para a prestação de serviços, sede social onde ocorrem reuniões periódicas e, uma capacidade de organização acima da média em relação a outras associações do mesmo gênero na região. Atualmente, a associação tem incentivado, através de convênio com órgãos públicos, a fruticultura, a qual vem se expandindo em ritmo acelerado na microbacia.

Quadro 1 - Estratificação das propriedades na microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa.

N.° de propriedades		%	Área	%
até 50 ha	57	67,9	1.197,2	27,5
+ de 50 a 100 ha	15	17,8	982,7	22,6
mais de 100 ha	12	14,3	2.169,6	49,9
total	84	100,0	4.349,5*	100,0

* propriedades estendem-se além dos limites geográficos da microbacia.

As áreas onde se pratica cultura anual estão 70% terraceadas, pratica inicialmente muito incentivada pela Secretaria Estadual de Agricultura e executada com máquinas pesadas, de lâminas, pela CODASP e pelos equipamentos da Associação (trator e terraceador). Como o uso das máquinas da CODASP era subsidiado pelo Estado e os equipamentos da Associação tem preço acessível aos associados foi intensa a utilização dessas máquinas no preparo do solo e implantação de práticas de conservação do solo, principalmente

terraços e construção de açudes. O Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas executado pela Secretaria Estadual de Agricultura contribuiu muito nas atividades conservacionistas e para a organização dos produtores da microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa.

4.1.4 Aspectos Ambientais

A microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa caracteriza-se por apresentar um relevo suave ondulado, com rampas que se alongam do divisor de águas até o leito do córrego chegando a 2 km de extensão.

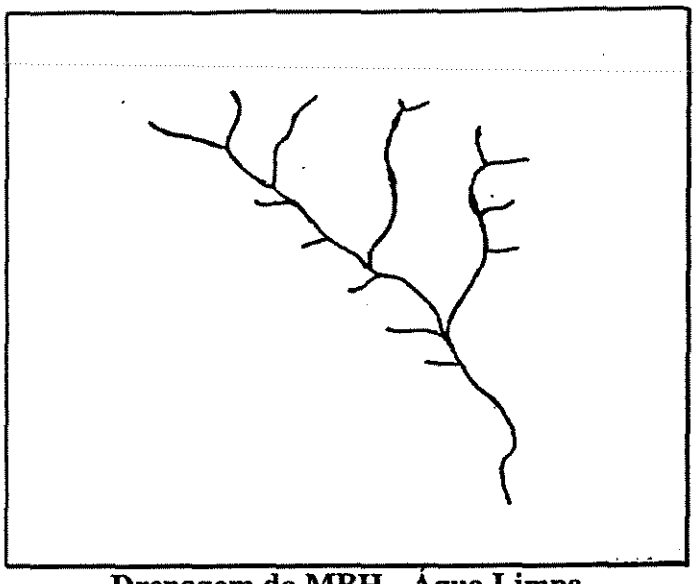
O processo de ocupação das terras levou a um desmatamento quase total, havendo algumas pequenas áreas de mata natural ou em regeneração. Em substituição às matas os produtores implantaram lavouras e pastagens, ocasionando um acelerado avanço da erosão. Os recursos naturais sofreram um processo de degradação profundo, pois agregado ao desmatamento e ao uso inadequado das terras, a maioria das propriedades tem forma geométrica (se alongam em faixas estreitas, retangulares, do espigão até o córrego) o que facilita o escoamento superficial das águas e dificulta as práticas mecânicas, mais utilizadas nessa região para a conservação do solo. Para agravar a situação, nas áreas de topografia acidentada, os solos apresentam no horizonte B subsuperficial, uma camada de acumulação de argila conhecida como B textural que dificulta o manejo para a prática de agricultura e favorece a erosão.

O clima classificado como tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno, faz com que a média de precipitação anual de 1225 mm, concentre-se em 4 a 5 meses no ano, sendo justamente os meses em que o solo encontra-se exposto pelo cultivo das culturas anuais.

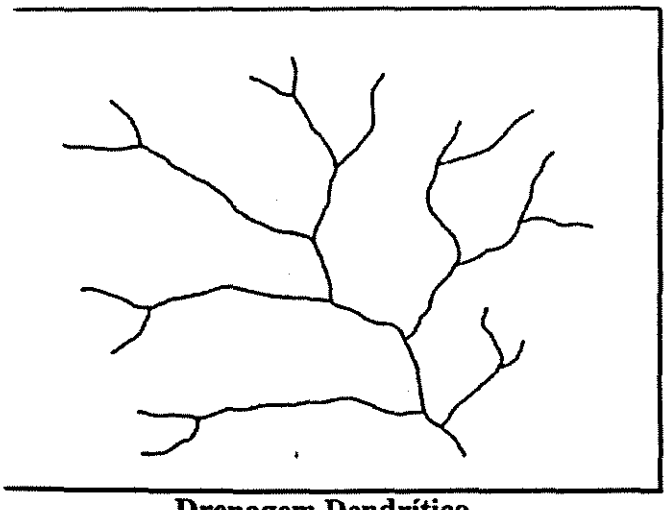
Ao longo do leito do córrego persistem áreas vegetadas, formando uma mata ciliar que abrange área significativa das margens do curso principal. O padrão de drenagem da microbacia conforme análise estereoscópica em fotos aéreas tem aspectos do padrão dendrítico (nas cabeceiras de 2ª. ordem) e paralela conforme mostra a figura 2. Os padrões de drenagem estão relacionados e auxiliam na análise da compartimentação fisiográfica e nas unidades de mapeamento dos tipos de solo da área. O padrão dendrítico relaciona-se com relevo mais acidentado e com solos podzólicos, enquanto o padrão tipo paralela relaciona-se com relevos mais suaves e com solos de horizontes profundos e friáveis, tipo B latossólico.

figura 2 - Padrões de drenagem

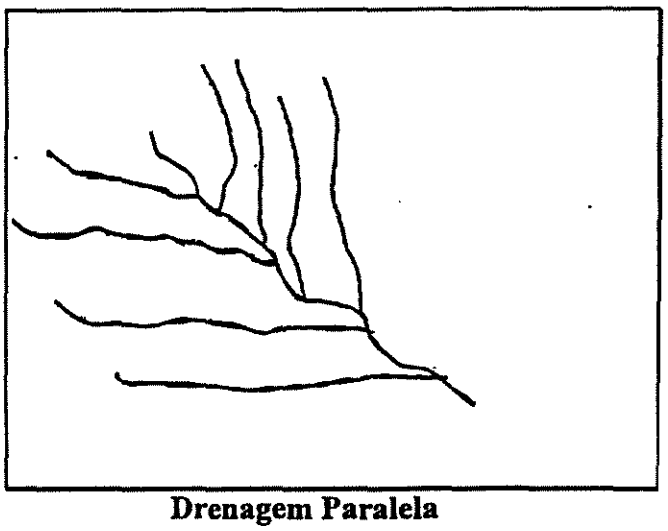
Dendrítico e paralela em comparação com o padrão da microbacia hidrográfica do córrego Água Limpa.



Drenagem da MBH - Água Limpa



Drenagem Dendrítico



Drenagem Paralela

CRISTOFOLETTI (1974)

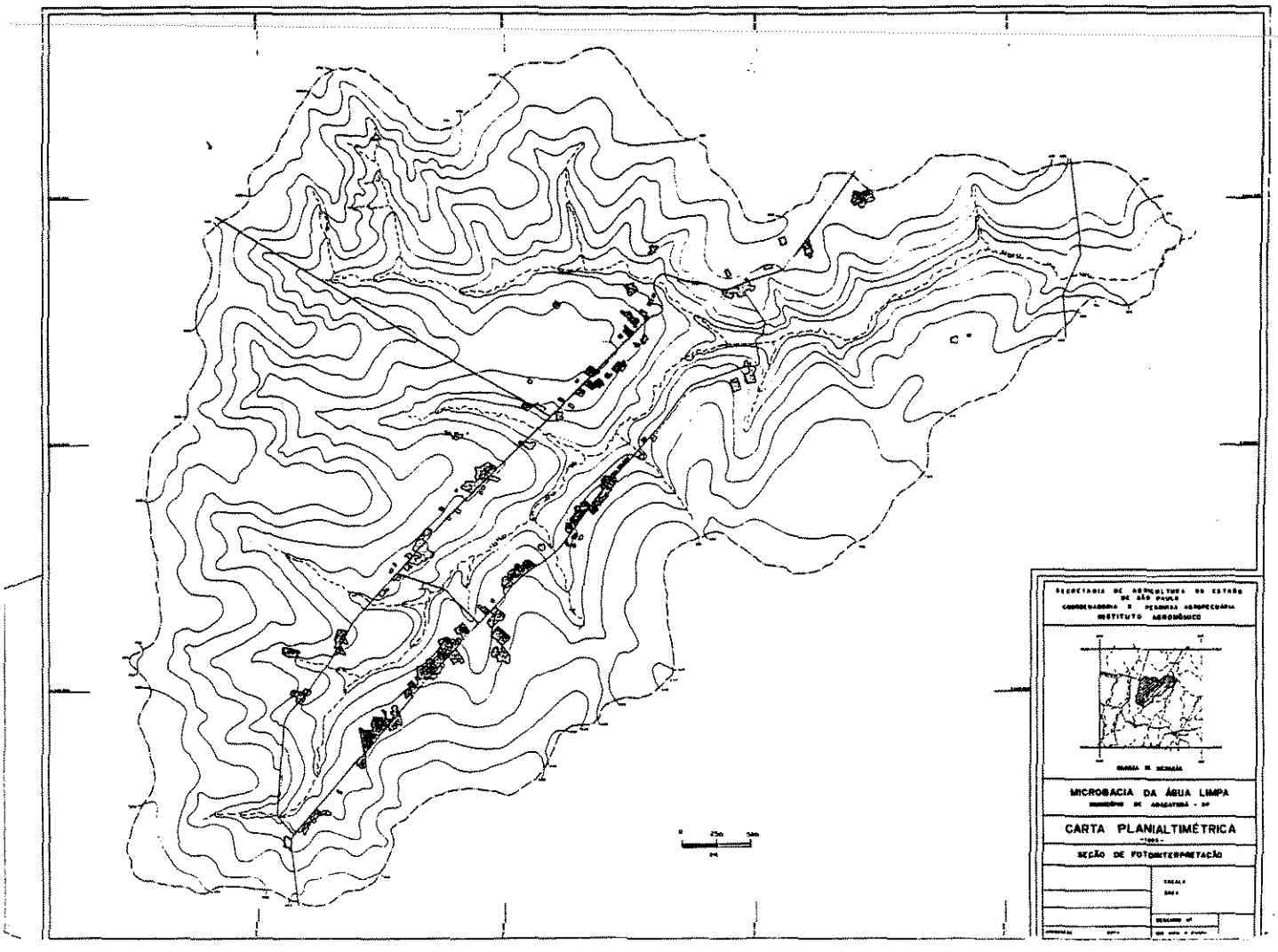
4.2. Características do Meio Físico

4.2.1 Mapa Base

O mapa base no planejamento do uso da terra, é o primeiro mapa a ser elaborado, contendo as características topográficas básicas da área, como: estradas, limites da bacia, rede de drenagem, posição geográfica, podendo, conforme o enfoque do trabalho, incluir também áreas construídas, açudes, etc.

Para esse estudo elaborou-se um mapa base na escala 1:10.000, e para isso utilizou-se como referência para altimetria a carta plani-altimétrica do IGG-SP (Instituto Geográfico e Geológico), Folha Guararapes SF 22-J-I-4 e Folha Birigüi SF 22 -J-II-3, na escala 1:50000. Para elaboração do mapa base, foram também interpretadas fotografias aéreas do vôo contratado pelo IBC-GERCA-MA, datadas de 19 de Julho de 1971 na escala aproximada de 1:25000 (Terrafoto S/A). Este mapa, figura 3, foi elaborado na Seção de Fotointerpretação do Instituto Agronômico de Campinas e dele constam, os limites da microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa, as estradas, a rede de drenagem e as curvas de nível, sendo referenciado geograficamente utilizando o sistema de coordenadas planas - UTM. (Projeção Universal de Mercator). Para tanto, utilizou-se o processo de triangulação radial sobre fotografias aéreas e utilizou-se o aparelho Cartoflex ZEISS, do laboratório de fotointerpretação dessa instituição.

figura 3 - Carta plani-altimétrica



Com o mapa elaborado e georeferenciado (Coordenadas UTM) foi possível posicioná-lo na mesa digitalizadora e introduzir os dados no Sistema de Informações Geográficas criando os Planos de Informação da topografia , onde todos os dados do mapa foram arquivados para posterior manipulação.

Esses planos são: limites da bacia, rede de drenagem superficial, cotas altimétricas e malha viária.

4.2.2 As Classes de Declividade

As classes de declividade da microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa, foram obtidas de levantamento executado sobre o mapa base em escala 1:10.000, com isolinhas altimétricas de equidistância vertical de 10 metros. Na elaboração do mapa com as classes de declividade utilizou-se o método manual, ou seja, confeccionou-se ábacos para analisar o espaçamento entre isolinhas correlacionadas às classes de declividade estimadas em porcentagem: A - 0 a 3%; B - 3 a 6%; C - 6 a 12%; D - 12 a 20% e, E - 20 a 40%.

Posteriormente, as informações sobre as classes de declividade foram lançadas sobre o mapa base e digitalizadas, visando compor o plano de informação da declividade no SIG - Sistema de Informações Georeferenciadas.

4.2.3 A Carta de Solos

A classificação de solos foi elaborada no Instituto Agronômico de Campinas, pela Seção de Pedologia, que realizou os trabalhos de coleta no campo e as análises laboratoriais. A Seção de Fotointerpretação elaborou o mapa preliminar a partir da análise dos pontos amostrados. Foram coletadas e analisadas 285 amostras de solo, conforme a figura 4, o que corresponde a aproximadamente uma amostra a cada 11 hectares, sendo uma boa amostragem para um levantamento semi-detalhado. Segundo PRADO (1995), para se caracterizar um levantamento pedológico ao nível de semidetalhe utilizam-se mapas plani-altimétricos (em escala maior ou igual a 1:50000), restituições aerofotográficas e levantamentos topográficos em escalas variando de 1:10000 a 1:50000 além de fotografias aéreas em escalas maior ou igual a 1:60000.

