

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**RISCO DE DEGRADAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA
DO RIBEIRÃO PINHAL - LIMEIRA (SP):
UMA PROPOSTA METODOLÓGICA**

ENG. AGR^a DANIELA BRANDÃO

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ TEIXEIRA FILHO

Campinas, SP

Junho/ 2001.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**RISCO DE DEGRADAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA
DO RIBEIRÃO PINHAL - LIMEIRA (SP):
UMA PROPOSTA METODOLÓGICA**

ENG. AGR^a DANIELA BRANDÃO

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ TEIXEIRA FILHO

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração: Água e Solo.

Campinas, SP

Junho/ 2001.

“ E se algum de vós necessita de sabedoria, peça-a a Deus, que a todos dá liberalmente e não lança em rosto, e ser-lhe-á concedida. Mas peça-a com fê, sem nada hesitar, porque aquele que hesita é semelhante à onda do mar, que é agitada e levada de uma parte para outra pelo vento”.

Epístola de S. Tiago. 1: 5 e 6.

A história que o povo conta...

“Uma caravana paulista em 1781 ia pelo sertão a dentro. Dela fazia parte um franciscano, frei João das Mercês, que levava no seu picuá uma porção de limas, frutas que naquele tempo gozavam a fama de serem preventivas de febres malignas. O frade, na medida da caminhada, ia, uma a uma, chupando as limas. Ao chegar ao Pouso do Morro Azul, foi vencido por uma febre violentíssima, que o prostrou morto em poucas horas. E no delírio febril gritava ele que tinham posto veneno nas limas: - Estão envenenadas, envenenadas! Berrava. No dia seguinte, morto o frade, ninguém teve coragem de lhe herdar a sacola com o resto das frutas. Resolve-se então enterrar o religioso ali perto e com ele o resto das “limas envenenadas”. Foi o que se fez. Fincaram uma cruz tosca de madeira no lugar em que fora enterrado o frade. Um belo dia foi surgindo ao lado da cruz um arbusto, que, já crescido, deu as primeiras flores e os frutos. Era uma limeira. E o rancho passou a ser chamado, já no fim do século XVIII, Rancho da Limeira”.

(Busch, R.K.- História de Limeira, 1967).

Dedico este trabalho às pessoas mais queridas da minha vida, meus pais Everaldo e Vera, à minha irmã Patrícia, ao Pedro e aos tios Osvaldo e Floripes.

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Dr. José Teixeira Filho pela orientação no desenvolvimento deste trabalho;

Ao Dr. José Carlos Neves Epiphânio do INPE, que direta ou indiretamente, contribuiu em minha vida profissional;

Ao professores, membros da banca de qualificação, Dr. Archimedes Perez Filho e Dr. Carlos Roberto Espíndola pelas sugestões;

Aos professores: Dr. Jansle Vieira Rocha, Dr^a Mara de Andrade Marinho Weill, à Dra Julieta T. A. de Oliveira, à Dr^a Elaine Borghi e em especial à Dr^a Rozely Ferreira dos Santos, que além das dicas na realização deste trabalho, tornou-se uma amiga;

À CPG, aos funcionários da Feagri, especialmente ao Sérgio, que por diversas vezes me acompanhou nos trabalhos de campo, à Suzely e ao Sr. Robison;

À Capes pela concessão da bolsa;

Ao CEPAGRI, especialmente ao Jurandir e ao Rubens;

Ao Dr. Francisco Lombardi Neto e Dr. Márcio M. Valeriano do IAC;

Ao pessoal do laboratório de planejamento ambiental (Sara, Sueli, Helena);

Ao pessoal do Labin (Júlio, Clóvis e André);

À Prefeitura de Limeira, especialmente ao Sr. João Rafael, Sr. Jaime e Sr. Francisco, pela concessão das fotos aéreas;

À Andréia, Rosângela, Rojane, Luciana, Lúcia, Márcia, Marquinho, Nazaré, Camila, Terezinha, pela amizade e apoio;

Aos meus pais Everaldo e Vera, à minha irmã Patrícia, à D. Júlia, ao Sr. João e ao Pedro (meu namorado), a vocês o meu mais sincero agradecimento pelo carinho e compreensão;

Aos tios Osvaldo e Floripes dos Santos, que além do abrigo, deram muito carinho, como de meus próprios pais. À vocês, toda minha gratidão;

E a todos aqueles que torceram pela realização deste trabalho (meus avós, meus tios, etc.).

MUITO OBRIGADA....

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE ABREVIATURAS	xi
RESUMO	xii
SUMMARY.....	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1- Os Recursos hídricos no Estado de São Paulo.....	5
3.2- Metodologias para se avaliar perigos e riscos	
de degradação dos recursos hídricos	10
3.2.1- Coleta de amostra de água de superfície	10
3.2.2- Potencial Natural de Erosão	11
3.2.3- Modelos que descrevem perdas de solos.....	13
3.2.4- Sistemas de Avaliação das Terras para agricultura.....	16
3.2.5- Métodos de Avaliação do Manejo Agrícola.....	21
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1- Descrição da área	25
4.1.1- Localização geográfica	25
4.1.2- Caracterização climática.....	25
4.1.3- Solos	26
4.1.4- Uso da Terra	30
4.2- Modelo Numérico do Terreno.....	31
4.3- Potencial Natural de Erosão.....	31
4.3.1- Erosividade da chuva (Fator R).....	31
4.3.2- Erodibilidade dos solos (Fator K)	32
4.3.3- Comprimento e grau de declive (Fator LS)	33

4.4- Aptidão Agrícola das Terras	35
4.4.1- Graus de limitação.....	36
4.5- Plano de Informação do Manejo Agrícola	39
4.6- Risco de Degradação dos Recursos Hídricos	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1- Uso da Terra	41
5.2- Modelo Numérico do Terreno.....	43
5.3- Avaliação do Potencial Natural de Erosão.....	45
5.4- Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras.....	51
5.5- Avaliação do Manejo Agrícola.....	61
5.6- Avaliação de Áreas de Risco de Degradação dos Recursos Hídricos	66
6. CONCLUSÃO	77
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
8. ANEXO	82

LISTA DE FIGURAS

1. Alternativas de utilização das terras de acordo com os grupos de aptidão agrícola	20
2. Localização da bacia do Ribeirão Pinhal	25
3. PI de solos da bacia	27
4. Imagem TM/ Landsat- Bacia do Ribeirão Pinhal.....	30
5. PI de Uso e Ocupação do solo.....	42
6. Distribuição das principais culturas da bacia	42
7. Modelo Numérico do Terreno.....	43
8. PI de hipsometria.....	44
9. Histograma do Relevo	44
10. Classes de erosividade da chuva	45
11. Classes de erodibilidade dos solos	46
12. Classes do Fator LS.....	48
13. Histograma do Fator LS	48
14. PI do Potencial Natural de Erosão.....	49
15. Distribuição do Potencial Natural de Erosão	50
16. PI de deficiência de fertilidade.....	51
17. PI de deficiência de água.....	52
18. PI de excesso de água.....	53
19. PI de suscetibilidade à erosão.....	54
20. PI de impedimentos à mecanização	55
21. Aptidão Agrícola das Terras	56
22. PI de Uso e Ocupação reclassificado de acordo com RAMALHO FILHO & BEEK (1995).....	58
23. Adequação de Uso das Terras da bacia do Ribeirão Pinhal	59
24. Áreas de risco do Potencial Natural de Erosão	67
25. Áreas de risco da Adequação de Uso das Terras	67
26. Áreas de risco do Plano de Manejo Agrícola.....	68