Geomorfologicamente a microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa situa-se no Oeste do Estado de São Paulo, região dominada pelo chamado Planalto Ocidental (Instituto de Pesquisas Tecnológicas - 1981) caracterizado por relevos monótonos de colinas e morretes e alguns platôs residuais (figura 5) tendo como material básico de origem o arenito, com características específicas de menor ou maior predominância de calcário conforme as particularidades de cada região.

figura 4 - Pontos de amostragem de solo

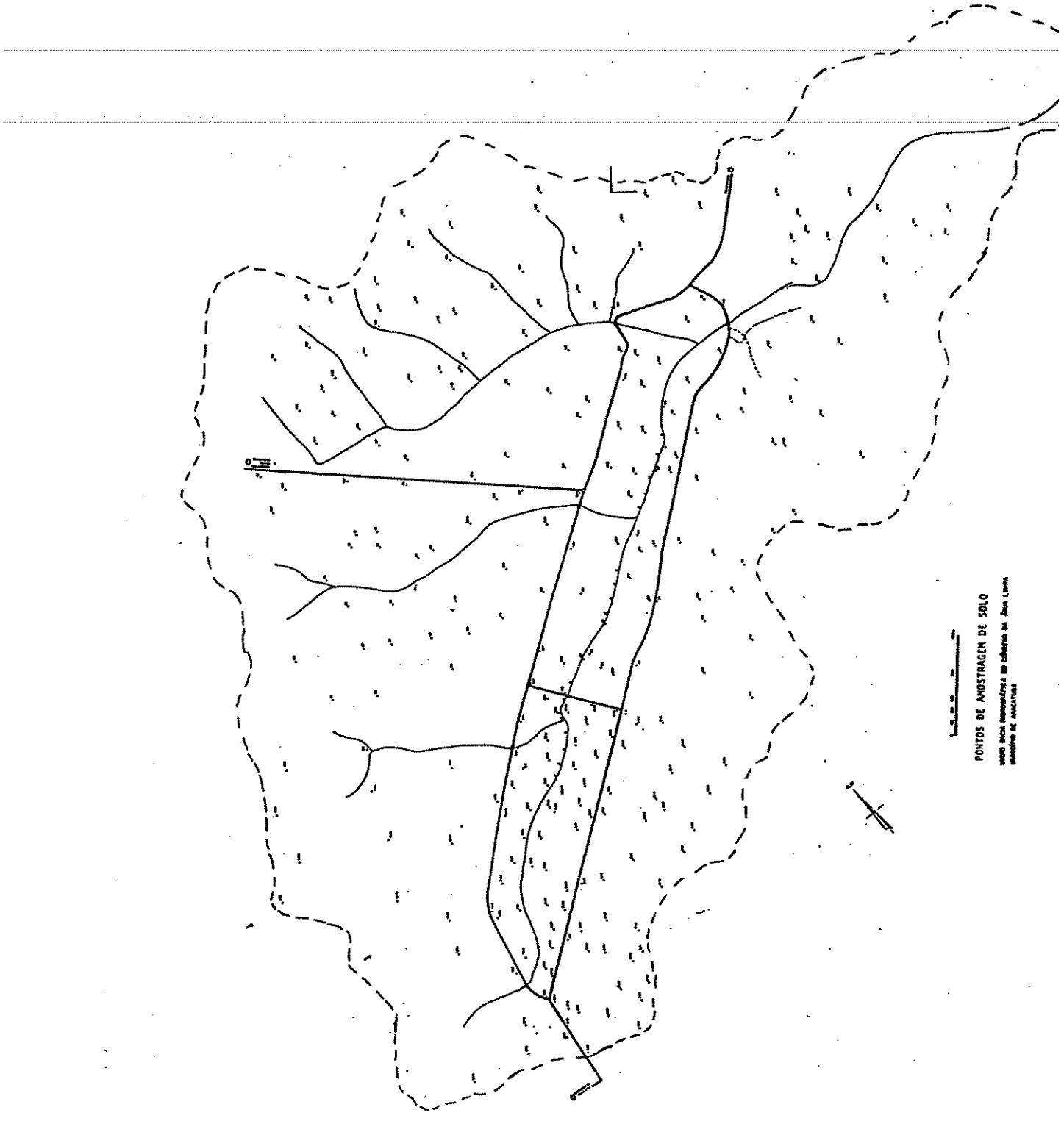
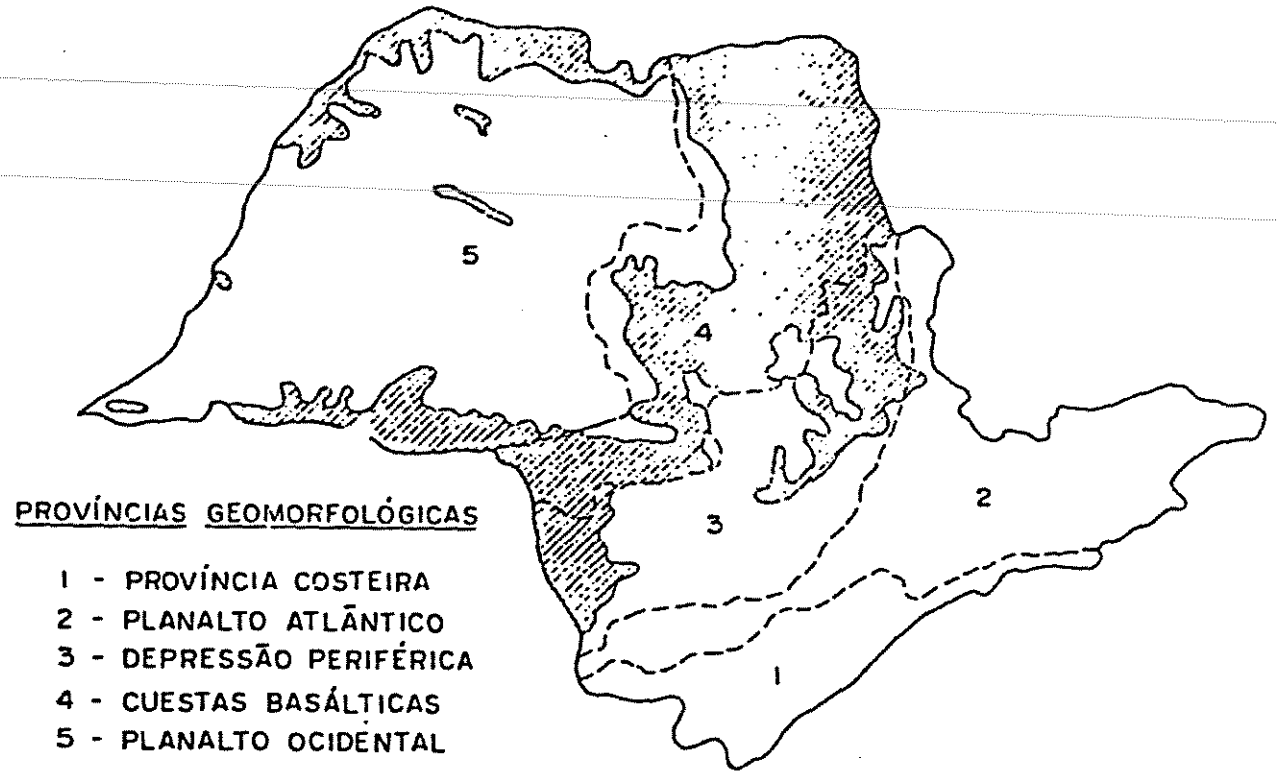


figura 5 - Regiões geomorfológicas do Estado de São Paulo (IPT, 1981).



O mapeamento de solos seguiu um processo que se iniciou nos trabalhos de campo com a coleta de solos. Foram preenchidas fichas de campo, denominadas Anotações de campo - descrição sumária de solos, da Seção de Pedologia do IAC - Instituto Agronômico de Campinas. Algumas cópias dessa ficha, com dados da microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa, estão no Anexo. Foram coletadas 285 amostras de solo da microbacia, sendo que, os dados completos, referentes a estas amostras, encontram-se no IAC.

As amostras, acompanhadas das fichas de campo, foram encaminhadas ao laboratório e analisadas, determinando-se características físicas e químicas que completaram as informações necessárias à classificação. Algumas dessas fichas laboratoriais, denominadas *Folha de transcrição dos dados morfológicos e analíticos de solo*, encontram-se no Anexo.

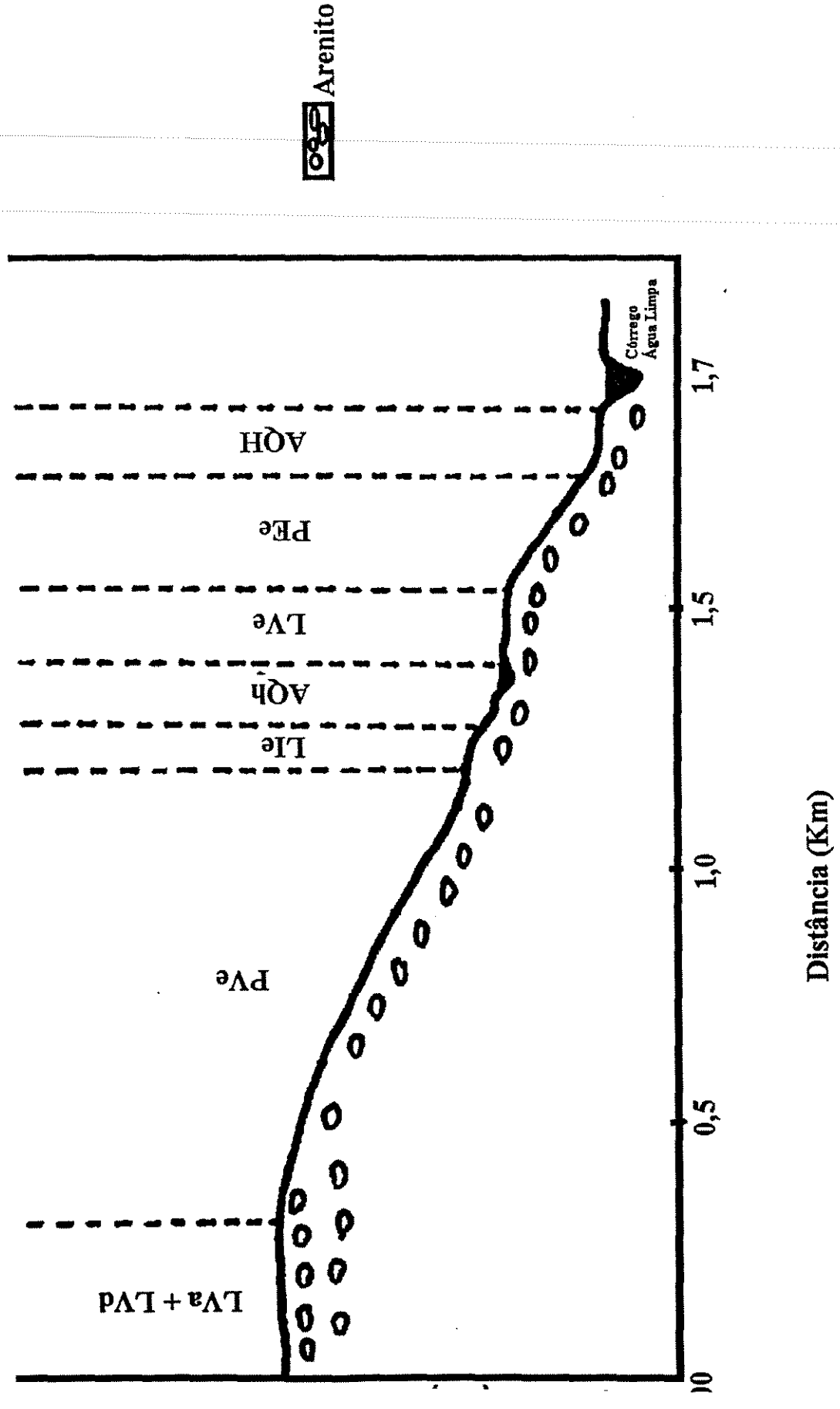
No Anexo, há ainda uma cópia da ficha denominada, *Folha para determinação das unidades de solo,* com os dados físicos, químicos e as descrições de campo, utilizada para analisar e definir os horizontes diagnósticos, superficial e subsuperficial, de cada ponto de amostragem. Com a obtenção desses horizontes, e os outros dados já fichados, classificou-se os solos em suas unidades.

Os dados obtidos foram codificados e repassados para um mapa da área e, posteriormente, para as fotografias aéreas. O trabalho de mapeamento propriamente dito, foi realizado pela Seção de Fotointerpretação do IAC, e, integrou todas as informações de solos de cada ponto amostrado, as unidades de solos obtidas, o relevo e a rede de drenagem.

Trabalhou-se sobre a foto aérea e com o estereoscópio Wild de mesa, verificou-se os limites dos solos ou unidades de mapeamento dos solos, auxiliados pela topografia e rede de drenagem, elaborando-se, então, a classificação preliminar. Após alguns ajustes de área e nova análise dos dados conforme o número e a interpretação de cada amostra, ampliou-se o mapa elaborado na escala da fotografia para a escala de trabalho no Epidiascópio

Zeiss. O mapa pronto foi digitalizado (entrada de dados) para entrada no Sistema de Informações Geográficas (INPE), e criando o plano de informações solos . A classificação realizada segue a nomenclatura oficial e atualizada, elaborada pela EMBRAPA - Centro Nacional de Levantamento e Conservação do Solo, e IAC. Objetivando-se melhorar as informações sobre o solo, relevo e drenagem, elaborou-se a toposseqüência da microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa, conforme a figura 6. Essa figura foi elaborada analisando-se a altitude e as distâncias através do mapa plani-altimétrico, com as informações de solos e de geologia, identificando a ocorrência dos solos na seqüência do relevo.

figura 6 - Toposseqüência da microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa.



4.2.4 Uso da Terra

4.2.4.1 Uso da Terra - 1971

Inicialmente utilizou-se as fotografias aéreas confeccionadas pelo IBC-GERCA-MA datada de 19 de Julho de 1971 na escala aproximada de 1: 25000 onde foram localizadas e delimitadas, através de um estereoscópio de mesa Wild, as explorações e os usos observados. Após essa etapa do trabalho, ampliamos as observações anotadas na fotografia aérea foram ampliadas para a escala de trabalho, com o auxílio do epidiascópio Zeiss da Seção de Fotointerpretação do IAC. Relacionamos abaixo os principais usos encontrados na área da microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa no ano de 1971:

- Reflorestamento (Eucalipto)
- Vegetação Residual
- Mata Ciliar
- Mata Natural ou Capoeira
- Café
- Pastagem
- Cultura Anual

Esses dados foram digitalizados através da mesa digitalizadora e introduzidos no Sistema de Informações Geográficas formando o plano de informação uso da terra.

4.2.4.2 Uso das Terras - 1994

Aqui denominado também de Uso Atual, por ser mais recente, esses dados da exploração das terras em 1994, foram obtidos após processarmos no Sistema de Tratamento de Imagens da Seção de Fotointerpretação do IAC, a imagem de satélite da área obtida no INPE em abril de 1994 (figura 7). Essa imagem foi trabalhada no SITIM, no sentido de obtermos a área total da microbacia hidrográfica com um contraste de cores que melhor favorecesse a localização e delimitação das explorações e usos da terra. Essas informações, para alguns usos, foram complementadas com observações de campo para a confirmação de algum dado observado na imagem. Também esses dados foram mapeados, digitalizados e introduzidos no Sistema de Informações Geográficas, sendo criado o plano de informação uso 94.

4.2.4.3 A Imagem do satélite

Utilizou-se a imagem obtida do satélite TM/LANSAT em CCTs, referente à órbita ponto 222.75 B da passagem 27/4/94.

O sensor *TM* (Thematic Mapper) do satélite possui sete bandas, com numeração de 1 a 7 sendo que, cada banda, representa uma faixa do espectro elotromagnético captado pelo satélite. Associou-se, neste trabalho, as bandas 3,4 e 5 às cores Vermelho (R-red), Verde (G-green) e Azul (B-blue), objetivando um tratamento da imagem que possibilitasse a melhor visualização das explorações e usos da terra. Para isso, adotou-se a combinação 4R - 3G - 5B.

A resolução geométrica das imagens nas bandas 1,2,3,4,5,6 e 7 é de 30 m, isto é, cada *pixel* da imagem representa uma área no terreno de 0,09 ha. A exceção é a banda 6, cuja resolução é de 120 m.

Utilizou-se as bandas 3,4 e 5, que possuem as seguintes características principais:

- banda 3 - com intervalo espectral (μm) 0,63 - 0,69, apresenta grande absorção para vegetação verde, densa e uniforme, permite bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal, permitindo a identificação de áreas agrícolas;

- banda 4 - com intervalo espectral 0,76 - 0,90, permite o mapeamento de redes de drenagem, corpos de água, etc., representa bem a morfologia das terras, solos e geologia.

- banda 5 - com intervalo espectral 1,55 - 1,75, apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas causado por desequilíbrio hídrico.

(Fonte: Paulo Roberto Martini, 1990)

figura 7 - Imagem de satélite.

4.3. O Uso do Sistema de Informações Geográficas - SIG

4.3.1 Porque utilizar o SIG

O SIG é um banco de dados geográficos que permite adquirir, armazenar combinar, analisar e recuperar informações codificadas espacialmente (ASSAD & SANO, 1993).

Como característica básica ele permite tratar as relações espaciais entre os temas grafados. Isso vem proporcionando uma rápida mudança nas áreas de cartografia, mapeamento, recursos naturais e planejamento urbano e ambiental, permitindo automação de ampla gama de tarefas antes realizadas manualmente.

Na área de preservação dos recursos naturais até a bem pouco tempo encontravam-se todos os tipos de análise e mapeamentos de dados geoambientais, florestais, etc. realizados manualmente, e, apenas alguns trabalhos utilizando SIG.

Imagens de satélite foram recentemente utilizadas para analise ambiental de macro-regiões, como por exemplo, os trabalhos desenvolvidos pelo INPE no interior do Estado de São Paulo, na macro-região de Campinas, FORMAGGIO et al (1992) ou mesmo trabalhos envolvendo extensas áreas na região Amazônica.

Por isso o interesse em utilizar o SIG para as condições da microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa, uma área relativamente pequena, com possibilidade de se trabalhar com grande número de dados físicos onde utilizou-se o SIG como instrumento importante no tratamento desses dados.

4.3.2 O uso do SIG do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Optou-se por utilizar o programa SIG do INPE, primeiramente por ser o sistema utilizado pela Seção de Fotointerpretação do Instituto Agronômico de Campinas, local em que concentramos a pesquisa e o levantamento de dados físicos da área. A facilidade de compreensão e apoio logístico, por ser um programa desenvolvido no INPE (**Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**), foram também, fatores preponderantes para a escolha deste sistema.

4.3.2.1 O Sistema Interativo de Tratamento de Imagens -SITIM/SGI

O Sistema de Tratamento de Imagens (SITIM), é um equipamento que, realiza operações com imagens de satélite, sejam elas de sensoriamento remoto, ou imagens temáticas (RASTER), geradas pelo SIG através de dados poligonais (formato vetorial). Dentre essas operações pode-se destacar: leitura e gravação de dados usando dispositivos de armazenamento magnéticos, fitas e discos, realces mono e multiespectrais, classificações determinísticas e estatísticas mono e multiespectrais, correção geométrica de imagens com bases cartográficas.

Nesse trabalho o sistema SITIM/SGI foi muito utilizado na introdução de dados através da mesa digitalizadora; esses dados eram então processados e posteriormente manipulados no SIG, também no tratamento das imagens de satélite, para interpretações e mapeamento do uso das terras em 1994.

4.4. Introdução de Dados

Existem várias formas de introdução de dados em um sistema de informações geográficas: a digitalização ótica por instrumentos de varredura (scanners), a importação de dados digitais, o uso do GPS (Global Positioning System) e a entrada através da mesa digitalizadora, utilizada nesse trabalho. O trabalho de digitalização através da mesa requer muita atenção, e o equipamento utilizado compõe-se de:

- Microcomputador compatível com a linha PC AT 486, com memória principal mínima de 4 Mbyte, com uma porta de comunicação serial para conexão com a mesa digitalizadora e o traçador gráfico (plotter) e, uma porta de comunicação paralela, para conexão de impressora.
- Monitor gráfico de alta resolução
- Placa gráfica (Engespaço)
- Traçador gráfico
- Mesa digitalizadora
- Impressora (Tectronix - Phase II SDX)

Para isso cada mapa elaborado na escala 1:10000, contendo os temas mapeados, foi colocado na mesa e georeferenciado utilizando as coordenadas planas UTM para a localização geográfica precisa da área constante da base cartográfica.

4.4.1 Os Planos de Informação

O trabalho com SIG requer Planos de Informação (PIs). Os PIs contém temas com atributos gráficos e não gráficos, como por exemplo : linha, cor, localização espacial e nomes, números, áreas e índices. Os PIs podem ser das categorias temática, que correspondem à drenagem, estradas, etc.; modelo numérico de terreno (MNT) que são as cotas de altimetria ou isolinhas. Contém informações tridimensionais; imagens que correspondem às imagens de sensoriamento remoto ou dos PIs rasterizados.

Após a introdução dos dados, foram criados os PIs com seus atributos: nome, escala, categoria e rótulo das classes, como por exemplo, o 1.° PI se relaciona com todas as classes de declividade A (0-3%). Nesse estudo criaram-se vinte e cinco (25) Pis. Os básicos para o trabalho foram:

PI limite
PI drenagem
PI estrada
PI cota
PI solo
PI declividade
PI uso
PI uso 94
PI sd (capacidade de uso)

4.4.2 Geração de Informações

No SIG a geração de informação significa manipular os planos de informação, cruzando dados e entidades geográficas resultantes de cruzamentos. Isso exigiu a definição de um arquivo de regras de cruzamento entre os diferentes planos de informações e houve necessidade de se estabelecer objetivos claros, e quais dados foram necessários relacionar para obter-se o resultado desejado. Observado isto, criaram-se novas classes, estabelecidas, com a combinação das classes dos planos de informações existentes. Por exemplo, para obter-se o mapa de capacidade de uso das terras, criou-se um arquivo de regras envolvendo o plano de informação topografia com o plano de informação solo e suas características, da seguinte maneira: os solos da classe Gley Pouco Húmico (GPH) que estão na classe de declividade A (0-3%) terão necessariamente que se agrupar na classe de capacidade de uso V, que corresponde a solos com essa declividade e com as características do GPH. Assim procedeu-se com todos os tipos de solos e todas as classes de declividade.

Nesse trabalho, obteve-se 51 combinações de solos X declividade que resultaram em 9 classes de capacidade de uso das terras. Assim, um bom conhecimento de solos, sua estrutura, resistência a processos erosivos, relevo da área, são elementos fundamentais para se estabelecer os cruzamentos, a fim de não se prever combinações impossíveis na natureza. Podem ocorrer

agrupamentos, de áreas muito pequenas, insignificantes, não prejudicando a elaboração dos mapas a serem gerados devido a ocorrência de um elevado número de classes.

No entanto, nesse trabalho, não existe problema de se prever combinações teóricas, que na prática podem não ocorrer.

4.5. As Classes de Capacidade de Uso das Terras

Avaliar a aptidão agrícola das terras e maneja-las obtendo o máximo de exploração sem ou com um mínimo de degradação é um dos objetivos desejados pelos estudiosos em conservação dos recursos naturais. Ao utilizar-se o método de avaliação das terras através da sua capacidade de uso (Classificação das Terras no Sistema de Capacidade de Uso) procurou-se adotar uma técnica de relativa facilidade de aplicação para o técnico planejador.

Para obter-se as classes de capacidade de uso das terras, criou-se no SIG, o arquivo de regras 1, que cruza os dados do mapa de solos (PI solo) com mapa das classes de declividade (PI topografia). Com esse cruzamento foram obtidas 6 classes de capacidade de uso:

Classe II - Terras cultiváveis com problemas simples de conservação.

Classe III - Terras cultiváveis com problemas complexos de conservação.

Classe IV - Terras cultiváveis (culturas anuais e perenes) apenas ocasionalmente ou em extensão limitada, com sérios problemas de conservação.

Classe V - Terras próprias em geral para pastagens naturais com espécies adaptadas. São cultiváveis apenas em casos muito especiais, devido principalmente ao nível elevado do lençol freático ou encharcamento.

Classe VI - Terras adaptadas em geral para pastagens, ou reflorestamento, com problemas simples de conservação do solo. São cultiváveis apenas em casos especiais de algumas culturas permanentes protetoras do solo.

Classe VII - Terras adaptadas somente para pastagens ou reflorestamento, com problemas complexos de conservação do solo.

Essas classes estão acompanhadas dos seguintes fatores limitantes ou subclasses de capacidade de uso, indicadores do manejo principal.

e: limitação pela erosão presente ou risco de erosão, declive acentuado ou longo, mudança textural abrupta, ou baixa permeabilidade. Na área em questão a simbologia e está associada a risco de erosão devido a declive acentuado nos latossolos arenosos e nos solos com mudança textural abrupta.

f : limitação indicadora da fertilidade do solo. Essa limitação representa, além das características químicas, também as características físicas do solo, sua textura e capacidade de retenção de água e nutrientes.

a : Limitação relacionada à drenagem do perfil, risco de inundação ou deficiência de oxigênio no solo, ocasionada pela drenagem deficiente ou lençol freático elevado.

p : Simboliza a profundidade efetiva do solo. Também associada a subclasse s, utilizada na fórmula obrigatória para a realização do levantamento do meio físico. Nesse trabalho é utilizada como uma limitação específica dos solos litólicos com interferência no desenvolvimento do sistema radicular e capacidade de armazenamento de água.

4.6. O Uso Adequado das Terras

A classificação das terras segundo sua capacidade de uso, nos dá os limites que o solo apresenta, através de suas propriedades e características, para sua exploração. Ao cruzarmos as informações sobre a capacidade de uso com o uso na microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa, obtivemos o que se denomina Taxa de Adequação das Terras ou Uso Adequado das Terras. Essa taxa representa, quais as terras e em que quantidade, estão sendo exploradas dentro dos limites impostos pela classificação de capacidade de uso, para não haver riscos de erosão. A partir dessa dimensão pode-se corrigir os usos, colocando ou utilizando as terras de acordo com a classificação ou implementar atividades conservacionistas que minimizem o impacto do uso pouco adequado,

UNICAMP

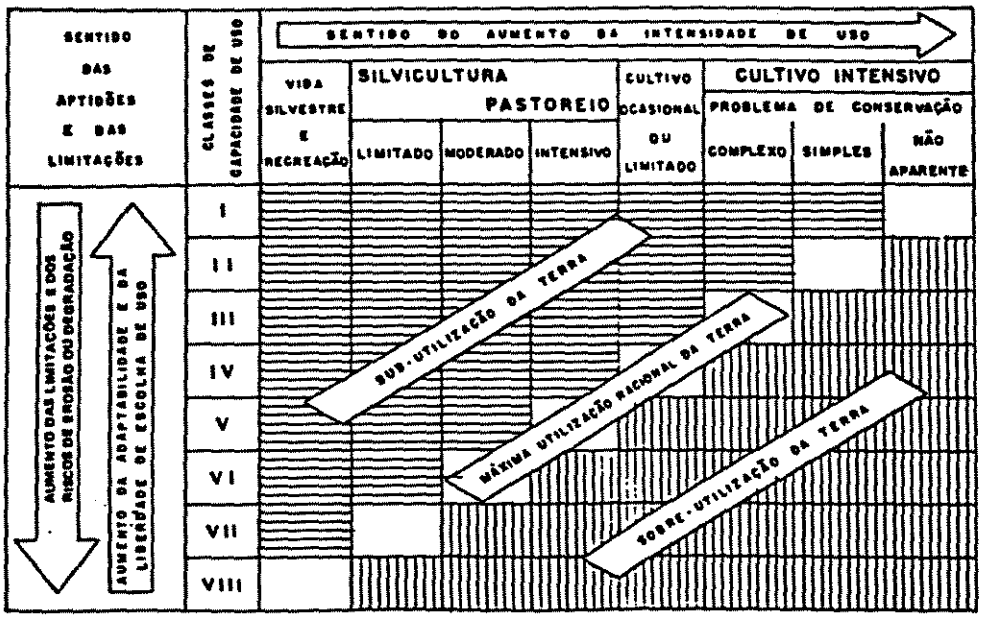
já que no caso de um uso totalmente inadequado, fatores como os custos, podem inibir ou inviabilizar o uso de práticas conservacionistas.

Portanto, o uso adequado das terras relaciona as informações da classificação do solo segundo sua capacidade de uso, com o uso utilizado, informando em que qualidade e quantidade as terras estão sendo utilizadas adequadamente. Nesse trabalho utilizou-se a seguinte classificação:

1. Uso adequado
2. Uso pouco adequado
3. Terra subtilizada
4. Terra sobre-utilizada

Algumas áreas, embora necessitando de medidas especiais ou complexas de conservação de solo, estão classificadas como *uso adequado.* Isto ocorre porque são áreas de classes de capacidade de uso que permitem o plantio de culturas anuais, sem necessidade de rodízio com pastagens ou repouso, mas para isso, as medidas de conservação citadas são indispensáveis.

Quadro 2 - Resumo das intensidades de uso da terra (LEPSCH - 1991).



LEPSCH (1991), cita um resumo da variação do tipo e da intensidade máxima de utilização da terra sem risco de erosão acelerada em função das classes de capacidade de uso, em que utiliza a seguinte classificação: Terras subtilizadas, Terras com a máxima utilização e Terras sobre-utilizadas.

Sendo assim, uma área classificada na capacidade de uso como classe III, e em seu uso ocorre silvicultura, essa área estará sendo subtilizada, isto é, a capacidade da terra comporta culturas de uso mais intenso do solo. Assim também se dá com terras sobre-utilizadas, ou utilizadas por explorações acima do seu potencial de suporte, gerando degradação a níveis críticos. Nesse estudo utilizamos o mesmo sistema de classificação, adaptado no entanto, com a inclusão da classe de terras pouco adequadas . Existem terras que estão no limite das classes citadas por LEPSCH, e com essa nova classe essas áreas podem ter o limite de suporte ampliado ou restringido dependendo do tipo de exploração, seu manejo e as medidas de conservação recomendadas. Também adotou-se essa categoria para abrigar a classe IV de capacidade de uso, com recomendação para cultivos ocasionais com culturas anuais, mais adequada às pastagens. No presente trabalho foram encontradas grandes áreas enquadradas nessa categoria, constituída por áreas de pastagem em constante rotação com culturas anuais.

4.6.1 Adequação das Terras - I

Cruzou-se as informações no SIG, referentes a: classificação das terras segundo sua capacidade de uso - Plano de Informação sd (solo x declive), com o uso das terras referente a 1971. (Plano de Informação Uso).

Reclassificou-se de acordo com o interesse do estudo, as classes do Plano de Informação sd de acordo com o uso, da seguinte maneira :

sd 1 - relaciona as classes mais adequadas para a exploração - culturas (anuais e perenes) - e outras explorações (tudo o que não for cultura, pastagem, matas etc.), classificadas como - outros usos -. Portanto nessa relação sd 1 x uso buscou-se verificar em que classes estão as culturas. Reclassificou-se as classes de acordo com os limites que se impõem para a exploração de culturas (anuais e perenes).

sd 2 - relaciona as classes mais adequadas para a exploração - pastagem - e outras explorações (culturas, café, matas, etc.) são classificadas como - outros usos. Portanto na relação sd 2 x uso, buscou-se verificar em que classes estão as pastagens. Reclassificou-se as classes de acordo com os limites que se impõem para a exploração de pastagens.

sd 3 - relaciona as classes mais adequadas para matas (vegetação, reflorestamento) e as outras explorações (pastagens, culturas, etc.) são classificadas como outros usos. Portanto, nessa relação sd 3 x uso, buscou-se

verificar em que classes estão as matas e o reflorestamento. Reclassificou-se as classes de acordo com os limites que se impõem para esses usos.

A seguir, um exemplo de como se fez esse cruzamento de regras :

Os usos foram reclassificados em 3 categorias :

1. culturas anuais/perenes e outros usos

2. pastagens e outros usos

3. vegetação natural/reflorestamento e outros usos

Tomando a categoria 1 - culturas anuais e perenes e outros usos, relacionou-se em função disso, as classes de capacidade de uso em número de 9, da seguinte maneira: as classes em que essas explorações impõem um risco baixo, como a classe II; em que o risco é médio a baixo, como a classe III agrupada em seus diferentes fatores limitantes (fertilidade, erosão); classe em que o risco é médio a alto, como a classe IV e as classes em que o uso é de alto risco ou inadequado, como as classes VI e VII.