27. Combinação dos PI's de risco do Potencial Natural de Erosão com Adequação de Uso das Terras	70
28. Combinação dos PI's de risco do Potencial Natural de Erosão com Plano de Manejo	70
29. Combinação dos PI's de risco da Adequação de Uso das Terras com Plano de Manejo	71
30. Áreas de alto risco dos planos de Potencial Natural de Erosão com Adequação de Uso	72
31. Áreas de alto risco dos planos de Potencial Natural de Erosão com Plano de Manejo	72
32. Áreas de alto risco dos planos de Adequação de Uso com Plano de Manejo	73
33. PI de risco de degradação dos Recursos Hídricos da Bacia do Ribeirão Pinhal	74
34. Distribuição das áreas de risco da bacia do Ribeirão Pinhal	75
35. Áreas de alto risco da bacia do Ribeirão Pinhal	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Tipos e área ocupada por cada solo na bacia do Ribeirão Pinhal	28
Tabela 2- Valores de Erosividade da chuva na bacia do Ribeirão Pinhal	32
Tabela 3- Classes do Potencial Natural de Erosão	34
Tabela 4- Classes de declive associadas às classes de relevo	35
Tabela 5- Deficiência de fertilidade	36
Tabela 6- Classes de declividade utilizadas na determinação dos graus de limitação em relação à erosão e impedimentos à mecanização	38
Tabela 7- Erodibilidade dos solos da bacia do Ribeirão Pinhal	47
Tabela 8- Subgrupos de Aptidão Agrícola das Terras da bacia do Ribeirão Pinhal	57
Tabela 9- Situação das Terras da bacia do Ribeirão Pinhal, de acordo com as condições de uso	60
Tabela 10- Classificação da combinação dos planos de risco	69
Tabela 11- Determinação das classes de risco na combinação dos 3 planos	74

LISTA DE ABREVIATURAS

SIG	Sistemas de Informações Geográficas
IQA	Índice de Qualidade de Água
PNE	Potencial Natural de Erosão
EUPS	Equação Universal de Perdas de Solo
MEUPS	Modificação da Equação Universal de Perdas de Solo
AGNPS	Agricultural Non Point Source
EUROSEM	European Soil Erosion Model
LISEM	Limburg Soil Erosion Model
WEPP	Water Erosion Prediction Project
PI	Plano de Informação
SBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

RESUMO

RISCO DE DEGRADAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO RIBEIRÃO PINHAL – LIMEIRA (SP): UMA PROPOSTA METODOLÓGICA

Os fatores físicos e antrópicos são condicionantes importantes da degradação dos recursos hídricos. Essa degradação se faz de maneira gradual e quase imperceptível merecendo uma melhor abordagem a fim de se propor medidas de gerenciamento. Este trabalho teve como objetivo avaliar os riscos de degradação dos recursos hídricos através de dados de solos, uso da terra, avaliação do potencial natural de erosão, avaliação da aptidão agrícola das terras e caracterização do manejo através de dados primários obtidos junto aos produtores rurais da região. Como área de estudo, selecionou-se a bacia do Ribeirão Pinhal, situada em Limeira – SP, por ser uma área de intensa ocupação agrícola e, especialmente, por tratar-se de um manancial alternativo de abastecimento do município. Os resultados mostraram que com relação ao uso das terras predominam as culturas de cana-de-açúcar (45%) e Citrus (43%). Avaliando-se o Potencial Natural de Erosão pôde-se verificar que uma parte significativa da área (21%) caracteriza-se por possuir moderado-forte e forte Potencial. Com relação à Aptidão Agrícola das Terras, foi feita uma sobreposição dos planos de informação de Aptidão de Uso com o Uso e Ocupação atual gerando o plano de informação de Adequação de Uso, onde 26,1% da área está inadequada à utilização. Através da caracterização do manejo observou-se que 42,9% da área representa risco de degradação. Estas áreas foram caracterizadas como de alto risco, a partir daí foram feitas combinações das áreas de risco dos planos de informações estudados. A combinação do Potencial Natural de Erosão com a Adequação de Uso mostrou que 14,6% da área merece maior atenção, com relação à combinação do Potencial Natural de Erosão com Plano de Manejo 18,4% são áreas críticas e na combinação da Adequação de Uso com Plano de Manejo 10,8% representam alto risco de degradação. A partir da combinação dos três planos de informações (Potencial Natural de Erosão, Adequação de Uso das Terras e Plano de Manejo) foi possível avaliar as áreas críticas (20,1%) na bacia do Ribeirão Pinhal, servindo de base para o estabelecimento de propostas de gerenciamento dos Recursos Hídricos no manejo da bacia hidrográfica.

Palavras-chaves: Bacia hidrográfica, uso do solo, erosão, risco de degradação.

SUMMARY

RISK OF DEGRADATION OF THE WATER RESOURCES IN THE RIBEIRÃO PINHAL'S WATERSHED - LIMEIRA (SP): A METHODOLOGICAL PROPOSAL

The physical and human related factors are important conditioners of the water resources degradation. This degradation happens in a gradual and almost imperceptible way deserving a better approach in order to define administration measures. The goal of work was to evaluate the risks of the water resources degradation through data of soil, land use, evaluation of the natural erosion potential, evaluation of the land agricultural suitability and characterization of the management through primary data obtained from the regional rural producers. The study area was the Ribeirão Pinhal's watershed, located in Limeira - SP, for being an area of intense agricultural occupation and, especially, for being an alternative of the municipal district provisioning. The results showed that, with respect to the land use, the sugar-cane cultures (45%) and Citrus (43%) prevail. Evaluating the Natural Erosion Potential we could notice that a significant part of the area (21%) is characterized by presenting moderate-strong and strong potential. With respect to the Agricultural Suitability, a overlaying of the information plans of Suitability with the land use and current Occupation was made, generating the information plan of Adequacy of Use, where 26,1% of the area are not adequate to the use. Through the characterization of the management, it was observed that 42,9% of the area represent degradation risk. These areas were characterized as of high risk, and starting with this information were made combinations of the risk areas from the information plans. The combination of the Natural Erosion Potential with the Adequacy of Use showed that 14,6% of the area deserve larger attention. The combination of the Natural Erosion Potential and the Management Plan showed that 18,4% are critical areas and the combination of the Adequacy of Use with the Management Plan 10,8% represent high degradation risk. Starting from the combination of the three information plans (Natural Erosion Potential, Adequacy of Land Use and Management Plan) it was possible to evaluate the critical areas (20,1%) inside the Ribeirão Pinhal's watershed, serving as basis for the establishment of proposals for water resources management.

Keywords: Watershed, land use, erosion, degradation risk.

1. INTRODUÇÃO

Os estudos envolvendo recursos naturais, especialmente quando existe o interesse em aspectos ligados à qualidade e/ou quantidade de água são, preferencialmente, executados na escala de bacias hidrográficas (PENTEADO, 1974). Essa escala espacial pode ser considerada como uma unidade de paisagem capaz de integrar todos os componentes relacionados com a qualidade e quantidade de água como: atmosfera, cobertura vegetal, solos, geologia e paisagem circundante (ROCHA, 1989).

O estudo em bacias hidrográficas possibilita a integração dos fatores que condicionam a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos, com os seus reais condicionantes físicos e antrópicos. Essa escala também se mostra compatível para as ações políticas relacionadas à conservação do solo e à gestão dos recursos hídricos (PROCHNOW, 1985).

A determinação das disponibilidades dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica apresenta uma grande complexidade, em função das interações existentes entre os diferentes fatores condicionantes do ciclo hidrológico, notadamente, os fatores físicos. A compreensão dos mecanismos hidrológicos envolvidos entre os diferentes fatores pode possibilitar condições suficientes para a avaliação da dinâmica desses recursos. Infelizmente, de forma geral a ocupação das terras no país se faz de maneira inadequada que conduz invariavelmente a condições de instabilidade ambiental, como a erosão acelerada do solo (PINTO, 1991).

Os processos erosivos representam um problema não somente pela perda do solo como suporte das atividades agrícolas e construções humanas, mas também ao trazerem diversas conseqüências negativas, como o assoreamento de cursos d'água, açudes e represas (CARPI JUNIOR, 1998).

A produção excessiva de sedimentos pela erosão acelerada, tem promovido extensivamente o assoreamento, a poluição e a eutrofização das águas superficiais, com prejuízo da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos (WEILL, 1999).