Aplicando-se esse método a todas as categorias de uso, cruzam-se as informações das categorias de uso com as categorias de classes de capacidade de uso (todas reclassificadas) e obtêm-se as novas classes de adequação das terras.

4.6.2 Adequação das Terras II

Cruzou-se as informações no SIG, referentes a : classificação das terras segundo sua capacidade de uso - Plano de Informação sd (solo x declive), com o uso das terras referente a 1994, Plano de Informação us 94.

Todo o método desenvolvido nesse caso foi exatamente igual ao desenvolvido no caso anterior - uso 1971 - com exceção do item culturas anuais e perenes que anteriormente se referia a culturas anuais e café, especificamente, e nesse caso, refere-se a culturas anuais e fruticultura.

5. RESULTADOS

5.1. Solos

Após a digitalização dos dados da carta de solos, e, a criação do plano de informação solo, através do SIG elaborou-se o mapa de solos, figura 8, onde aparecem as seguintes unidades de mapeamento e suas respectivas áreas :

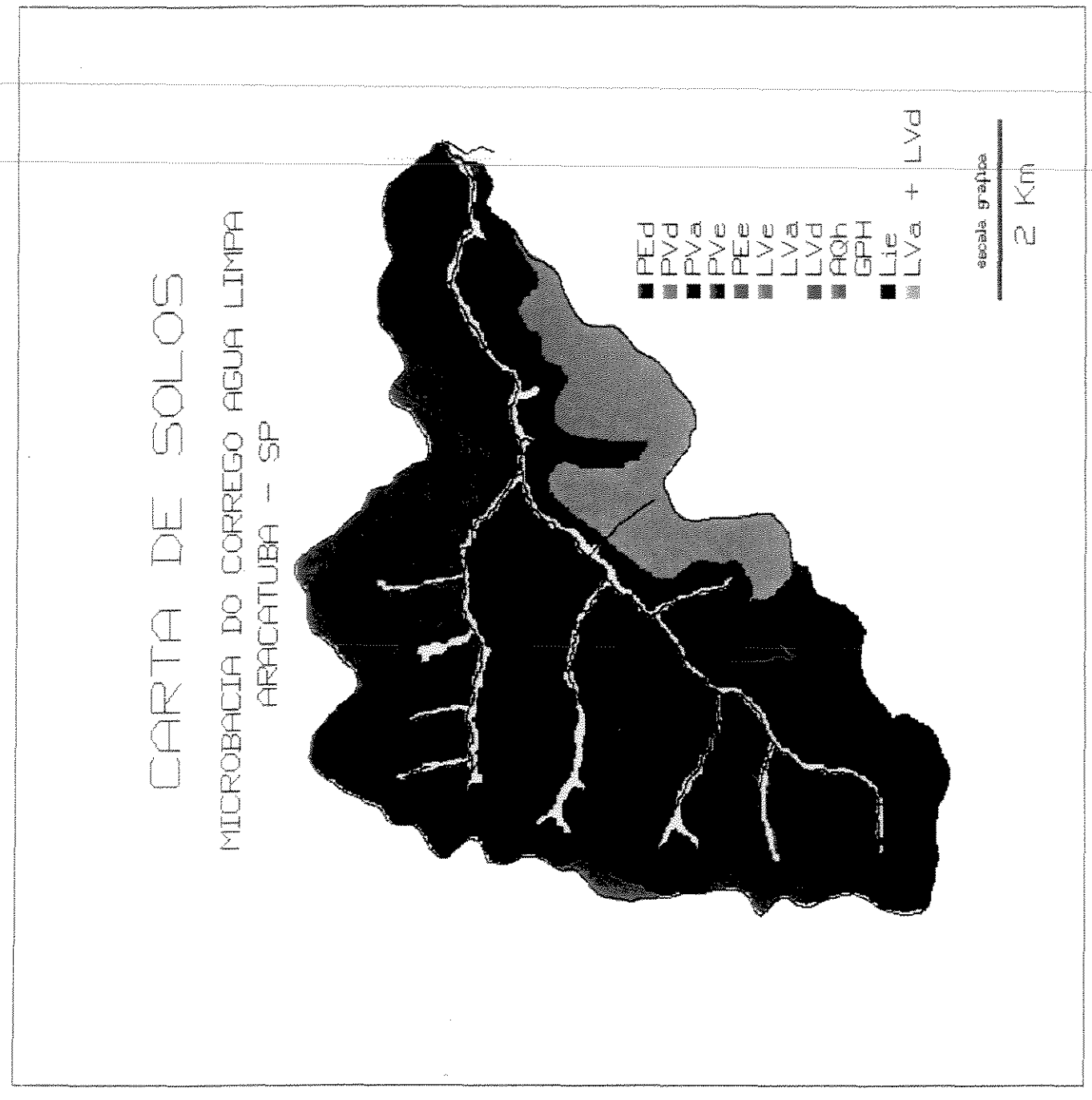
Ped - Podzólico Vermelho Escuro, distrófico, A moderado, textura arenosa/média - 2,3 ha.

PVd - Podzólico Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura arenosa/média - 26 ha.

Pva - Podzólico Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura arenosa/média - 30 ha.

PVe - Podzólico Vermelho Amarelo, eutrófico, Tb, A moderado, textura arenosa/média - 1.876 ha.

figura 8 - Carta de solos



PEe - Podzólico Vermelho Escuro, eutrófico, Tb, A moderado, textura arenosa/média - 447 ha.

LVe - Latossolo Vermelho Amarelo, eutrófico, A moderado, textura média - 191 ha.

LVa - Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura média - insignificante em termos de área (não alcançou 0,01 % da área da microbacia hidrográfica)

LVd - Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura média - insignificante em termos de área (não alcançou 0,01 % da área da microbacia hidrográfica).

AQh - Areia Quartzoza Hidromórfica - 55 ha.

GPH - Gley Pouco Húmico - 174 ha.

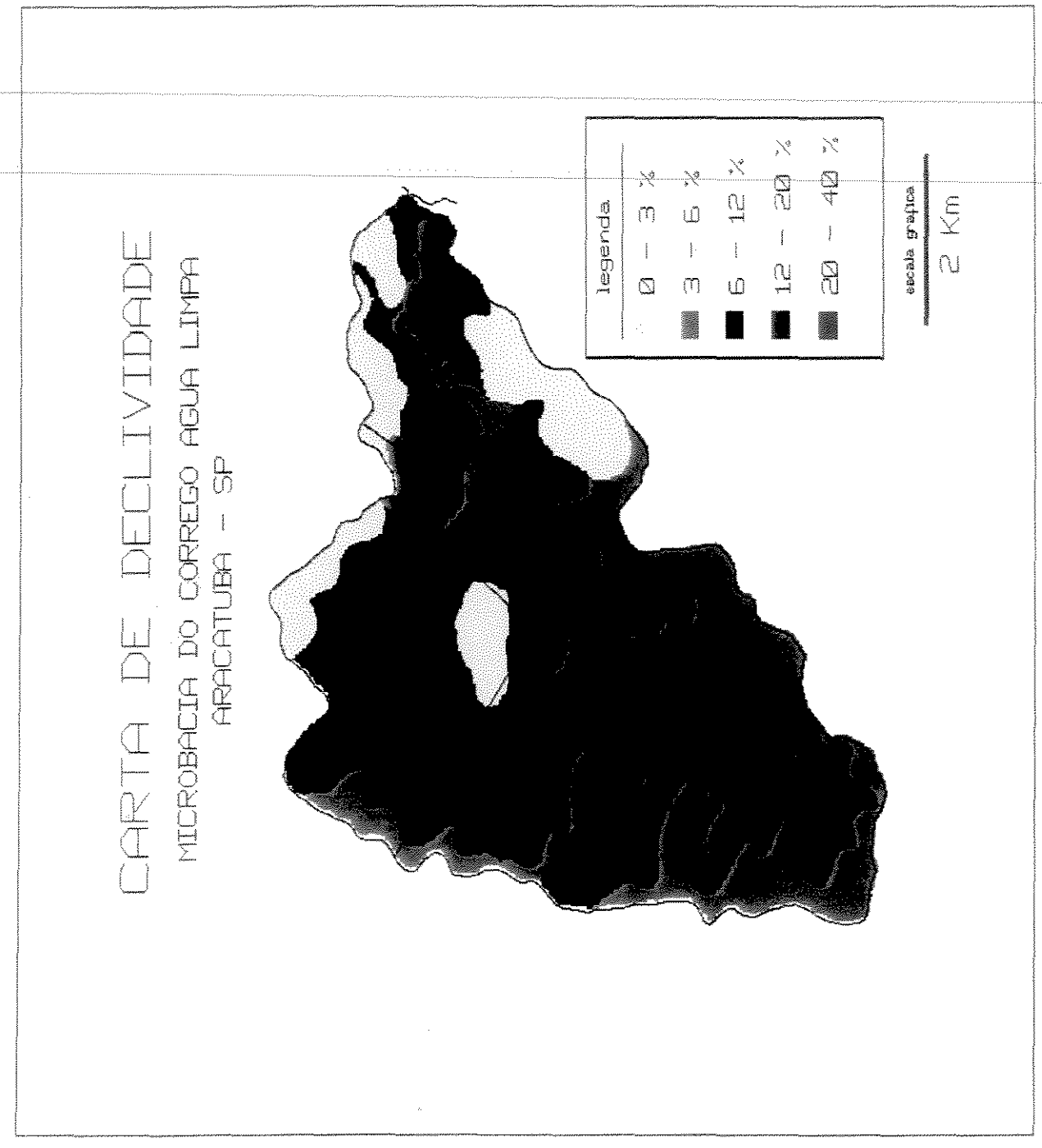
LIe - Solo Litólico, eutrófico, Tb, A moderado, textura arenosa- 59 ha.

LVa + LVd - Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura média + Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura média - 399 ha.

5.2. Classes de Declividade

As classes de declividade presentes na microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa são apresentadas na figura 9, nas seguintes faixas:

figura 9 - Carta de declividade.



Quadro 3 - Classes de declividade e respectivas áreas obtidas na microbacia hidrográfica Córrego Água Limpa.

Classe	Área (ha)
A - (0 - 3 %)	408
B - (3 - 6 %)	994
C - (6 - 12 %)	1.645
D - (12 - 20 %)	153
E - (20 - 40 %)	60

5.3. O Uso da Terra

Em 1971, através das fotografias aéreas como já foi descrito na metodologia, observou-se os seguintes tipos de uso (figura 10):

Quadro 4 - Explorações obtidas em 1971 e respectivas áreas na microbacia hidrográfica Córrego Água Limpa

Uso da terra	Área (ha)
Reflorestamento (eucalipto)	10
Vegetação residual *	41
Mata ciliar	28
Capoeira **	25
Café	216
Pastagem	2.722
Culturas anuais	218

* arbustos esparsos e raras formações arbóreas de pequeno porte.

** formação secundária resultante de regeneração natural em terreno originalmente coberto de floresta.

5.4. Uso da Terra referente ao ano de 1994

Originário da imagem de satélite obtida em abril de 1994, com os seguintes tipos de uso (figura 11):

Quadro 5 - Explorações obtidas em 1994 e respectivas áreas na microbacia hidrográfica Córrego Água Limpa.

Uso da terra (1994)	Área (ha)
Reflorestamento (eucalipto)	8
Vegetação residual	44
Mata ciliar	85
Mata natural *	29
Culturas perenes **	7
Pastagem (braquiárias)	2.951
Culturas anuais ***	136

* composta de árvores de porte médio a alto, dando a impressão à distância de formar cobertura contínua.

** incluem-se todas as formações cultivadas de frutas ou plantas que não se enquadram nos ciclos anuais ou bianuais.

*** principalmente algodão, milho e feijão

figura 10 - Carta de uso da terra - 1971 .

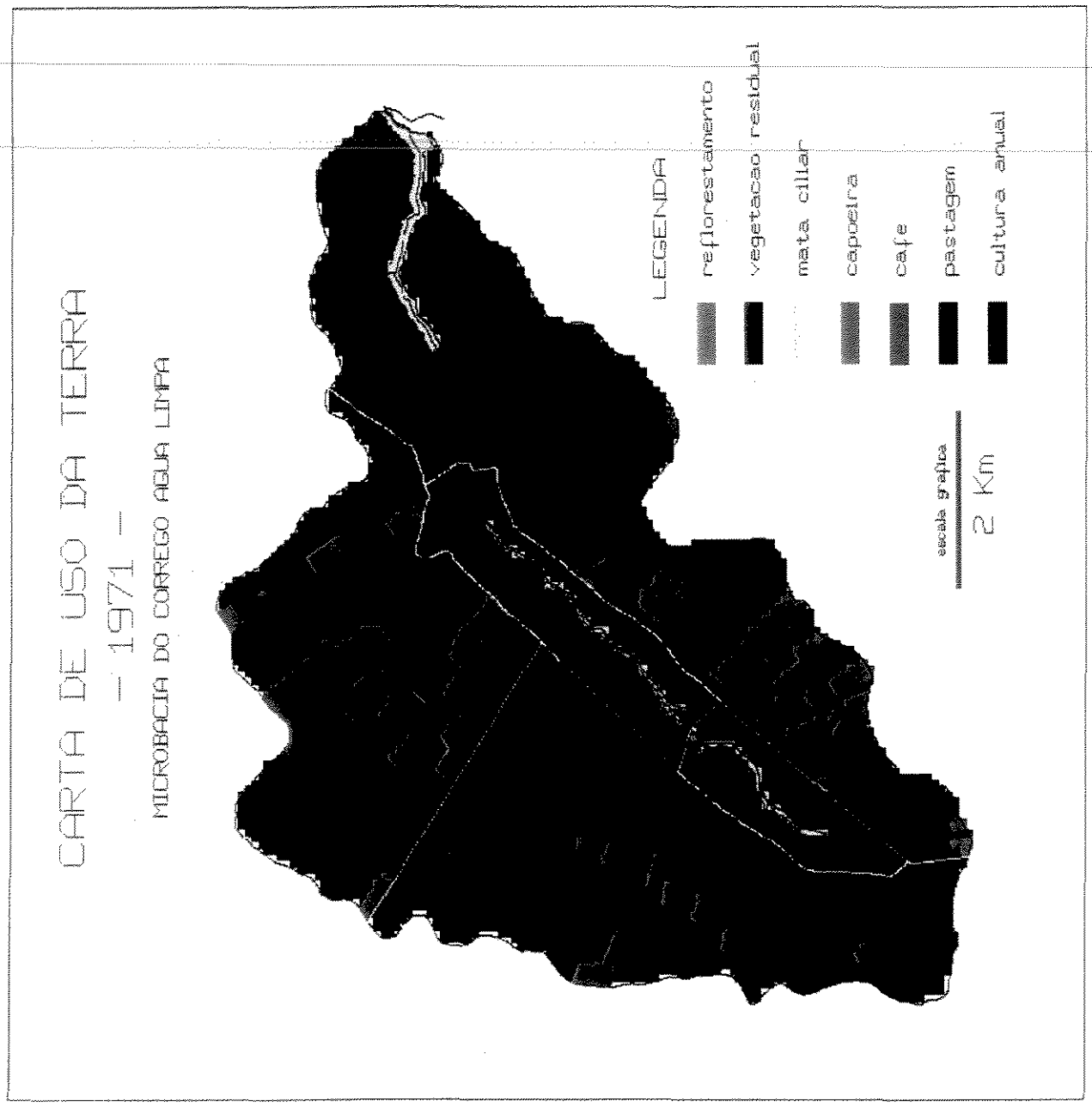
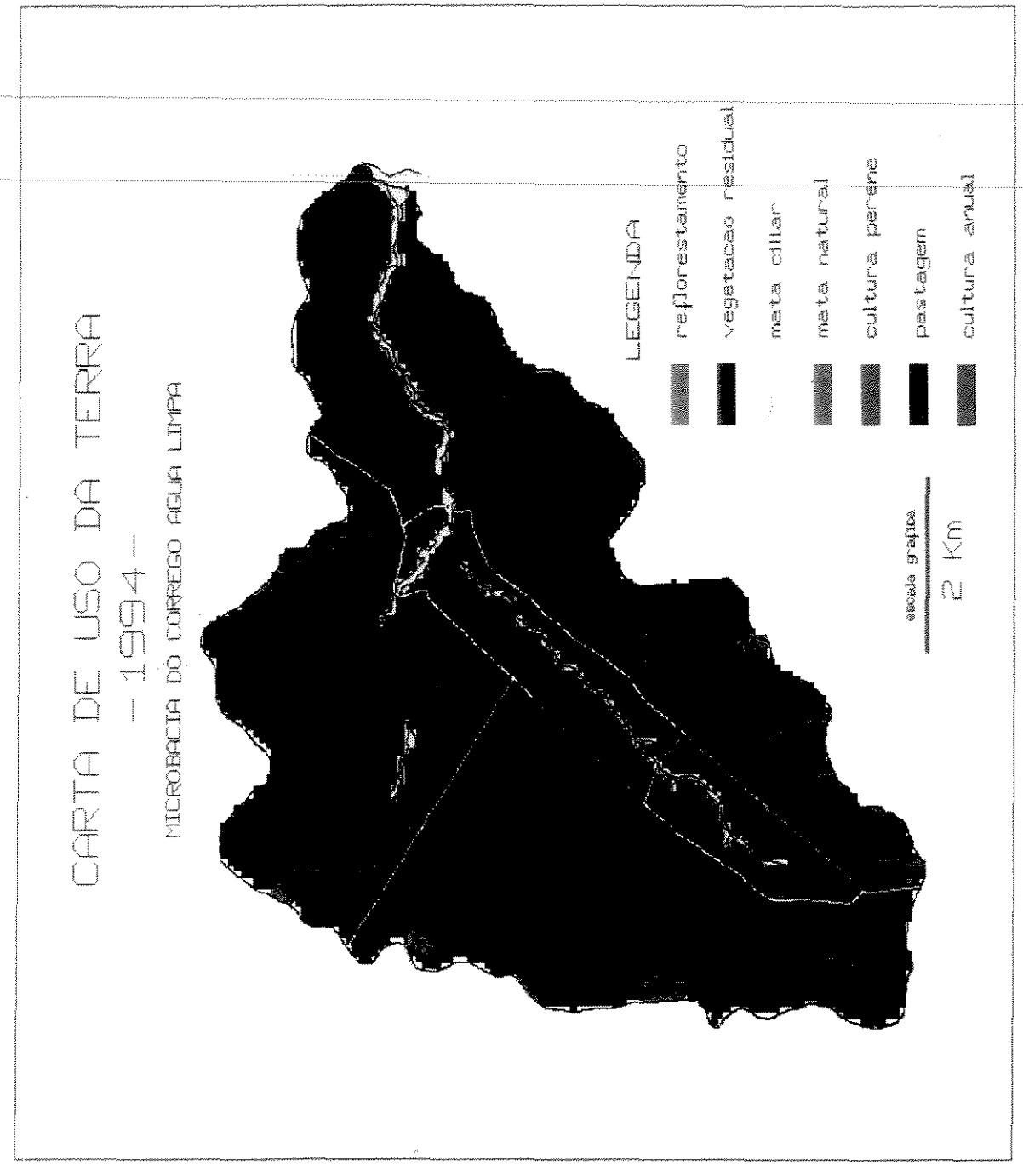


figura 11 - Carta de uso da terra - 1994.



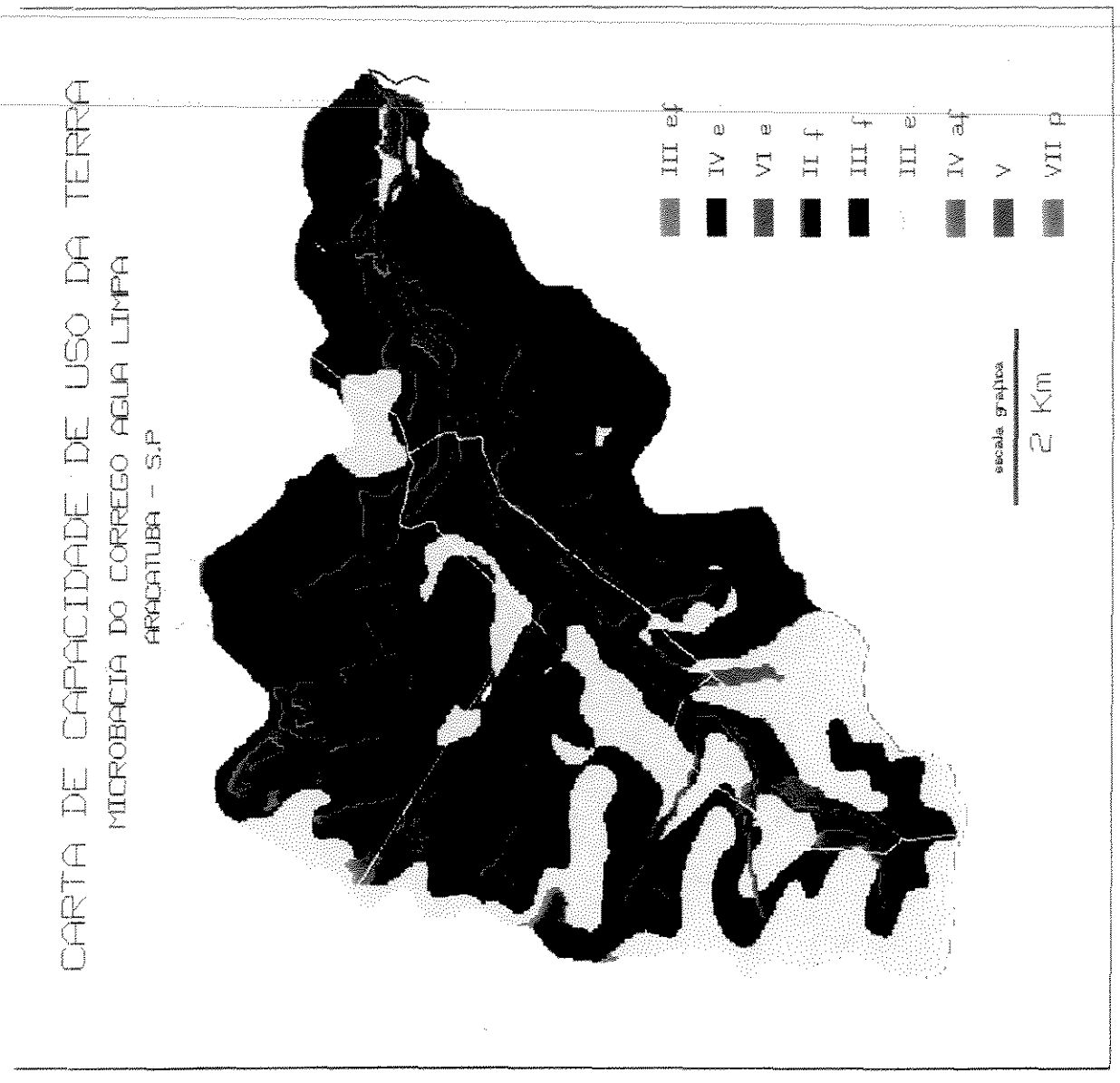
5.5. As classes de capacidade de uso das terras

O mapa elaborado no SIG apresenta, as seguintes classes e subclasses ou limitações de uso das terras, (figura 12):

Quadro 6 - Classes/subclasses e respectivas áreas obtidas na microbacia hidrográfica Córrego Água Limpa.

Classes / Subclasses	Área (ha)
II f	337 ha
III ef, III f, III e	1.165 ha
IV e	1.283 ha
IV af	55 ha
V	175 ha
VI e	186 ha
VII p	59 ha

figura 12 - Carta de capacidade de uso da terra.



5.6. O uso adequado das terras

Nesse estudo obteve-se os seguintes resultados, (adequação do uso das terras - 1971).

a) café x classes de capacidade de uso

Quadro 7 - Adequação das terras com café

Adequação das terras	área (ha)	% área total c/café
uso adequado	199 *	92
terra sobre-utilizada	17	8
	216	

* destes, 103 ha necessitam de medidas especiais de conservação de solo, ou seja, 52 % dessa área.

b) culturas anuais x classes de capacidade de uso

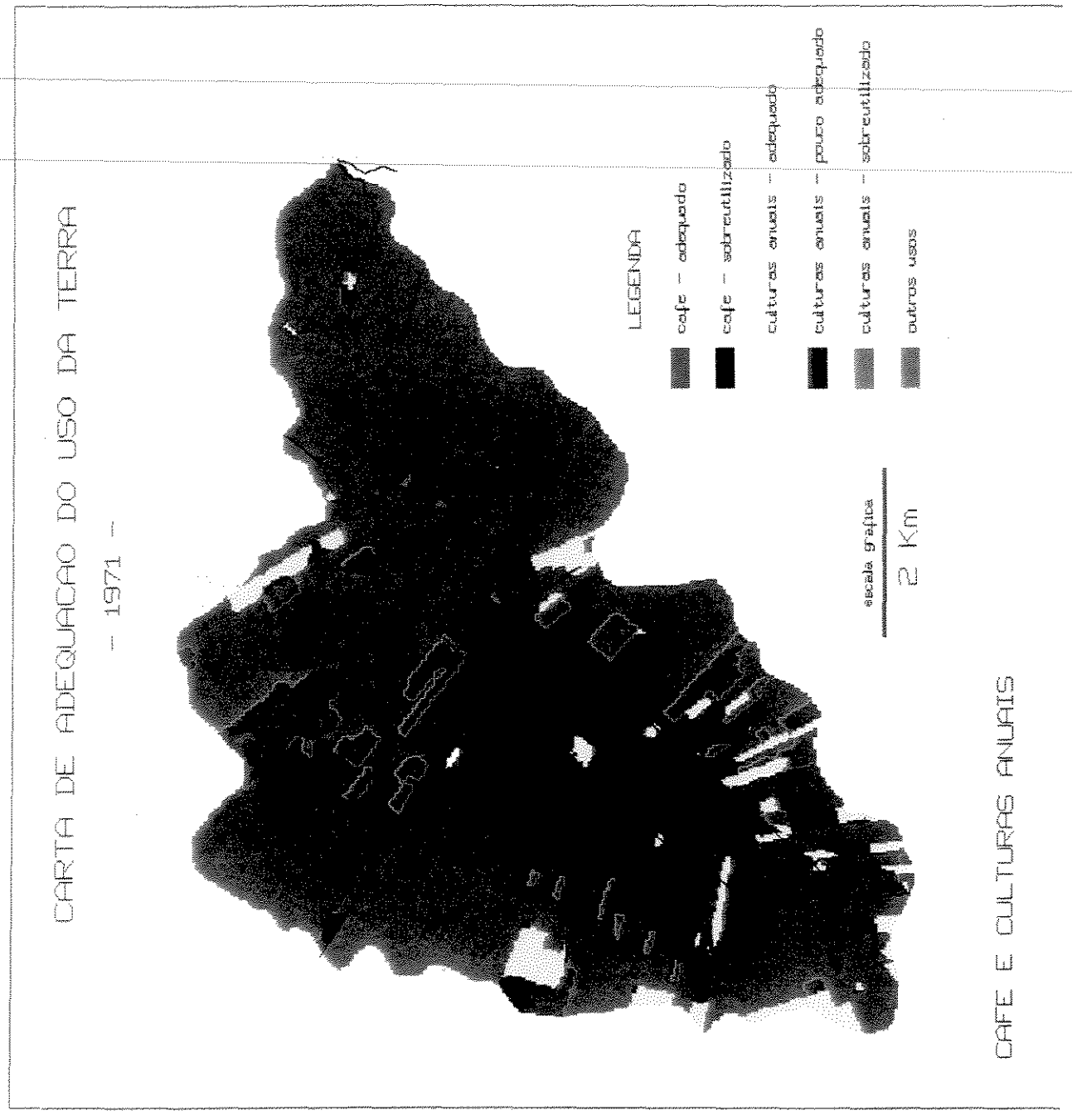
Quadro 8 - Adequação das terras com culturas anuais

Adequação das terras	área (ha)	% área total c/cult. anuais
uso adequado	138 *	63
uso pouco adequado	76	35
terra sobre-utilizada	4	2
	218	

* destes, 120 ha necessitam de medidas complexas de conservação do solo, ou seja 87 %.

A figura 13 mostra a adequação do uso da terra com café e cultura anual, em 1971.

figura 13 - Carta de adequação do uso da terra, 1971, (café e culturas anuais)



c) Pastagem x classes de capacidade de uso

Quadro 9 - Adequação das áreas com pastagens

Adequação das terras	área (ha)	% área total c/pastagens
uso adequado	1.417	52
uso pouco adequado	55	2
terra subutilizada	1.250	46
	2.722	

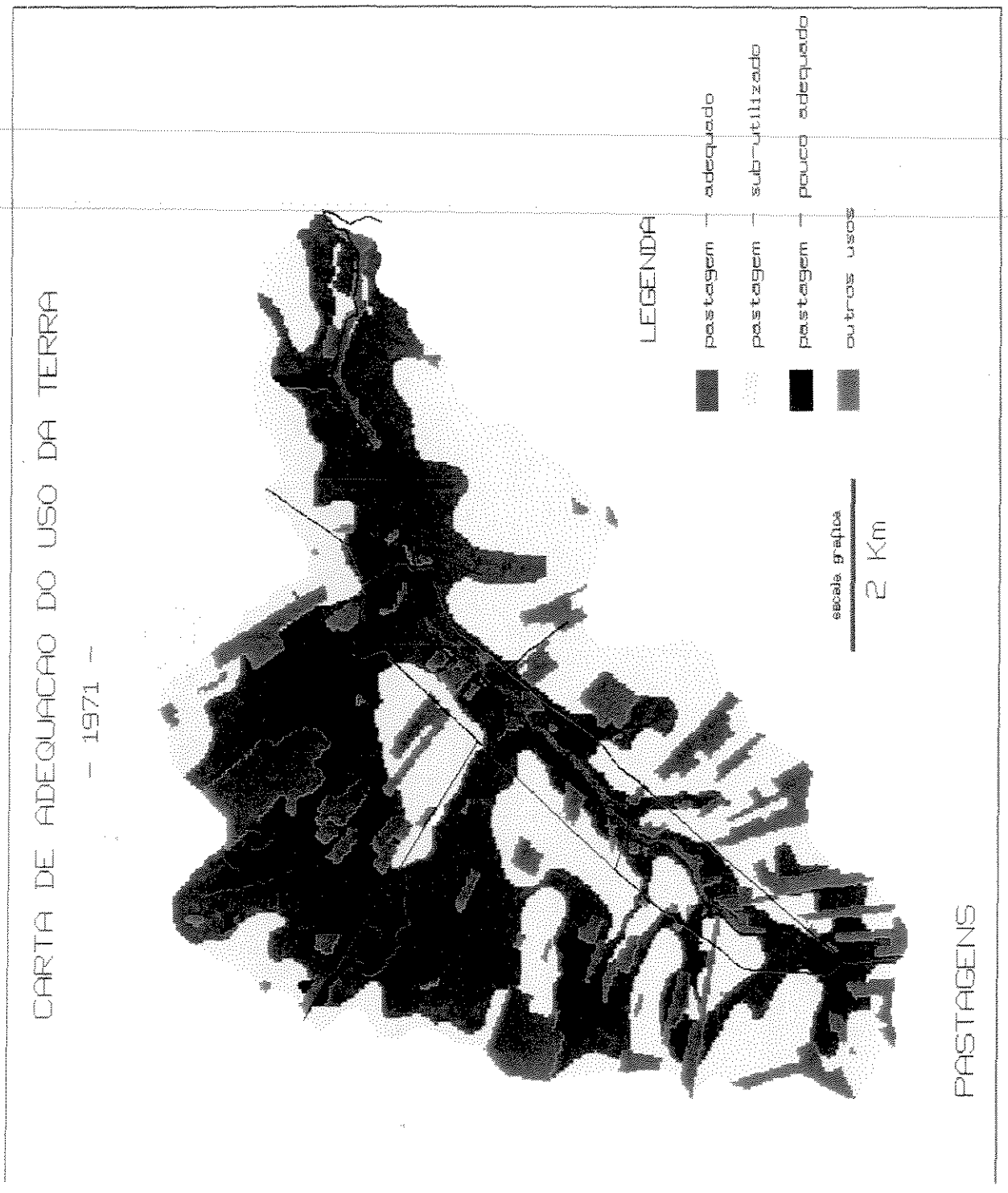
A figura 14 mostra as classes de adequação do uso das terras para pastagem.

d) reflorestamento

Quadro 10 - Adequação das áreas com reflorestamento

Adequação das terras	área (ha)	% área total c/reflorestamento
terra subutilizada	9,5	95
terra sobre-utilizada	0,5	5
	10	

figura 14 - Carta de adequação do uso da terra, 1971, (pastagens)



e) matas/capoeira/vegetação residual/mata ciliar

Quadro 11 - Adequação das terras com matas/capoeiras/vegetação residual/mata ciliar.