Do ponto de vista qualitativo, a proteção dos recursos hídricos depende, fundamentalmente de medidas disciplinadoras do uso do solo na bacia. A qualidade final da água no rio ou lago reflete necessariamente as atividades que são desenvolvidas em toda a bacia, cada um dos usos do seu espaço físico produzindo um efeito específico e característico (PORTO, 1991).

As intensas transformações ambientais que vêm ocorrendo na bacia do Rio Piracicaba, conseqüência direta do crescimento da região, constituem novos desafios, exigindo, portanto, novas abordagens no planejamento ambiental. Este planejamento e a gestão dos recursos hídricos tornam-se mais complexos à medida que não se limitam apenas aos problemas específicos da água, abrangendo também, questões ligadas a outros recursos naturais e sua dinâmica sócio-econômica da região. Conhecer o quadro sócio-ambiental e determinar as situações desejáveis são passos necessários ao estabelecimento de prioridades para a utilização da água e para a definição de metas, que dêem suporte aos usos pretendidos.

Segundo TREUERSCH (1999) a água, acima do seu nível, sempre se encontra disponível novamente em forma de condensação e chuva. Dessa forma, no decorrer de toda a história do mundo, sempre foi usada e reaproveitada a mesma água. Mas o balanço da água não pode ser alterado de acordo com a vontade do homem, sem que se afete a sua capacidade regenerativa. Por isso é imprescindível tratar com cuidado a fonte natural da água, bem como manter o equilíbrio ecológico dos corpos d'água.

Esse trabalho se propôs a fazer um estudo para avaliar o risco de degradação dos recursos hídricos da bacia do Ribeirão Pinhal, uma sub-bacia do Rio Piracicaba. A bacia do Ribeirão

Pinhal representa um manancial alternativo de abastecimento do município de Limeira, sendo um dos pontos críticos na bacia do Rio Piracicaba.

A combinação de diferentes métodos, como avaliação do uso do solo, avaliação do potencial natural de erosão, avaliação da aptidão agrícola das terras, avaliação do manejo agrícola, podem aproximar nosso conhecimento da realidade de uma área possibilitando diagnosticar os perigos e riscos de degradação dos recursos hídricos.

2. OBJETIVOS

Esse estudo tem como objetivo o diagnóstico da bacia do Ribeirão Pinhal, visando a determinação dos principais riscos de degradação das águas desse manancial de abastecimento do município de Limeira, utilizando-se da ferramenta SIG, servindo de base para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos desta bacia.

A proposta metodológica consiste na combinação de diferentes planos de informação de risco a fim de determinar as áreas críticas na bacia.

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- ✓ Avaliação do uso do solo;
- ✓ Avaliação do Potencial Natural de Erosão;
- ✓ Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras;
- ✓ Avaliação do manejo agrícola;
- ✓ Avaliação indireta da qualidade de água superficial;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1- Os Recursos Hídricos no Estado de São Paulo

Embora a água seja classificada como recurso natural renovável, a sua disponibilidade quantitativa e qualitativa está em risco, tanto por ações da própria natureza como principalmente pelo incremento da demanda em suas várias formas e, em particular, pelo aumento da poluição hídrica que vem prejudicando a abastecimento para fins de consumo humano (JUCHEM, 1999).

VON SPERLING (1996) denomina poluição das águas à adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos.

O gerenciamento de qualidade da água exige que sejam estabelecidas formas de acompanhamento da variação de indicadores da qualidade da água, permitindo avaliar as condições de poluição e alteração de um corpo hídrico. Para que este controle seja exequível deve ser definido um conjunto de parâmetros significativos que atendam a um objetivo estipulado. Por exemplo, se o corpo hídrico estiver destinado ao abastecimento urbano, o conjunto de parâmetros de qualidade de água deverá incluir todos aqueles que indiquem alterações na água, prejudiciais ao organismo humano (PORTO, 1991).

Segundo VON SPERLING (1996) a qualidade da água é resultante de dois fatores que são:

✓ Condições naturais- mesmo com a bacia hidrográfica preservada nas suas condições naturais, a qualidade das águas subterrâneas é afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, resultantes da precipitação atmosférica. O impacto nas mesmas é dependente do contato da água em escoamento ou infiltração com as partículas, substâncias e impurezas no solo;

✓ Interferência do homem- a interferência do homem, quer de forma concentrada, como na geração de despejos domésticos ou industriais, quer de forma dispersa, como na aplicação de defensivos agrícolas no solo, contribui na introdução de compostos na água, afetando a sua qualidade. Portanto, a forma em que o homem usa e ocupa o solo tem uma implicação direta na qualidade da água;

Os padrões de qualidade da água são utilizados para que se possam regulamentar e controlar os níveis de qualidade a serem mantidos num corpo d'água, dependendo do uso a que ele está destinado. A utilização de padrões de qualidade atendem, a dois propósitos: 1) manter a qualidade do curso d'água ou definir uma meta a ser atingida e 2) ser a base para definir os níveis de tratamento a serem adotados na bacia, de modo que os efluentes lançados não alterem as características do curso d'água estabelecidas pelo padrão (PORTO, 1991).

Índices de qualidade de água (IQA) são bastantes úteis para transmitir informação a respeito da qualidade da água ao público em geral, podendo dar uma idéia geral da tendência de evolução da qualidade ao longo do tempo, e permitindo comparação entre diferentes cursos d'água (PORTO, 1991).

Ainda segundo PORTO (1991) o IQA utilizado pela CETESB, que tem por objetivo avaliar a aptidão que as águas brutas apresentam para a produção de água potável e, portanto, objetivando o uso de abastecimento urbano, leva em consideração nove parâmetros de qualidade da água: temperatura, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, pH, número mais provável de coliformes, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e resíduos (ou sólidos) total. O valor final do índice deve classificar a qualidade da água em ótima, boa ou ruim. O IQA utilizado pela CETESB classifica o curso d'água, de acordo com o valor resultante, em:

- ✓ 0 – 19: imprópria;
- ✓ 20 – 36: imprópria para tratamento convencional;

- ✓ 37 – 51: aceitável;
- ✓ 52 – 79: boa;
- ✓ 80 – 100: ótima.

Estudos que definam critérios de qualidade de água devem fornecer subsídios para avaliar as alterações ambientais decorrentes das atividades humanas. Por refletir condições apenas momentâneas, a análise das variáveis físico-químicas nem sempre indica a qualidade real da água. Os métodos biológicos, por outro lado, pressupõem que as atividades antrópicas produzem efeitos que afetam a organização e o funcionamento das comunidades naturais (BARBOSA et al, 1995).

Os sistemas de avaliação da qualidade de água de um rio adotados no País e no exterior baseiam-se predominantemente em parâmetros físicos-químicos-biológicos, através da definição de limites permissíveis baseados em medidas pontuais e momentâneas (POZZOBON et al, 1999). Tais sistemas não consideram o fator tempo, o processo dinâmico de homeostase¹ do ecossistema em face desses parâmetros, o efeito acumulativo de substâncias sobre os organismos e as perturbações sofridas por diferentes compartimentos do meio em sua estrutura e função (POZZOBON et al, 1999).

O Estado de São Paulo com seu grande desenvolvimento urbano e industrial possui, com relação aos seus recursos hídricos, problemas típicos dos países desenvolvidos, sem contar ainda com mecanismos jurídicos e institucionais indispensáveis para enfrentá-los (DAEE, 1990).

1. A homeostasia é um processo de auto regulação, pelo qual os sistemas biológicos- como células e organismos- trabalham para manutenção da estabilidade do ecossistema pelo ajuste das condições necessárias para uma ótima sobrevivência (N.A.)

Especificamente sobre os recursos hídricos na bacia do Rio Piracicaba, observa-se um aumento expressivo de degradação das condições naturais. A bacia do Rio Piracicaba está localizada numa das regiões de maior crescimento econômico do país. Esse crescimento, fruto da política de desenvolvimento da década de 70, deu origem a diversos problemas antes só encontrados na Região Metropolitana de São Paulo (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, 1994). A partir dessa década, alguns municípios da bacia passaram a constituir pólos de atração de diversas atividades altamente consumidoras e degradadoras de recursos hídricos. Apesar da crise pela qual passa o país desde o começo da década de 80, a industrialização, a urbanização e a modernização da agricultura, nos municípios economicamente mais fortes da bacia, mantiveram índices de crescimento superiores à média do Estado (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, 1994).

A principal causa de deterioração da qualidade das águas superficiais na bacia do rio Piracicaba são os lançamentos de esgotos “in natura” gerados pelas populações dos núcleos urbanos e os efluentes industriais que, apesar de tratados, representam uma carga poluidora praticamente igual à de origem doméstica.

O não tratamento dos esgotos domésticos conduz à situação extremamente grave de poluição do rio Piracicaba e de seus formadores, colocando em risco o abastecimento de água da população e a saúde pública (DAEE, 1990).

Embora a necessidade de tratamento de esgotos dos principais núcleos seja uma realidade constatada em todos os estudos realizados a partir da década de 70, na prática, muito pouco foi implantado, como comprova os 4% de remoção de carga orgânica urbana, mortandade de peixes, interrupção de sistema de tratamento de água devido a poluição dos mananciais, e queixas por parte da população devido aos odores da água na época de estiagens severas (DAEE, 1990). A

bacia do Piracicaba já encontra-se em uma situação crítica quanto ao abastecimento de grandes cidades, como Americana, Campinas, Sumaré, Piracicaba e Limeira.

Com relação à atividade agrícola, a falta de monitoramento específico para as cargas difusas prejudica a avaliação dos impactos que essa atividade vem provocando nos corpos d'água, principalmente nas áreas de mananciais ou de proteção ambiental (DAEE, 1990).

Os sedimentos liberados por processos erosivos, enriquecidos com argila, matéria orgânica, moléculas e íons adsorvidos, são transportados em suspensão nas enxurradas para as partes mais baixas, atingindo os canais fluviais e reservatórios, onde promovem assoreamento, eutrofização e poluição (WEILL, 1999).

O uso de águas represadas passou a enfrentar, desde o início, problemas adicionais de qualidade devidos à proliferação de microorganismos de vida livre, as algas, que se desenvolvem, em condições tranquilas do lago, mais abundantemente que em águas turbulentas. Essas proliferações exageradas vem se tornando muito mais repetidas e graves à medida que as represas estão sendo eutrofizadas ou fertilizadas por elementos químicos- como o fósforo e o nitrogênio – resultantes de várias atividades agrícolas e portanto de uso do solo na bacia (BRANCO, 1991).

A agricultura, com aplicação crescente de fertilizantes à base de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK), necessários ao aumento de produção de alimentos em consequência do crescimento demográfico por um lado e, por outro, ao empobrecimento progressivo dos solos por lixiviação e erosão, constitui uma fonte ponderável desses elementos para a água. Além da eutrofização, a poluição difusa pode comprometer seriamente a qualidade dos mananciais pelo carregamento de compostos de natureza tóxica como são os herbicidas, inseticidas e fungicidas empregados na lavoura (BRANCO, 1991).

O enriquecimento da água com nutrientes e conseqüente prejuízo da qualidade como, por exemplo, a massificação de algas e plantas aquáticas, diminuição da qualidade da água potável e

de consumo, da pesca, dos padrões de qualidade da água para banho e recreação, bem como as funções ecológicas são requisitos de uma análise prévia. Porém, o tratamento de águas superficiais ou o saneamento de um ecossistema aquático é muito caro (XAVIER et al, 1999) podendo-se, portanto, partir para um estudo prognóstico de avaliação dos perigos e riscos de degradação, os quais são subsídios para controle e manejo de territórios que possuem recursos hídricos constantemente submetidos a ações de depauperamento.

3.2- Metodologias para se avaliar perigos e riscos de degradação dos recursos hídricos

Com a finalidade de se avaliar riscos temos diversos métodos, diretos e indiretos, os quais podem ser combinados aproximando nosso conhecimento da realidade de uma determinada área. Dentre os métodos diretos temos a coleta de amostra de água de superfície, a qual é muito utilizada em programas de monitoramento, porém apresenta algumas limitações, especialmente em relação aos recursos disponíveis, à infra-estrutura e ao grau de confiança desejado, por outro lado temos métodos indiretos, como por exemplo: avaliar o Potencial Natural de Erosão; interpretar a erosão produzida pelos tipos de atividades humanas; avaliação do manejo; avaliar o risco das fontes indiretas de poluição hídricas através da caracterização do procedimento do processo produtivo, entre outros.

3.2.1- Coleta de amostra de água de superfície

A partir do conceito de representatividade na amostragem, que traz consigo a tese de que, “cada amostra retirada, deveria possuir idealmente as mesmas características de qualidade apresentadas em toda a extensão da seção, no instante da coleta”, a técnica de amostragem que mais aproximaria a concentração medida instantaneamente da concentração real de uma referida característica seria aquela que tomasse o maior número possível de amostras pontuais na seção.

Esta prática, entretanto, inviabiliza qualquer programa de monitoramento pelo excessivo consumo de tempo e recursos, o que leva à utilização de técnicas de amostragem simplificadas, mas que assegurem resultados os mais representativos possíveis (COIMBRA, 1991).

Segundo COIMBRA (1991) entre as metodologias adotadas atualmente podemos destacar:

- ✓ Amostragem simples, em um ponto central da seção transversal do rio na superfície;
- ✓ Amostragem simples, em um ponto central da seção transversal do rio;
- ✓ Amostragem composta de quatro pontos de coleta, assim distribuídos:
 - A – 25% da largura do rio a meia profundidade;
 - B – 50% da largura do rio a 20% da profundidade;
 - C – 50% da largura do rio a 80% da profundidade;
 - D – 75% da largura do rio a meia profundidade;
- ✓ Média aritmética de três amostragens simples nas margens direita e esquerda e no centro;
- ✓ Amostragem composta de seis verticais com coletas a 20% e 80% da profundidade, em cada vertical.

3.2.2- Potencial Natural de Erosão

A erosão hídrica é causada por forças ativas, como as características da chuva, a declividade e o comprimento da vertente do terreno e a capacidade que o solo tem de absorver água, e por forças passivas como a resistência que o solo exerce à ação erosiva da água e à densidade de cobertura vegetal (Bertoni e Lombardi Neto apud ARAUJO JR, 1997).

O potencial natural de erosão estima o risco potencial de erosão de um solo, considerando não apenas suas propriedades intrínsecas, mas também as condições climáticas e topográficas às quais o solo está sujeito. Esta análise não considera a cobertura vegetal ou as práticas conservacionistas (IPT apud Fernández, 1996). O PNE é uma simplificação da “Equação Universal de Perdas de

Solo (EUPS)”, onde os fatores que são considerados são: erosividade da chuva (R), erodibilidade do solo (K), fator comprimento do declive (L) e fator grau de declive (S).

$$PNE = R * K * L * S \quad (\text{eq. 1})$$

Esta grandeza expressa a suscetibilidade de determinada área à erosão, indicando onde ocorreria maior ou menor erosão, sem levar em consideração os fatores antrópicos (C e P).

O fator R representa o potencial erosivo acumulado das precipitações ocorridas no período considerado, expresso em MJ/ ha. O dado usado é o EI (MJ.h.ha⁻¹.mm⁻¹) ou índice de erosão da chuva, que equivale ao produto Ec, ou energia cinética da chuva EI (MJ.mm⁻¹.ha⁻¹), pelo I30 (mm.h⁻¹) ou intensidade máxima da chuva em 30 minutos. Lombardi Neto apud GAMEIRO (1997) propôs um índice para o cálculo da erosividade:

$$EI = 89,823 (r^2/ P)^{0,759} \quad (\text{eq. 2})$$

Onde EI é a média mensal do índice de erosão (MJ.mm/ ha.L), r é a precipitação média mensal em milímetros e P é a precipitação média anual em milímetros. O índice de erosão médio anual, isto é, o fator R para um local, é a soma dos valores mensais dos índices de erosão. Para um longo período de tempo, 20 anos ou mais, essa equação estima com relativa precisão os valores médios de EI de um local, usando somente totais de chuva, os quais são disponíveis para muitos locais.