Adequação das terras	área (ha)	% área total
uso adequado	41	44,50
terra subutilizada	53	55,50
	94	

5.7. Adequação do uso das terras - 1994

Tem-se como resultados da adequação do uso das terras o que se segue:

a) culturas anuais x classes de capacidade de uso

Quadro 12 - Adequação das terras com culturas anuais.

Adequação das terras	área (ha)	% área total c/culturas anuais
uso adequado	78 *	57
uso pouco adequado	48	35
terra sobre-utilizada	10	8
	136	

* destes, 64 ha requerem medidas complexas de conservação de solo, ou 47% da área com uso adequado.

b) culturas perenes x classes de capacidade de uso

7 ha com uso adequado, ou 100 % da área com culturas perenes.

A figura 15 mostra a adequação do uso das terras para as culturas perenes e anuais (1994).

c) pastagem x classes de capacidade de uso (figura 16)

Quadro 13 - Adequação das áreas com pastagens

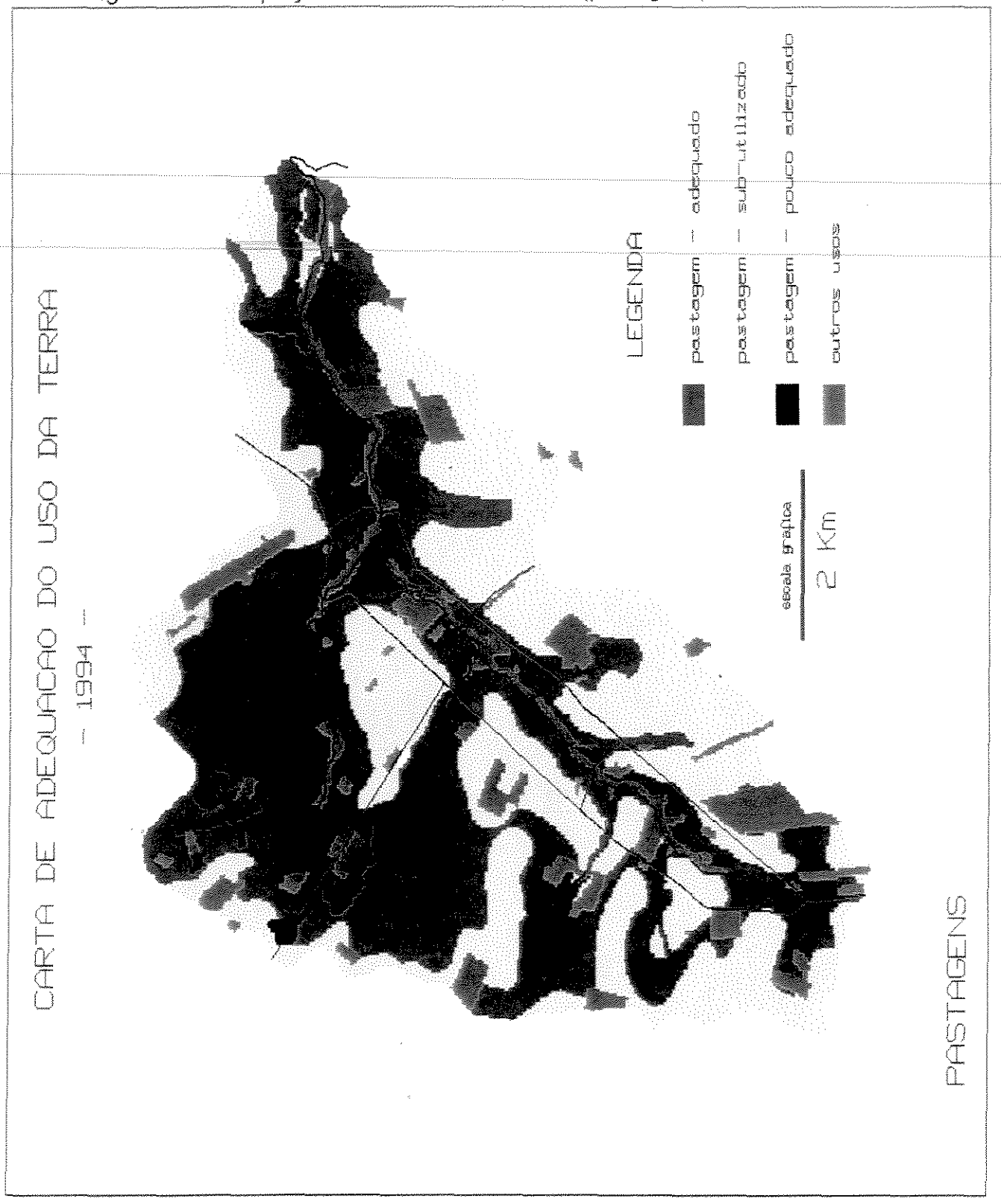
Adequação das terras	área (ha)	% área total c/pastagens
uso adequado	1.446	49
uso pouco adequado	177	6
terra subutilizada	1.328	45
	2.951	

d) reflorestamento

8 ha são terras subutilizadas e representam 100 % da área com reflorestamento.

figura 15 - Adequação do uso da terra, 1994, (culturas perenes e anuais)

figura 16 - Adequação do uso da terra, 1994, (pastagens)



b) mata/capoeira/vegetação residual/mata ciliar

Quadro 14 - Adequação das terras com matas/capoeiras/vegetação residual/mata ciliar.

Adequação das terras	área (ha)	% área total
uso adequado	75	47
terra subutilizada	83	53
	158	

5.8. Análise Geral da adequação do uso das terras

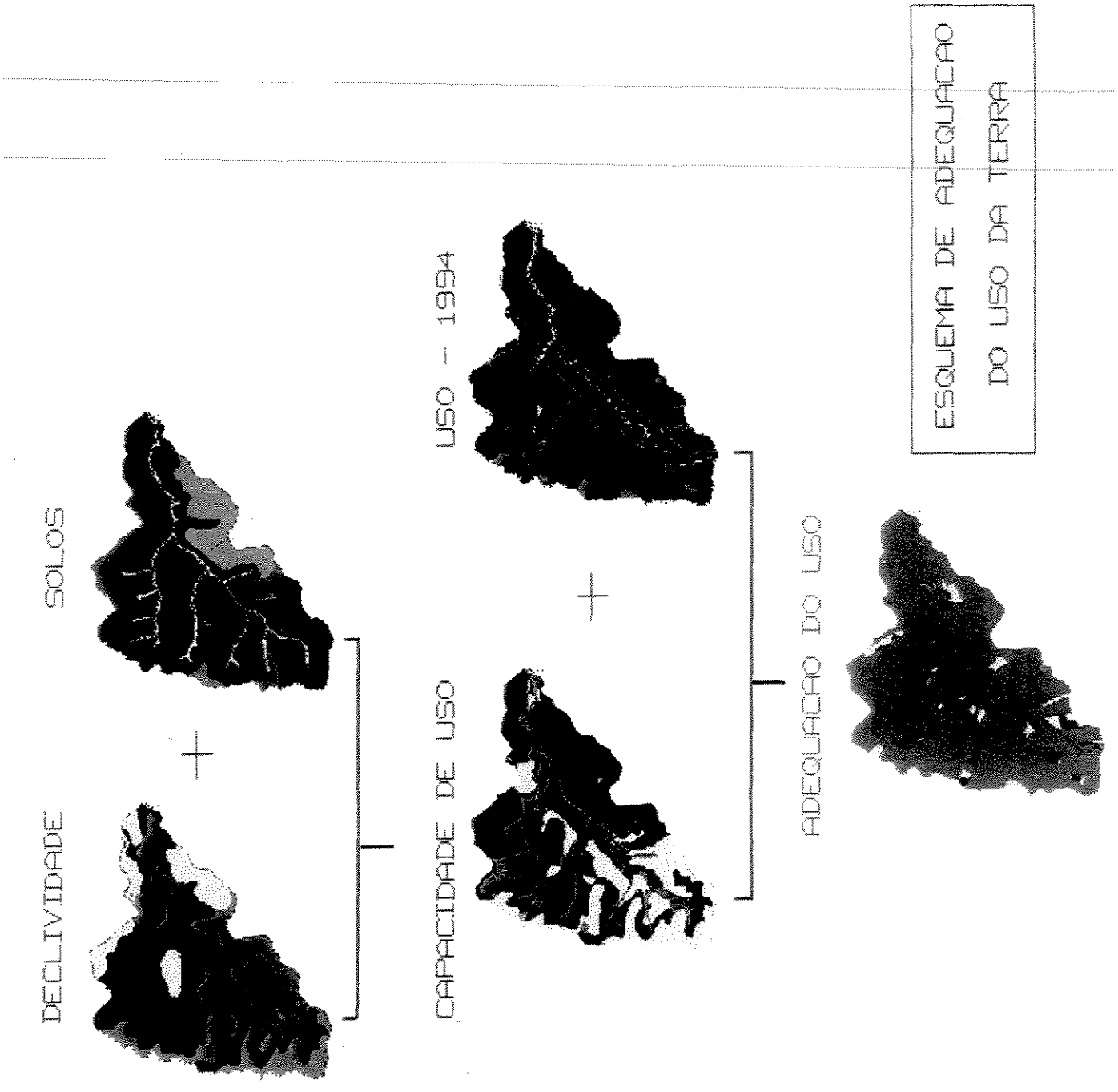
Analisando o total das áreas tem-se como resultado o seguinte quadro :

Quadro 15 - Comparação das taxas de adequação do uso das terras nos anos de 1971 e 1994 da microbacia hidrográfica da Água Limpa.

	Áreas em hectares							
Ano	área c/uso adequado	%	área c/uso pouco adequado	%	área subutilizada	%	área sobre-utilizada	%
71	1.795	55	131	4	1.312	40,4	21,5	0,65
94	1.606	49	225	7	1.419	43,5	10,0	0,30

A figura 17 mostra o esquema de obtenção das cartas de adequação do uso da terra.

figura 17 - Esquema de adequação do uso da terra.



5.9. O Uso da Terra comparativo 1971 x 1994

O quadro 16 mostra as modificações ocorridas em 23 anos na microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa, em relação ao uso da terra :

Quadro 16 - Uso da terra - Áreas em Ha, microbacia hidrográfica Córrego Água Limpa.

1971 / 1994	Reflores-tamento	Vegeta-ção residual	Mata ciliar	Capoeira	Café	Pastage m	Cultura anual	TOTAL Áreas 1994
Reflores-tamento	7,48	0	0	0	0	0	0,52	8,00
Vegeta-ção residual	1,50	36,00	0	0,50	0	6,00	0	44,00
Mata ciliar	0	4,00	19,00	0,72	0	61,00	0	85,00
Mata natural	0	0	1,00	22,00	0	6,00	0	29,00
Cultura perene	0	0	0	0	2,52	4,00	0	6,50
Pasta-gem	1,44	1,00	5,00	1,80	204,00	2.576,00	161,00	2.951,00
Cultura anual	0	0	0	0	10,00	69,00	57,00	136,00
TOTAL Áreas 1971	10,38	41,00	25,00	24,84	216,00	2.722,00	218,00	

Esses dados foram obtidos cruzando-se o uso (a) : plano de informação uso, com o uso (b) : plano de informação uso 94.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1. Uso da Terra

Os pontos importantes a serem ressaltados na discussão dos resultados em relação ao uso da terra na microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa, são :

- As explorações que predominam e sua relação com o processo erosivo.

- As áreas ocupadas por vegetação, que não culturas ou pastagens.

- A análise das mudanças, ao se comparar os usos em épocas diferentes.

6.1.1 As explorações mais importantes em relação ao uso 94 e sua relação com o processo erosivo

Na microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa predominam as pastagens, como mostram os resultados com cerca de 90 % da área da microbacia hidrográfica ocupada por essa categoria, sendo que, o tipo de

gramínea predominante é a Brachiaria, com manejo pouco adequado, pois a única maneira utilizada para melhorar as pastagens é a chamada reforma de pasto, que consiste em prática corrente entre os produtores, por ser menos onerosa, já que o adubo residual das culturas plantadas no ano anterior serve para o plantio das gramíneas que formarão o novo pasto. Além disso, o manejo dessas pastagens, principalmente nas propriedades maiores, onde se concentram essas áreas, é pouco utilizado. Com isso nas áreas onde o pasto interage com o uso inadequado ou pouco adequado para sua exploração, ou mesmo áreas com uso adequado, mas somente permitido o uso com medidas especiais de conservação do solo, o risco erosão é alto. Em 1971, isso ocorria em 55 ha das áreas de pastagens ou em 2 % - da área de pasto, em 1994 as áreas com esse risco passaram a 177 ha ou 6 % da área de pasto. Agravou-se portanto a situação nas áreas de pastagem em relação ao processo erosivo.

A área de pastagens aumentou em 7 %, enquanto os pastos em áreas de risco aumentaram 222 %, ou mais de 2 vezes em área.

Segundo Lombardi Neto (1996) medidas conservacionistas devem ser adotadas, como por exemplo :

- rompimento ou desagregação da camada compactada
- aplicação de corretivos e fertilizantes : em função do solo e do capim
- dotação adequada de animais por unidade de área
- pastoreio rotacional

- controle do fogo
- controle de pragas e doenças
- aguadas : melhoria do abastecimento e localização
- sal, alimentos e abrigos : local adequado para distribuição
- proteger com cercas pequenas barragens e sangradouros
- sulcos de retenção
- combater desenvolvimento de voçorocas

Em relação as culturas anuais, em 1994, época da obtenção da imagem, havia apenas 136 ha de culturas anuais, sendo exploradas na microbacia hidrográfica.

Os levantamentos da Secretaria da Agricultura realizados anualmente demonstram, que predominam na área as culturas do algodão, milho e feijão, plantados normalmente com medidas de conservação do solo de caráter mecânico, principalmente construção de terraços de base média ou embutidos. Essas medidas tem contido razoavelmente o processo erosivo, mas não bastam, pois 58 ha dessas culturas, ou aproximadamente 42 % das áreas com culturas, estão em terras de uso pouco adequado ou inadequado para essas explorações. Ou seja, há um alto risco de erosão nessas áreas mesmo com as citadas atividades mecânicas de contenção.