O fator K (erodibilidade do solo) é definida como a suscetibilidade de um solo à erosão, e é uma característica inerente do solo. As propriedades do solo que influenciam a erodibilidade são aquelas que: (a) afetam a velocidade de infiltração, permeabilidade e capacidade total de armazenamento de água; (b) resistem às forças de dispersão, salpico, abrasão e transporte pela chuva e escoamento (GAMEIRO, 1997). A determinação do fator K pode ser feita em campo em

solos continuamente cultivados e descobertos, ou estimada através de funções envolvendo propriedades físicas e químicas dos solo (VALERIANO, 1999). DENARDIN (1990) estabeleceu um modelo para o cálculo da erodibilidade por meio de parâmetros físicos e químicos que posteriormente foi modificado por LEVY (1995).

LS é o fator topográfico, calculado pela combinação das variáveis comprimento de rampa (L, de “length”) e declividade (S, de “slope”). A intensidade de erosão é grandemente afetada pelo comprimento do declive como pelo seu gradiente. BERTONI & LOMBARDI NETO (1985) estabeleceram a seguinte equação:

$$LS = 0,00984 \cdot C^{0,68} \cdot D^{1,18} \quad (\text{eq. 3})$$

Onde C é o comprimento de rampa e D é a declividade. ROCHA et al (1995) estabeleceram um método para cálculo do fator L (comprimento de rampa) dentro do SIG (Sistemas de Informações Geográficas), o qual se baseia na extração de valores máximos e mínimos de cotas altimétricas de cada polígono, definido pela classe de declividade e de orientação das rampas, e no ângulo médio de cada rampa.

3.2.3- Modelos que descrevem perdas de solos

Os primeiros estudos de predição de perdas de solo por erosão datam de 1940 na região do Corn Belt (Bertoni e Lombardi Neto apud FERNÁNDEZ, 1996). A equação utilizada atualmente foi apresentada nos fins da década de 50, após análise minuciosa e aperfeiçoamentos dos fatores condicionantes da erosão que superaram as restrições climáticas ou geográficas dos modelos anteriores baseados em condições locais.

O modelo EUPS (Equação Universal de Perda de Solo) visa quantificar o transporte e a deposição do solo por processo de erosão hídrica. É a relação empírica mais amplamente utilizada e tem sofrido várias atualizações (Lopez apud ARAÚJO JR, 1997).

As perdas de solo descritas pela EUPS são aquelas deslocadas de uma vertente quando da ocorrência de uma chuva, saindo para o canal escoadouro na maioria dos casos, constituindo-se o que é denominado erosão hídrica laminar e em sulcos (Bertoni & Lombardi Neto apud VALERIANO, 1999). Apesar de eventualmente permanecer no campo parte do sedimento deslocado, a equação admite esta porção como solo perdido. A simples remoção do solo, mesmo que este seja retido em depressões, terraços e planos a jusante da vertente, é portanto computada como perda (VALERIANO, 1999).

A EUPS estima as perdas anuais médias de solo a longo prazo, numa determinada gleba sob um determinado uso. Porém, numa microbacia existem áreas de carreamento e áreas de deposição, sendo o volume do solo perdido da área menor que o estimado pelo modelo. A equação não identifica as áreas de deposição, as quais seriam responsáveis pela retenção de parte dos sedimentos (IPT apud FERNÁNDEZ, 1996). Ainda que apresente limitações, a EUPS continua sendo muito usada em todo o mundo, por ser considerada um bom instrumento para previsão de perdas de solo por erosão entre-sulcos (WEILL,1999).

GAMEIRO (1997) fez uma avaliação de métodos para obtenção dos fatores “L” e “S” da EUPS na microbacia do Ribeirão das Araras, posteriormente a estimativa de erosão e a tolerância de perdas de solos deram origem ao índice de criticidade, o qual foi comparado ao mapa de adequação de uso.

VALERIANO (1999) fez uma estimativa de variáveis topográficas da EUPS por geoprocessamento para modelagem de perda de solo na microbacia do córrego São Joaquim.

Neste trabalho desenvolveu um programa para o cálculo do comprimento de rampa com o uso de funções de conectividade, em especial, análises de custos.

WEILL (1999) estimou as taxas atuais de erosão através da EUPS, com ajuste dos fatores do modelo à realidade local na microbacia do Ceveiro. Com base nas estimativas atuais de perda de solo, em uma taxa presumida de renovação dos solos, e na profundidade excedente do solo, foi calculado um índice de sustentabilidade, denominado “Índice de tempo de vida”, que é uma função da posição no terreno e remete ao tempo para instalação de impacto irreversível.

O modelo MEUPS (Modificação da Equação Universal de Perdas de solo) é uma variação do modelo EUPS. A diferença está no termo erosividade, que prevê o aporte de sedimentos, oriundo de pequenas e médias bacias hidrográficas, em determinado exutório (talvegue, córrego ou reservatório) da bacia (Williams apud ARAÚJO, 1997). RENSCHLER et al (1999) fizeram uma avaliação da variabilidade espacial e temporal no risco de erosão- erosividade da chuva e taxas de perdas de solos usando o MEUPS em uma bacia hidrográfica de 211 Km² na região de Andalusia, Sul da Espanha.

ARAÚJO JR (1997) avaliou os modelos EUPS e MEUPS na bacia do Ribeirão Bonito (SP) e como saída dos modelos obteve os potenciais de erosão, o potencial natural de erosão, o aporte de sedimentos e os índices de criticidade, para os cenários de 1988 e 1994.

Um outro modelo é o AGNPS (Agricultural Non Point Source) que simula um único evento de precipitação em bacias da grandeza de 2000 Km². Os principais produtos do modelo são o transporte de sedimentos e a qualidade das águas, incluindo a demanda de nitrogênio, fósforo e oxigênio. O escoamento é simulado usando o procedimento do número de curvas do escoamento ligados ao serviço de conservação do solo, enquanto a produção de sedimentos é realizada utilizando-se versão modificada da equação EUPS (CHRISTOFOLETTI, 1999). KINNEL (2000) desenvolveu um sistema de software que substitui a EUPS pela MEUPS em AGNPS v.5,0. Este

software se apresenta como um sistema de modelagem melhorada para dentro de bacias hidrográficas prever a erosão e o impacto desta em qualidade de água.

Já o modelo EUROSEM (European Soil Erosion Model) analisa eventos únicos, com base em processos, com a finalidade de prever a erosão do solo pela água em parcelas de campo e pequenas bacias hidrográficas (CHRISTOFOLETTI, 1999). QUINTON (1997) comparou 2 métodos para reduzir as incertezas previstas em modelo de simulação usando o EUROSEM.

O modelo LISEM (Limburg Soil Erosion Model) constitui um modelo da hidrologia e erosão dos solos, em bases físicas, para ser analisado com objetivos para o planejamento e conservação. Este modelo encontra-se incorporado no procedimento raster dos sistemas de informação geográfica, o que facilita a aplicação na escala de bacias hidrográficas de maior grandeza, melhora a interface com o usuário e propicia a utilização de dados gerados pelo sensoriamento remoto (CHRISTOFOLETTI, 1999).

O modelo WEPP (Water Erosion Prediction Project) foi proposto para a escala de bacia hidrográfica, representando um exemplo da nova geração de modelagem sobre erosão dos solos (CHRISTOFOLETTI, 1999). Este modelo prevê a erosão hídrica em duas escalas diferentes: a versão plano, para análise do processo erosivo numa dada gleba com características específicas de comprimento e declividade, e a versão de Microbacia, que prevê o aporte de sedimentos ao canal de drenagem de uma microbacia (Lopez et al apud FERNÁNDEZ, 1996).

3.2.4- Sistemas de Avaliação das Terras para agricultura

Para a utilização racional do solo é imprescindível a interpretação de levantamento desse recurso natural na agricultura e em outros setores que utilizam o solo como elemento integrante de suas atividades. Portanto é importante fazer uma interpretação do uso da terra de acordo com as características do solo, ou seja classificar de acordo com sua aptidão agrícola.

A partir do modelo “ADEQUAÇÃO DE USO = APTIDÃO AGRÍCOLA ou CAPACIDADE DE USO DAS TERRAS + USO OTIMIZADO verifica-se que a adequação de uso, a princípio, nada mais é que a utilização de um ecossistema, de acordo com a sua oferta ambiental (PEREIRA, 1994).

A aptidão agrícola, bem como a capacidade de uso das terras, são classificações técnicas ou interpretativas, onde os solos são agrupados de acordo com determinados objetivos, de interesse prático e específico, mais relacionado com o seu comportamento (França apud PEREIRA, 1994).

FORMAGGIO et al (1992) concluíram em seus estudos que devido a dinâmica de variação do uso das terras, as imagens de satélite, interpretadas adequadamente, constituem excelente ferramenta para, em conjunto com a aptidão agrícola e um sistema de informações geográficas, verificar a adequação de uso das terras de uma região.

PEREIRA (1994) determinou a taxa de adequação de uso através da aptidão agrícola das terras na microbacia do Ribeirão do Meio, concluindo que 30% da área estava tendo uma utilização adequada e que a grande dominância espacial da cana-de-açúcar promoveu uma forte subutilização das terras.

CAVALIERI (1998) fez uma estimativa da adequação de uso da quadrícula de Mogi Mirim utilizando a capacidade de uso, a aptidão agrícola das terras e a EUPS. Concluindo que a capacidade de uso foi o método menos restritivo, seguido da aptidão agrícola nos níveis de manejo B e C, respectivamente, e da equação universal de perdas de solo.

A classificação da aptidão agrícola das terras como tem sido empregada, não é precisamente um guia para obtenção do máximo benefício das terras, e sim, uma orientação de como devem ser utilizados seus recursos, ao nível de planejamento regional e nacional (GAMEIRO, 1997).

A disponibilidade de um método semi-automático e não subjetivo para obtenção da aptidão agrícola, associado à verificação periódica da existência de conflitos entre o melhor uso possível

e o uso atual dado às terras agrícolas (adequação de uso), possibilitaria meios às entidades conservacionistas governamentais para o monitoramento preventivo dos riscos associados ao sobreuso dos solos (FORMAGGIO et al., 1992).

Segundo Rocha apud GAMEIRO (1997) são empregados no Brasil basicamente três sistemas para avaliação de terras para agricultura. O primeiro, denominado Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso foi estabelecido por LEPSCH et al (1983) e preconizado pelo Serviço de Conservação do Solo Norte Americano. Este método tem sido empregado mais para avaliar terras em nível de propriedade.

O segundo sistema, denominado de Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras em uso pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos) foi estabelecido por RAMALHO FILHO & BEEK (1995) e apresenta como vantagem o emprego de 3 níveis de manejo e viabilidade de melhora das condições agrícolas das terras.

O terceiro sistema, denominado Aptidão Agrícola das Terras do Estado de São Paulo foi estabelecido por OLIVEIRA & BERG (1985) corresponde a uma variação adaptada às condições do Estado de São Paulo da Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso.

A metodologia descrita a seguir corresponde ao segundo sistema de avaliação citado, a Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995). Trata-se de um método apropriado para avaliar a aptidão agrícola de grandes extensões de terras, devendo sofrer reajustamentos no caso de ser aplicado individualmente a pequenas glebas de agricultores.

⇒ Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras:

❖ Níveis de manejo considerados

Tendo em vista práticas agrícolas ao alcance da maioria dos agricultores, num contexto específico, técnico, social e econômico, são considerados 3 níveis de manejo (A, B e C) visando diagnosticar o comportamento das terras em diferentes níveis tecnológicos.

i. Nível de manejo A (primitivo)

Baseia-se em práticas que refletem um baixo nível tecnológico. Praticamente não há aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das terras e das lavouras. As práticas agrícolas dependem do trabalho braçal, podendo ser utilizada alguma tração animal com implementos agrícolas simples.

ii. Nível de manejo B (pouco desenvolvido)

Baseia-se em práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico médio. Caracteriza-se pela modesta aplicação de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. As práticas agrícolas incluem calagem e adubação com NPK, tratamento fitossanitários simples, mecanização com base na tração animal ou na tração motorizada, apenas para desbravamento e preparo inicial do solo.

iii. Nível de manejo C (desenvolvido)

Baseia-se em práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico. Caracteriza-se pela aplicação intensiva de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. A motomecanização está presente nas diversas fases da operação agrícola.

❖ Grupo de aptidão agrícola

Trata-se de um artifício cartográfico, que identifica no mapa o tipo de utilização mais intensivo das terras, ou seja, sua melhor aptidão.

Os grupos 1,2 e 3, além da identificação de lavouras como tipo de utilização, desempenham a função de representar, no subgrupo, as melhores classes de aptidão das terras indicadas para lavouras, conforme os níveis de manejo. Os grupos 4, 5 e 6 apenas identificam tipos de utilização (pastagem plantada, silvicultura e/ ou pastagem natural e preservação da flora e da fauna respectivamente), independente da classe de aptidão (figura 1).

Grupo de Aptidão Agrícola		Aumento da intensidade de uso					
		Preservação da flora e da fauna	Silvicultura e/ou pastagem natural	Pastagem plantada	Lavouras		
					Aptidão restrita	Aptidão regular	Aptidão boa
Aumento da intensidade da limitação Diminuição das alternativas de uso.	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						

Fonte: RAMALHO FILHO & BEEK (1995)

Fig.1 - Alternativas de utilização das terras de acordo com os grupos de aptidão agrícola.

❖ Subgrupo de aptidão agrícola

É o resultado conjunto da avaliação da classe de aptidão, relacionada com o nível de manejo, indicando o tipo de utilização das terras.

No exemplo 1(a)bC, o algarismo 1, indicativo do grupo, representa a melhor classe de aptidão das componentes do subgrupo, uma vez que as terras pertencem à classe de aptidão boa no nível

de manejo C (grupo 1), classe de aptidão regular, no nível de manejo B (grupo 2) e classe de aptidão restrita, no nível de manejo A (grupo 3).

❖ Classe de aptidão agrícola

As classes de aptidão agrícolas são denominadas: *Boa, Regular, Restrita e Inapta*, para cada tipo de utilização indicado. As classes expressam a aptidão agrícola das terras para um determinado tipo de utilização, com um nível de manejo definido, dentro do subgrupo de aptidão. Refletem o grau de intensidade com que as limitações afetam as terras.

São definidas em termos de graus, referentes aos fatores limitantes mais significativos. Esses fatores, que podem ser considerados subclasses, definem as condições agrícolas das terras.

Os tipos de utilização são: *lavouras, pastagem plantada, silvicultura e pastagem natural*.

Os fatores de limitação tradicionalmente utilizados para avaliar as condições agrícolas das terras são: *deficiência de fertilidade, deficiência de água, excesso de água ou deficiência de oxigênio, suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização*.

3.2.5- Métodos de Avaliação do Manejo Agrícola

➤ **Métodos Ad Hoc**

Os métodos ad-hoc, também conhecidos como painéis ou reuniões de especialistas, consistem na criação de grupos de trabalho formados por profissionais e cientistas de diferentes disciplinas, de acordo com as características do projeto a ser avaliado. Organizam-se então reuniões técnicas com a finalidade de, em tempo reduzido, obterem-se informações a respeito dos prováveis impactos ambientais do projeto, com base na experiência profissional de cada praticante (MOREIRA, 1999).

Ainda segundo Moreira (1999) este método foi desenvolvido para ser empregado quando é curto o tempo e há carência de dados de tratamento sistemático dos impactos, não sendo possível a realização de estudos detalhados.

➤ **Listagens de controle (checklist)**

“Checklist” é um método aplicado para avaliar as condições em que se encontram instalações, equipamentos, materiais ou procedimentos. Consiste em verificar o nível aceitável de um risco existente em uma atividade, sem contudo levar em consideração o seu alcance (AWAZU, 1999).