Neste caso, há necessidade de se modificar as áreas exploradas, por áreas com menos risco, ou se utilizar de medidas complexas de conservação do solo, que segundo Lombardi Neto (1996) são:

- as operações de preparo do solo, plantio, cultivo e colheita deverão ser realizadas de tal maneira e com equipamento apropriado a fim de deixar todo o material residual na superfície ou parcialmente incorporado ao solo. Não queimar restos de culturas.
- proceder rompimento ou desagregação de cama da compacta
- manter o solo coberto durante todo o tempo com cultura ou com restos de cultura.
- manutenção ou aumento da matéria orgânica do solo - incorporação de resíduos de culturas, adubação verde ou orgânica.
- aplicação de corretivos e fertilizantes : função do solo e cultura.
- rotação de culturas : incluir culturas de inverno e culturas que produzam alta quantidade de material residual.
- culturas em faixas (retenção)
- terraços de base média em nível ou gradiente : em função do solo e chuvas.
- canais escoadouros (complemento terraços com gradiente).
- manutenção dos terraços e canais.
- tratos culturais: controle de pragas e doenças.

6.1.2 Vegetação

Ao se analisar o total das áreas da microbacia hidrográfica e o total da vegetação existente, incluindo reflorestamento e mata ciliar, observa-se que há uma carência de vegetação em toda a área, pois num total de 3.260 ha, há apenas 166 ha de matas (incluindo reflorestamento), ou seja, aproximadamente 5 %. O desmatamento contribui em alto grau para o avanço do processo erosivo, e nesse caso, houve um agravante sendo a mata substituída num primeiro momento, para a implantação de culturas como o café, plantadas muitas vezes sem o devido cuidado conservacionista, como plantio em nível e manejo adequado do mato; e o algodão, cultura anual com alto grau de risco de erosão.

A mata natural ou o simples reflorestamento com espécies adequadas, terão que ser retomados nas propriedades da microbacia hidrográfica, seja para atender lei específica dos órgãos do Governo que tratam do meio ambiente, que prevê o plantio de áreas de reserva com 20 % das terras da propriedade, ou como medida de controle da erosão em áreas de risco elevado, como encostas íngremes, processos erosivos avançados como voçorocas, proteção de nascentes ou áreas completamente inadequadas para explorações comerciais.

Fato importante que ocorreu na microbacia, no entanto, foi a área com mata ciliar de 85 ha, o que realmente constatamos em visita à área. Há realmente uma mata ciliar que envolve praticamente todo o percurso do córrego. Uma das exceções nesse trecho, no entanto, é exatamente onde ela seria mais necessária, na nascente, onde se constata uma ausência total de vegetação colocando em risco a existência do córrego.

Ressalta-se também que a área em questão (mata ciliar) apresenta-se grande devido a presença de matas residuais ou capoeiras que acompanham a maioria dos braços primários e secundários do córrego. Deve-se preservar essa mata e trabalhar para a proteção da nascente principal e das diversas nascentes que são colaboradoras do córrego durante seu percurso.

6.1.3. O uso 1971 x uso 1994

Mudanças expressivas no uso da terra em termos de área, ocorreram em relação a mata ciliar, que em 1971 era de 28 ha e em 1994 passou para 85 ha, com um aumento em torno de 310 %. Em relação às pastagens, em 1971 eram de 2.722 ha, e em 1994 2.951 ha, com um aumento de 229 ha ou algo em torno de 8 %. Mas a mudança mais expressiva ocorreu com a cultura do café, que em 1971 ocupava 216 ha e tinha uma importância fundamental para o sustento das famílias dos agricultores, chegando até a empregar grande quantidade de mão de obra e trazer máquinas e equipamentos para seu beneficiamento.

Toda essa plantação devido a vários fatores, nesses 23 anos, reduziu-se a poucas plantas espalhadas por diversas propriedades, mas insignificante em termos de área e inexpressivo em termos econômicos.

A área com café praticamente transformou-se em pastagens (área de pasto aumentou em 229 ha) transformando o perfil dos pequenos produtores da microbacia hidrográfica, de produtores de café para produtores de leite, já que esse fenômeno ocorreu basicamente nas pequenas propriedades.

6.2. Classes de Declividade

A topografia do terreno, muitas vezes, é o principal condicionador da capacidade de uso das terras, por isso, as classes de declividade e a análise de suas áreas é de grande valia para o estudo de microbacias e de seu processo erosivo. Na microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa observa-se um relevo suave ondulado com extensas rampas, onde predominam as classes de declividade B e C, ou seja, de 3 a 6 % (994 ha) e de 6 a 12 % (1.645 ha) respectivamente. Juntas, representam 2.639 ha ou cerca de 80 % da área da microbacia hidrográfica

Logicamente 3 % e 12 % é uma diferença significativa em termos de declividade, influenciando de modo diferenciado a capacidade de uso das terras. No entanto, o que prevalece nesses intervalos é uma média, ou seja, no intervalo de 3 a 6 %, predominam os declives entre 4 e 5 % e de 6 a 12 % predominam os

declives entre 8 e 10 %. A classe A (0 a 3 %) ocorre numa área de 408 ha ou cerca de 12 % da área da microbacia hidrográfica, correspondendo às áreas quase planas, com escorrimento superficial lento, não oferecendo problemas ao uso de máquinas e a erosão hídrica é pouco significativa.

A classe B (3 a 6 %), ocorre numa área de 994 ha ou cerca de 30 % da área da microbacia hidrográfica. Apresenta declives suaves e escorrimento lento a médio. Conforme o tipo de solo em que ocorre e o comprimento de rampa, há necessidade de medidas conservacionistas, mas não há impedimento para utilização de máquinas.

A classe C (6 a 12 %), ocorre numa área de 1.645 ha ou 50 % da área da microbacia hidrográfica. O escorrimento superficial é mais rápido que nas classes anteriores, pois as superfícies são mais inclinadas. Conforme o tipo de solo associado pode haver necessidade de medidas complexas de conservação de solo. O declive, por si só, não é impedimento para o uso de máquinas.

A classe D (12 a 20 %), ocorre nas áreas mais inclinadas da microbacia hidrográfica, representam 153 ha ou cerca de 4,5 % da área da microbacia hidrográfica. Tem escorrimento rápido, dificultando o uso de máquinas, tendo-se que adotar explorações que não mobilizem o solo. A classe E (20 a 40 %), corresponde a 60 ha ou 1,8 % da área da microbacia hidrográfica. São áreas com forte inclinação e absolutamente restritas ao uso agrícola.

A análise dos dados indica que a declividade média na microbacia hidrográfica do Córrego Água Limpa permite o uso de máquinas, e, permite uma ampla exploração agrícola. As áreas com problemas mais sérios em relação a declividade e onde se pode desenvolver um processo erosivo mais sério correspondem a 213 ha ou aproximadamente 6 % da área da microbacia hidrográfica. Porém, a associação da declividade com as características de solo é que determina o uso correto das terras para se evitar ou minimizar o processo erosivo.

6.3. O Solo

Há na microbacia hidrográfica uma predominância de solos podzólicos cobrindo uma área de 2.382 ha ou cerca de 73 % da área da microbacia hidrográfica, com presença marcante da característica eutrófica (2.573 ha), ou seja, com elevada saturação por bases (V%). Apesar desse atributo positivo, predomina também uma argila de baixa atividade, a CTC tem valores baixos na maioria dos perfis analisados.

Se no aspecto químico o V% (saturação por bases) elevado é uma característica enriquecedora desses solos, por outro lado, do ponto de vista físico, são solos que apresentam uma camada no horizonte B de acúmulo de argila, tendo esse tipo de horizonte a denominação de B textural, o que diminui principalmente sua permeabilidade e acarreta problemas de manejo e

conservação. Por isso, em toda essa área há problemas no uso do solo, e, medidas conservacionistas de moderadas a severas devem ser tomadas, de acordo com a associação que houver com a declividade e grau da diferença textural.

Os latossolos representam 590 ha ou cerca de 18 % da área da microbacia hidrográfica, com predominância para a associação LVa + LVd com 399 ha. Estes solos, tem como características alta saturação por alumínio (álicos) e baixa saturação por bases (distróficos), atributos químicos que necessitam de correção para melhorar a fertilidade e consequentemente as explorações. Porém, no aspecto físico, são solos profundos que apresentam boa permeabilidade, fácil mecanização e geralmente ocorrem em áreas com pouca declividade, minimizando o processo erosivo na microbacia hidrográfica.

Existem ainda 55 ha de solos AQh ou Areia Quartzoza hidromórfica, solos com predominância de areia em todo o seu perfil, mas que se apresentam associados a hidromorfismo por serem encontrados em áreas baixas próximas principalmente das drenagens secundárias. São solos pouco utilizados para exploração devido suas limitações físicas e químicas.

Os Gley Pouco Húmico ocorrem numa área de 174 ha ou cerca de 5% da área da microbacia hidrográfica, são solos que margeiam as drenagens e o leito do córrego principal e possuem características resultantes de grande influencia do lençol freático, apresentando por isso o horizonte Gley (acinzentado), com problemas sérios para o seu uso agrícola. Através de um bom

manejo da água, com drenagem adequada, pode-se explorar essas áreas desde que haja projeto nesse sentido apresentado ao órgão competente do meio ambiente. Na microbacia hidrográfica algumas dessas áreas são exploradas por pequenos produtores obtendo-se bons resultados, já que em algumas áreas esses solos apresentam-se com predomínio de argila no seu perfil, o que garante um melhor manejo da água.

Há ainda 59 ha de LIe ou solo litólico, que apresentam contato litólico, solos rasos, de pouca profundidade, não atingem um metro até o contato com a rocha de origem. Essa característica torna sua exploração inviável, indicando que esses solos limitam-se à preservação da vegetação natural ou regeneração de mata. Na microbacia hidrográfica estão associados a declividade elevada (12 a 20%) próxima a drenagens secundárias.

6.4. Capacidade de Uso das Terras

Obteve-se as classes III e IV com limitações de fertilidade e erosão principalmente nessa última, com predominância em 2.448 ha ou cerca de 75 % da área da microbacia hidrográfica. Comparativamente, temos as classes de declividade B e C que representam 80 % da área e os solos Podzólicos, com B textural, que correspondem a cerca de 73% da área. Portanto, as classes de capacidade de uso refletem perfeitamente as condições, principalmente físicas, que se encontram na microbacia hidrográfica. Sem analisarmos o uso que há

nesses solos podemos inferir que com essas características e nas classes de capacidade de uso predominantes algumas ações conservacionistas são recomendadas, sendo classes que permitem uma exploração agrícola ampla, porém com restrições quanto ao manejo.

Na microbacia hidrográfica esses solos associam-se em grande parte a pastagens, tornando o risco de erosão menor, devido principalmente a ampla cobertura e o não revolvimento constante do solo. O risco maior ocorre na chamada reforma de pasto, quando, sem qualquer medida conservacionista, cultivam-se culturas anuais, expondo o solo e levando-o à degradação.

Como mais da metade dessas áreas encontram-se na classe IVe, ou seja, com características mais exigentes com relação ao manejo, tornam-se mais urgentes a adoção de praticas que evitem a erosão.

Há ainda 230 ha ou cerca de 7 % da área em classes IVaf e V, ou áreas restritivas para a exploração devido a influencia do lençol freático ou problemas de permeabilidade no perfil. Essas áreas com o devido manejo e sendo economicamente viável, podem ser incorporadas à produção.

Com restrições mais severas para o uso agrícola, por encontrarem-se nas classes VIe e VIIp, temos 245 ha ou cerca de 7 % da área da microbacia hidrográfica, sendo que destes, 59 ha são praticamente vetados a exploração agrícola devido a problemas com mecanização e risco se vero de erosão. São áreas que em grande parte da microbacia hidrográfica são utilizadas como pastagens, mas sem medidas protetoras, com isso certamente ocorrerá

degradação desses solos e erosão profunda. Recomenda-se utilizar os solos que se enquadram na classe VIe, no máximo com pastagem ou reflorestamento com medidas severas de conservação de solo. Como por exemplo, além de medidas já citadas específicas para pastagens complementa-se com ; cuidados especiais no preparo de solo, controle de voçorocas, uso moderado das pastagens, descanso dos pastos, e, utilização e trato das pastagens de acordo com o tipo de exploração pecuária.

6.5. Adequação do uso das Terras

Utilizou-se a classificação de terras adequadas, terras pouco adequadas, terras subutilizadas e terras sobre utilizadas. Nesse item, não se procedeu análise da utilização de medidas de manejo ou conservação do solo feitas pelos produtores, o que poderia mudar a classificação de algumas áreas.

Nesse estudo, a comparação entre o ano de 1971 e o ano de 1994 é interessante, pois há 23 anos atrás o agricultor tinha um menor acesso à informação, à pesquisa e à divulgação de processos de manejo e conservação do solo. As culturas mudaram, assim como as práticas de cultivo; aumentaram o uso de máquinas e insumos, acarretando um nível mais intenso de interferência do homem no meio ambiente. Os resultados mostram que com relação às áreas com uso adequado houve um pequeno retrocesso de 1971 para 1994, pois havia em

1971, 55 % das áreas com uso adequado, e, em 1994 esse número passou para 49 %, uma diminuição de 6 %.

Também, as áreas com uso pouco adequado, que correspondiam a 4 % das áreas, passaram para 6,9 %. Objetivamente, sem analisar medidas de controle, há um avanço do processo erosivo nessas áreas. Provavelmente, nesse caso, são áreas de pastagens que invadiram áreas restritivas para essa exploração.

As terras sobre-utilizadas ou terras com utilização inadequada, com alto risco de erosão devido ao uso, tiveram uma diminuição de 50 %, apesar da pequena área que ocupam. Provavelmente, nesse caso, com a diminuição de 38% nas áreas com culturas anuais, de 1971 para 1994, houve uma ocupação dessas lavouras em terras mais aptas.

Em relação às áreas com terras subutilizadas, houve um aumento dessa classe de 3,5%, representado pelo aumento das pastagens nas áreas de classe de capacidade de uso III.

Boa parte das áreas da microbacia hidrográfica tem boa taxa de adequação das terras devido principalmente ao avanço das pastagens, que mantém uma boa cobertura do solo o ano todo e pequeno revolvimento do solo, propiciando sua utilização até em classes mais restritivas para culturas tradicionais.

Porém há que se lembrar que :

. As pastagens (Brachiaria) invadiram áreas de classes VI e VII, áreas essas senão proibitivas, mas com severos riscos de erosão.

. As pastagens que representam a maior área em termos de uso na classe IVe, maior classe representada na microbacia hidrográfica, terão que ser manejadas adequadamente, e serem adotadas práticas complexas de conservação de solo, sob o risco de aumento acentuado do processo erosivo.

7. CONCLUSÕES

7.1. O estudo do meio físico em Microbacias Hidrográficas para o planejamento do uso da terra

O uso da unidade fisiográfica microbacia hidrográfica, permitiu um estudo mais completo e detalhado do meio físico para fins conservacionistas, pois analisa os principais fatores que compõem esse meio, onde um fator interage sobre o outro, existindo nessa unidade uma interdependência, uma relação causa/efeito natural, originando as características de cada um. Essa relação dialética entre os fatores nos permite o estudo e compreensão dos fenômenos de forma global, em toda essa unidade, pois a forma da rede de drenagem interfere no relevo que influencia o tipo de solo. Sendo assim, a utilização de pequenas bacias hidrográficas como unidade de estudo para o planejamento de utilização racional da terra, nos mostrou através desse trabalho ser a mais coerente e a que proporciona maiores informações para decisões e propostas a serem elaboradas.

7.2. O uso do Sistema de Informações Geográficas

O uso do SIG para a obtenção dos dados obtidos do meio físico e na integração dos dados geocodificados demonstraram o grande potencial desse sistema para as áreas que trabalham com recursos naturais.