Sua forma de aplicação se dá através da utilização de questionários, elaborados especificamente para os fins a que se destinam, devendo, no entanto, ser projetados com a finalidade de estimular o raciocínio e orientar a investigação, de modo que as perguntas nele contidas sejam preferencialmente abrangentes, ao invés de se elaborar um questionário que exija apenas respostas do tipo “sim ou não” (AWAZU, 1999).

Moreira (1999) descreve alguns tipos de listagem de controle (Checklist) que são:

- ✓ Listagem de controle simples: as primeiras a serem concebidas enumeram apenas os fatores ambientais e, algumas vezes, seus respectivos indicadores, isto é, os parâmetros que fornecem as medidas para o cálculo (quantitativo ou qualitativo) da magnitude dos impactos;
- ✓ Listagem de controle descritivas: oferecem, além do rol de parâmetros ambientais, alguma forma de orientação para análise dos impactos ambientais. Podem tomar a forma de questionário, no qual uma série de perguntas em cadeia tenta dar um tratamento integrado à análise dos impactos diretos e indiretos, relacionando-os aos fatores ambientais afetados;

- ✓ Listagem de controle escalares: apresentam meios de atribuir valores numéricos ou em forma de símbolos (letras e sinais) para cada fator ambiental, permitindo a classificação e a comparação das alternativas de projeto e a escolha daquela mais favorável;
- ✓ Listagem de controle escalares ponderadas: incorporam às listagens escalares o grau de importância de cada impacto, para a ponderação do valor da magnitude;

➤ **Entrevistas**

A entrevista tornou-se, nos últimos anos, um instrumento do qual se servem constantemente os pesquisadores em ciências sociais e psicológicas. Recorrem estes à entrevista sempre que têm necessidade de obter dados que não podem ser encontrados em registros e fontes documentais e que podem ser fornecidos por certas pessoas (CERVO, 1996).

A entrevista não é uma simples conversa e sim uma conversa orientada para um objetivo definido: recolher, através do interrogatório do informante, dados para a pesquisa (CERVO, 1996).

De acordo com Tull & Hawkins apud SHIDA (2000), o uso de entrevistas pode ser aplicado quando os dados obtidos por fontes secundárias, no caso, a literatura, não são suficientes, ou quando o tipo de informação que se pretende obter não se encontra disponível.

As entrevistas com as populações locais constituem uma coleta sistemática de dados primários como atitudes, sensações, crenças, comportamentos passados e futuros, características pessoais e outros itens descritivos. Elas fornecem associações, porém raramente as causas (Tull & Hawkins apud SHIDA, 2000).

Segundo o ponto de vista de TRIVIÑOS (1987) para alguns tipos de pesquisa qualitativa, a entrevista semi-estruturada é um dos principais meios que tem o investigador para realizar a coleta de dados, pois ao mesmo tempo que valoriza a presença do investigador, oferece todas as

perspectivas possíveis para que o informante alcance a liberdade e a espontaneidade necessárias, enriquecendo a investigação.

Podemos entender por entrevista semi-estruturada, em geral, aquela que parte de certos questionamentos básicos, apoiados em teorias e hipóteses, que interessam à pesquisa, e que, em seguida, oferecem amplo campo de interrogativas, fruto de novas hipóteses que vão surgindo à medida que se recebem respostas do informante. Desta maneira, o informante, seguindo espontaneamente a linha de seu pensamento e de suas experiências dentro do foco principal colocado pelo investigador, começa a participar na elaboração do conteúdo da pesquisa (TRIVIÑOS, 1987).

Uma metodologia apenas não é suficiente para dar a resposta sobre o risco de degradação dos recursos hídricos, necessitando, portanto da combinação das informações geradas por vários planos como o Potencial Natural de Erosão, Adequação de Uso das Terras e Manejo Agrícola, a partir deste somatório é que pode-se efetivamente responder à questão do risco.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Descrição da área

4.1.1- Localização geográfica

A bacia do Ribeirão Pinhal é uma sub-bacia do Rio Piracicaba, situada na Depressão Periférica do Estado de São Paulo, pertence ao Município de Limeira- SP a 22°33'52" de latitude Sul e 47°24'17" de longitude Oeste. Possui área de aproximadamente 302 Km² e altitudes que variam entre 520 e 740 m.

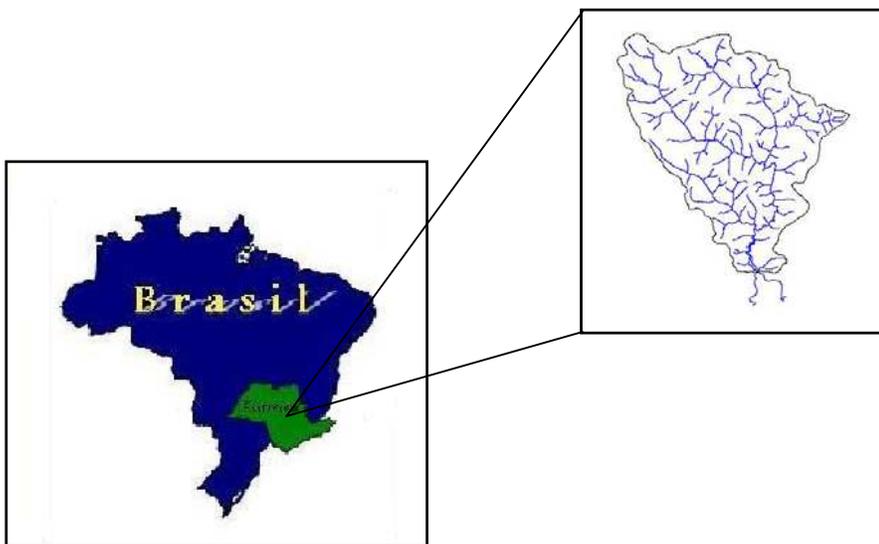


Figura 2 – Localização da bacia do Ribeirão Pinhal.

4.1.2- Caracterização climática

Em relação ao clima, consiste no tipo tropical de altitude- Cwa, segundo a classificação de Koëppen, que apresenta como características principais um verão quente e úmido e um inverno frio e seco. Possui temperatura média anual de aproximadamente 25° C e apresentou chuva média anual de 1240mm no período de janeiro de 1966 a dezembro de 1997, de acordo com o posto Limeira, prefixo D4-064 localizado no município de Limeira, altitude de 640 m.

4.1.3- Solos

O plano de informação (PI) de distribuição dos solos da bacia (figura 3) foi gerado a partir do Levantamento Pedológico Semi-detalhado do Estado de São Paulo, obtido junto ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), escala 1:100.000, quadriculas de Campinas e Araras (OLIVEIRA et al, 1977 e 1982).

Inicialmente foram digitalizados todos os tipos de solos encontrados na bacia (figura 3), incluindo as associações de solos, a fim de serem utilizados na determinação do fator erodibilidade dos solos do Potencial Natural de Erosão e, posteriormente estas associações foram agrupadas no principal solo, ou seja, o primeiro da associação é considerado o predominante.

Dois grandes grupos de solos são predominantes na bacia (tabela 1), os Podzólicos Vermelho Amarelos (27,26%) e os Latossolos Vermelho Amarelos (33,06%), encontrando-se também os Latossolos Vermelho Escuros (18,9%), os Latossolos Roxos (16,32%), os Solos Litólicos (2,84%), as Terras Roxas Estruturadas (1,25%) e em pequena quantidade os Solos Hidromórficos (0,37%).