Os complexos cruzamentos de mapas e informações ocorrem de forma precisa e rápida, obtendo-se economia de tempo e muita eficiência em relação aos métodos tradicionais ou manuais. O planejamento de áreas para a exploração racional, a agricultura sustentada e a preservação dos recursos naturais ganham, sem dúvida, uma poderosa ferramenta, que apesar de todo esse potencial pode e deve incrementar ainda mais seus recursos, visando a simplificação de alguns procedimentos.

Nesse sentido a introdução dos dados georeferenciados implica ainda nesse programa e método adotado, um trabalho minucioso, que com certeza deve simplificar-se com o avanço das pesquisas nessa área.

Outro dado importante na utilização do SIG é a possibilidade de produção de mapas, de boa qualidade gráfica em escalas diversas.

Os dados podem também ser arquivados e manipulados para um futuro prosseguimento e atualização dos estudos, o que facilita muito o trabalho de consulta e pesquisa.

Nesse tipo de estudo, planejamento do uso da terra, utilizando um SIG, é necessário além do conhecimento técnico para levantamento e análise do meio físico, um conhecimento básico do programa, para entendermos os procedimentos a serem adotados que são de relativa complexidade.

7.3. A Utilização da Terra na bacia hidrográfica

Os dados demonstram que a mudança mais significativa em termos de uso da terra, comparando 1971 e1994 foi a queda praticamente total da área de café, e o aumento da área de pastagem. Teoricamente do ponto de vista da cobertura do solo poder-se-ia inferir numa melhoria no processo de avanço da erosão, mas no entanto constata-se que as pastagens entraram não só em áreas do café como também em áreas de alto risco de erosão, e, sem as medidas protetoras do solo, em muitas dessas áreas são ações imprescindíveis. Assim o uso de medidas já mencionadas de manejo e conservação do solo em áreas de pastagens, principalmente quando em sua reforma, são fundamentais para se evitar a degradação do solo, o avanço da erosão e o comprometimento do córrego e suas nascentes.

A vegetação com espécies nativas na cabeceira do córrego é de extrema importância para não comprometer sua vazão e o abastecimento de água ao longo do seu percurso.

É alto o uso adequado das terras na microbacia hidrográfica, por conta da grande porcentagem de área ocupada pelas pastagens, esse dado mascara os problemas já citados de manejo inadequado e ausência de medidas conservacionistas mais severas. Em função disso a análise e a leitura dos dados de adequação das terras tem que ser feitas com cuidado.

Conclui-se também que essas áreas de pastagens, que podem representar sérios riscos de erosão quando realiza-se a substituição temporária por culturas anuais (reforma), são representativas do que ocorre na maioria das áreas onde se concentram pequenas e médias propriedades no Oeste paulista.

Esta conclusão enfatiza a necessidade de políticas públicas específicas, visando a substituição daquela prática, proporcionando um uso mais permanente e adequado do solo.

Esse estudo, apesar da abordagem em planejamento do uso da terra, procurou apenas levantar os dados fisiográficos da microbacia hidrográfica, analisá-los e elaborar a capacidade de uso, com proporções de ações conservacionistas e de uso da terra que diminuam as inadequações observadas, sem analisar outros aspectos, como o econômico, ou detalhamento maior do clima, etc. . Esses fatores que completariam o planejamento propriamente dito.

8. ANEXOS

FOLHA PARA DETERMINAÇÃO DAS UNIDADES DE SOLO

PONTO	Atributos Químicos V/m*	Acúmulo Argila 20 - 100 cm	cor Hor. B	Textura A/B	Horizontes Diagnósticos		Obs:	Unidade de solo (provável)
					A	B		
235	eutrófico	≥ 50%	5yR 4/6	média/média	moderado	latossólico	relação silte-argila <0,7	LVA
236	álico	< 50%	5yR 4/1	média/média	moderado		alta permea-bilidade	AGh
237	eutrófico	> 50%	5yR 4/6	média/média	moderado	textural		PVA
238	eutrófico	> 50%	5yR 3/3	média/média	moderado	textural		PV
239	distrófico	< 50%	10yR 4/1	média/média	moderado			AQh
240	eutrófico	> 50%	2,5yR 4/6	média/média	moderado	B textural		PE
241	eutrófico	> 50%		média/média	moderado	B textural		PE

Obs: V= saturação por bases
m= saturação por alumínio

INSTITUTO AGRONÔMICO - CAMPINAS - SÃO PAULO
DIVISÃO DE SOLOS - SEÇÃO DE PEDOLOGIA

Ficha para anotações no campo da descrição sumária de solo

PONTO N.° *235*	Quadr.	Folha		Coord.	Data: *11/05/93*
Unid. Mapeat.°			Ortotipo	Variação	
Classificação *Podz. V. Amarelo*					Altitude
Situação *1/3 inferior*			Declive *5%*	Relevo S.O.	
Veg. Orig.			Veg. Atual *Pasto*	Erosão ----	

Outras observações

Esboço

camada	horizonte	prof. (cm)	espessura	transição	cor U-úmida S-seca	textura	Estrutura e Cerosidade	Consistência			pH	Outras características e observações
								S.	U.	M.		
	A	50										
	B	80 -100		%yR 4/6								

INSTITUTO AGRONÔMICO DO ESTADO DE SÃO PAULO -SEÇÃO DE PEDOLOGIA
FOLHA DE TRANSCRIÇÃO DOS DADOS MORFOLÓGICOS E ANALÍTICOS DE SOLO

Ponto	REGISTRO		Trab		amostra	camada	HORIZONTE			COR			GRANULOMETRIA						pH		CATIONS						C	N	complexo		
N.°	Número	ano	programa	projeto			SIMBOLO	LIMITE SUP.	LIMITE INF.	MATIZ	VALOR	CROMA	METODO	CALHAU	CASCALHO	AREIA GROSSA	SILTE	ARGILA	ÁGUA	KCl	Ca	Mg	K	Na	Al	H			SiO_2	$Al2O_3$	Fe_2O_3
							←	cm	→				←		%			→			←		meq / 100 g			→	←		%	→
233	212 41	93	7	3	2		-	20	40	-	-	-				2	9	10	6,3	5,0	1,6	0,5	0,05	0,04	0,3	0,5	0,4				
233	42				3		-	40	60	-	-	-				4	7	8	6,5	5,0	1,1	0,6	0,05	0,06	0,3	0,2	0,2				
233	43				4		17	60	80	-	-	-				3	10	2	6,9	5,5	1,1	0,3	0,14	0,08	0,1	0,1	0,2				
233	44				5		18	80	100	-	-	-				2	17	18	6,9	5,3	1,2	0,7	0,08	0,18	0,1	1,4	0,8				
234	45				1		-	0	20	-						5	15	8	6,4	5,1	1,0	0,6	0,21	0,03	0,1	1,1	0,7				
234	46				2		-	40	50	-						1	13	10	6,6	5,2	0,9	0,5	0,10	0,05	0,1	0,6	0,3				
234	48				3		17	50	60	-						2	13	12	6,5	5,0	1,3	0,5	0,11	0,03	0,3	0,4	0,3				
234	49				4		18	80	100	60	6,0	3,0				1	13	31	7,5	3,8	0,2	0,2	0,15	0,04	0,1	0,5	0,3				
235	50				1		-	0	20	-	-	-				2	16	9	6,1	5,1	2,4	1,2	0,74	0,10	0,1	2,0	1,3				
235	51				2		17	40	60	-	-	-				1	12	16	6,4	5,1	2,3	0,9	0,65	0,04	0,1	0,8	0,4				

[1 5 10 12 14] [51 52 53 55 58 61 63 65 67 68 70 72 74 76 78 80 82 85 88 91 94 97 100 103 106 109 112

235	212 52	93	7	3	3		18	80	100	40	4,0	6,0				1	13	27	6,3	5,4	2,8	1,0	0,29	0,05	0,1	0,6	0,3				
236	53				1		-	0	20	-	-	-				1	14	7	5,9	4,7	0,9	0,2	0,24	0,06	0,3	1,2	0,6				
236	54				2		-	20	40	-	-	-				2	12	10	5,0	3,8	0,4	0,2	0,15	0,05	1,0	2,2	0,8				
236	55				3		-	40	60	-	-	-				2	14	11	5,1	3,8	0,6	0,2	0,19	0,08	0,9	3,4	1,1				
236	56				4		17	60	80	-	-	-				6	13	13	5,2	3,8	0,6	0,2	0,21	0,06	1,1	3,3	0,9				
236	57				5		18	80	0	40	4,0	1,0				2	15	13	4,4	3,9	0,8	0,3	0,20	0,06	0,8	3,1	0,8				
237	59				1		17	0	20	-	-	-				3	12	12	5,8	4,9	2,6	1,0	0,23	0,06	0,2	1,7	1,1				
237	60				2		18	80	100	40	4,0	6,0				1	12	33	6,6	5,4	2,4	1,0	0,73	0,05	0,1	0,9	0,3				
238	61				1		17	0	20	-	-	-				4	11	10	6,2	5,1	1,8	1,1	0,36	0,05	0,1	1,2	1,1				
238	63				2		18	80	100	40	3,0	3,0				1	14	25	6,7	5,2	3,6	1,0	0,32	0,09	0,0	1,7	0,5				

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, D.S. ASSUNÇÃO, G.V., FORMAGGIO, A.R. *Mapa de Aptidão Agrícola das Terras e Uso Adequado das Terras: uma abordagem usando SIG e imagens de satélite.* São José dos Campos, SP: Instituto de Pesquisas Espaciais e Ministério da Ciência e Tecnologia, [198]. 5p. Curso de SIG.

____. CAMARA, G., ERTHAL, G., et al. *Sistemas de Informações Geográficas.* São José dos Campos, SP: INPE, [198]. 6p. Curso de SIG.

ANTENUCCI, J.C., BROWN, K., CROSWELL, P.L., KEVANY, M.J. *Geographic Information Systems, A Guide to the Technology.* N. Y., Van Nostrand Reinold, Hugh Archer 199p.

ASSAD, E.D., SANO, E.E., *Ed. sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura.* Planaltina: EMBRAPA - CPAC, 1993. 274p.

BENNEMA, J., BEEK, K.J., CAMARGO, M. *Um sistema de classificação de capacidade de uso da terra para "Levantamentos de reconhecimento de Solos".* Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Divisão de Pedologia e Fertilidade dos solos. 1964. 60p.

BERTONI, J., BARRETO, G.B. Estudo da bacia hidrográfica da barragem do Monjolinho. Campinas, SP: Bragantia, 1962. v.21. p. 766-769, n.° 43.

____. LOMBARDI NETO, F. *Conservação do Solo.* São Paulo, Ícone, 1990. 353p.

BURROUGH, P.A. *Principles of geographical information systems for land resours assessment.* New York, Oxford University, 1986. O.p. 4-9.

CASTRO FILHO, C. & BISCAIA, R.C.M. *Estudos de Conservação do Solo em bacias hidrográficas.* In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, anais, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1980. 473p.

CATI, *Manual Técnico de Manejo e Conservação de Solo e Água*, n.° 40. vol. III, Campinas, 1993. 102p.

_____. *Manual Técnico de Manejo e Conservação de Solo e Água*, n.° 41. vol. IV, Campinas, 1993. 65p.

_____. *Embasamento Técnico do Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas*, Manual Técnico de Manejo e Conservação do Solo e Água. Manual n.° 38, Campinas, 1993. 15p.

CHRISTOFOLETTI, A., *Geomorfologia.* Editora USP. São Paulo, 1974. p. 80-88.

Digitalização de mapas: Um roteiro, Revista Fator G.I.S., n.° 4, 1994 - p.35-37.

DONZELI, P.L.,LOMBARDI NETO, F., NOGUEIRA, F.P., et al. *Técnicas de Sensoriamento Remoto aplicadas ao Diagnóstico Básico para Planejamento e Monitoramento de Microbacias Hidrográficas.* Campinas, IAC, 1992. p. 91-119 (Documentos IAC n.° 29).

ERTHAL, G.J., FELQUEIRAS, A.C. *Aplicação de modelos numéricos de elevação e integração com imagens digitais.* São José dos Campos, SP: INPE e Ministério da Ciência e Tecnologia, [198_]7p. Curso de SIG.

FIGUEIREDO, R. P., *Uso e Manejo do Solo: Algumas considerações sobre a experiência do Sistema EMBRATER.* Campinas in 21 Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 1987. p. 305-310.

FORMAGGIO, A.R., ALVES, D.S. & EPIPHANO, J.C.N. *Sistemas de Informações Geográficas na obtenção de mapas de aptidão agrícola e de taxa de adequação de uso das terras.* Revista Brasileira de Ciência do Solo, 1992. 16 p. 249-256.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. *Orientação para combate à erosão no Estado de São Paulo (Bacia do Peixe-Paranapanema).* São Paulo. 1986. v.3.

KLINGEBIEL, A.A. *Land classification for use in planning.* Yearbook of agriculture, 1963. p. 399-407.

____. & MONTGOMERY, P.H. *Land capability classification.* Soil Conservation Service, V.S. Departament of Agriculture, Agriculture Handbook n.° 210, Washington, 1966. p. 1-19.

LEPSCH, I.F. BELLINAZZI JR., BERTOLINI, D. e ESPINDOLA, C.R. *Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação das terras no sistema de capacidade de uso 4.ª aproximação.* Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1991. 175p.

LOMBARDI NETO, F., *Recomendações conservacionistas para diferentes classes de uso,.* Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, SP. 1996. 12p.

MARBLE, D.F. *Geographic Information System: an overvew. Pecora Symposium on Spacial Technologies for Remote Seensing Today an Tomorrow.* Sioux Falls, 1984. Anais p. 18-24.

MÁRIO VALÉRIO FILHO, *Técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto aplicadas ao estudo de Bacias Hidrográficas,* in Pereira, Vicente de Paula, Solos altamente suscetíveis à erosão. Jaboticabal, FCAV-UNESP/SBCS, 1994. 253p.

PAULO ROBERTO MARTINI, *Imagens de Sensores Orbitais disponíveis no Brasil.* (INPE) Geoprocessamento - Poli - USP - São Paulo, 1990. P. 153-167.

PINTO, S.A.F., VALERIO FILHO, M. & GARCIA, G.J. *Utilização de imagens TM/LANDSAT na análise comparativa entre dados de uso da terra e de aptidão agrícola.* Revista Brasileira de Ciência do Solo, n.° 13. 1989. p. 101-110.

PRADO, H. *Manual de classificação de solos do Brasil.* 2.ª edição. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 197p.

RAMALHO FILHO, A., PEREIRA, E.G., BEEK, K.J. *Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras.* Brasília, DF, SUPLAN/EMBRAPA, 1978. 76p.

RIPPE, W.J. F*undamentals of GIS - A Compendium.* American Society for photogrammetry and remote sensig and american Congress on surveying and mapping. Oregon State University. 1989.

ROCHA, J.S.M. *Um novo método para elaborar um diagnóstico físico-conservacionista das bacias hidrográficas.* In: CONGRSSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 14., Gramado, anais vol. 3, Universidade Federal de Santa Maria, 1989. p. 657-661.

SHARIFI, M.A. e KEULEN, H.V., *A decision support system for land use planning at farm enterprise level.* Agriculture Systems. n.° 45. 1994. p. 239-257.

SHAXSON, T.F. *Produção e proteção integradas em microbacias.* 21 Congresso Brasileiro de Ciência do Solo - A responsabilidade social da ciência do solo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p. 263-271.

VAN LANEN, H.A.J., VAN DIEPEN, C.A., REINDS, G.J., KONING, G.H.J., BULENS, J.D., BREGT, A.K. *physical land evaluation methods and GIS to explore the crop growth potentials and its.* Agriculture Systems n.° 39, England, 1992, p. 307-328.

WISCHMEIR, W.H. e SMITH, D.D. *Predicting rainfall-erosion losses a quide to conservation planning.* Washington, USA, 1978. 58p. (Agriculture Handbook, 537).