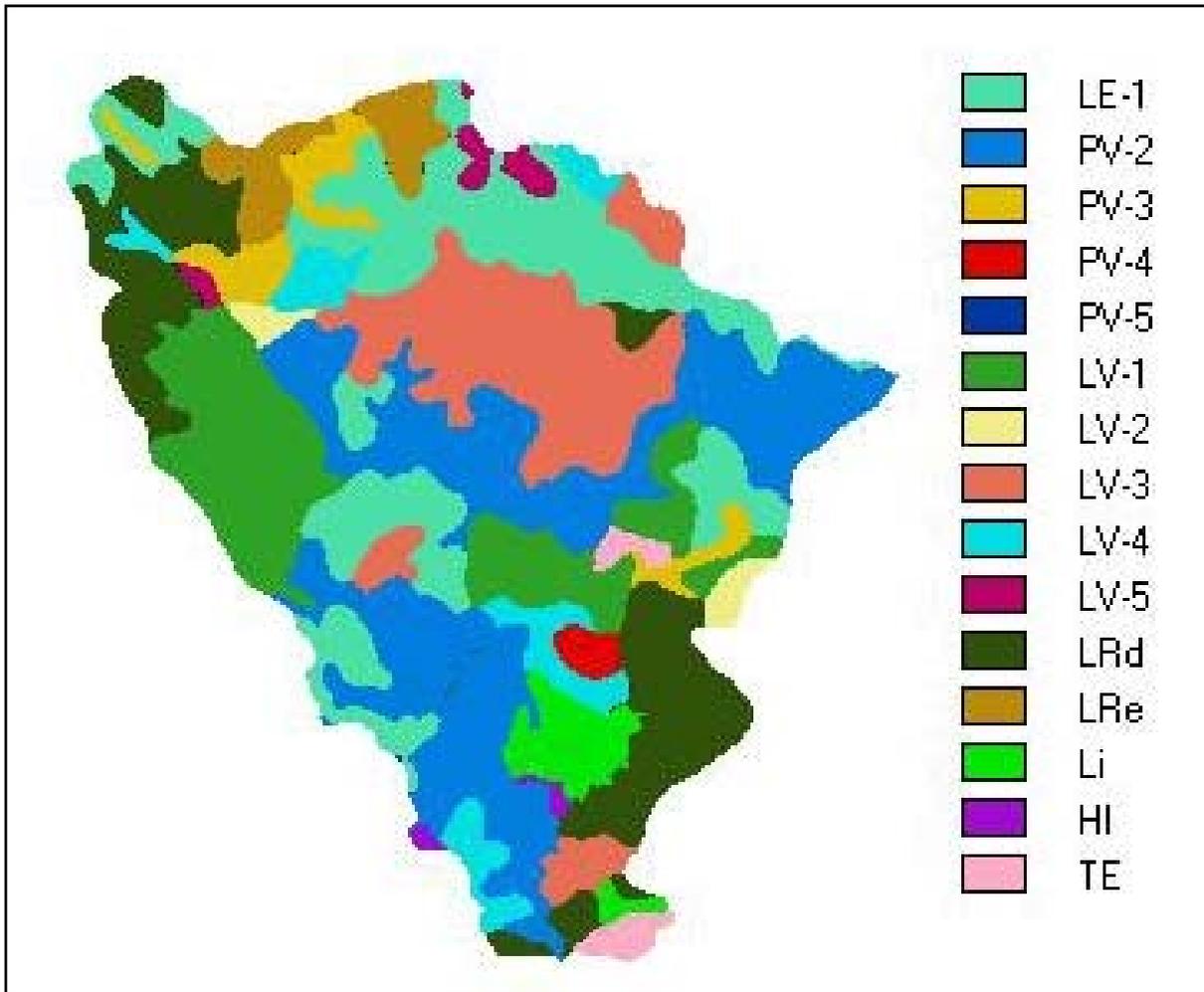


Figura 3 - PI de solos da bacia.

Tabela 1 – Tipos e área ocupada por cada solo na bacia do Ribeirão Pinhal.

LEGENDA	SOLOS	UNIDADE DE SOLO	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
LE-1	Latossolo Vermelho-Escuro	Limeira	5707,71	18,9
PV-2	Podzólico Vermelho-Amarelo	Usina	6947,73	23,0
PV-3	Podzólico Vermelho-Amarelo	Olaria	1077,75	3,57
PV-4	Podzólico Vermelho-Amarelo	Santa Cruz	205,11	0,68
PV-5	Podzólico Vermelho-Amarelo	Serrinha	1,98	0,01
LV-1	Latossolo Vermelho-Amarelo	São Lucas	3843,36	12,72
LV-2	Latossolo Vermelho-Amarelo	Coqueiro	326,43	1,08
LV-3	Latossolo Vermelho-Amarelo	Laranja Azeda	4083,12	13,51
LV-4	Latossolo Vermelho-Amarelo	Speculaas	1393,02	4,61
LV-5	Latossolo Vermelho-Amarelo	Mato Dentro	343,62	1,14
LRd	Latossolo Roxo	Barão Geraldo	3924,90	13,0
LRe	Latossolo Roxo	Ribeirão Preto	1003,23	3,32
Li-1	Solos Litólicos	Litólicos	857,16	2,84
HI	Solos Hidromórficos	Hidromórficos	111,51	0,37
TE	Terra Roxa Estruturada	Terra Roxa Estrut.	376,83	1,25

Está sendo implantada no Brasil uma nova nomenclatura para a classificação de solos, porém neste trabalho utilizou-se a antiga devido à escala do PI ser mais detalhada. De acordo com o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS) os Latossolos Vermelho-Escuros e os Latossolos Roxos correspondem aos Latossolos Vermelhos, os Latossolos Vermelho-Amarelos mantiveram a mesma nomenclatura, os Podzólicos Vermelho-Amarelos passaram a se chamar Argissolos, os solos Litólicos mudaram para Neossolos Litólicos, os solos Hidromórficos passaram para Gleissolos e, por fim, as Terras Roxas Estruturadas correspondem aos Nitossolos.

Como principais características dos Podzólicos Vermelho-Amarelos encontrados na bacia podemos citar que, em geral, são distróficos ($V\% < 50$), argilosos, sua vegetação original se caracterizava pela mata Tropical Subperenifólia, não apresentam mudanças texturais abruptas do horizonte A para o B e possuem profundidade de aproximadamente 150 cm.

Os Latossolos Vermelho-Amarelos apresentam-se na bacia como solos distróficos, textura arenosa a areno-barrenta, sua vegetação original se caracterizava pelos Cerrados e Cerradões, em geral ausência de mosqueamento a menos de 100 cm e profundidade chegando a 300 cm.

Já os Latossolos Vermelho-Escuros aparecem como solos distróficos, textura argilosa, vegetação original era a Mata Tropical Latifoliada Subperenifólia e profundidade maior que 200 cm. Os Latossolos Roxos se caracterizam como distróficos, argilosos, vegetação original era a mata Tropical Latifoliada Subperenifólia e o Cerradão.

Os solos Litólicos, também encontrados na bacia, se caracterizam por serem distróficos, textura arenosa ou fino-areno-barrenta, são solos rasos, a vegetação original era a Mata Tropical Subperenifólia refletindo, assim, disponibilidade hídrica do solo mais escassa que as matas desenvolvidas em solos profundos.

Encontram-se, também, as Terras Roxas Estruturadas, este tipo de solo apresenta textura argilosa, são distróficos ou eutróficos, a vegetação original era a Mata Tropical Subperenifólia e profundidade igual ou superior a 150 cm. E finalizando, temos os Solos Hidromórficos, estes caracterizam-se por serem solos álicos (teor de alumínio $> 50\%$), possuem textura arenosa a areno-barrenta, sua vegetação original eram os Campos Higrófilos, requerem práticas intensas e onerosas de drenagem e apresentam profundidade inferior a 80 cm.

4.1.4- Uso da Terra

O PI do uso e ocupação do solo foi obtido a partir da imagem TM/ Landsat 7 referente à órbita 220_076 da passagem 16/07/99 (escala 1:50.000) e análise das fotos aéreas de 1998 (escala 1:25.000). Para correção geométrica da imagem TM/ Landsat foram identificados 12 pontos, distribuídos em toda a área de estudo. A figura 4 mostra a composição colorida RGB da área de estudo obtida no programa IDRISI for Windows 2.0 (EASTMAN, 1997), onde a banda TM3 = azul, banda TM 5 = verde e banda TM 4 = vermelho.

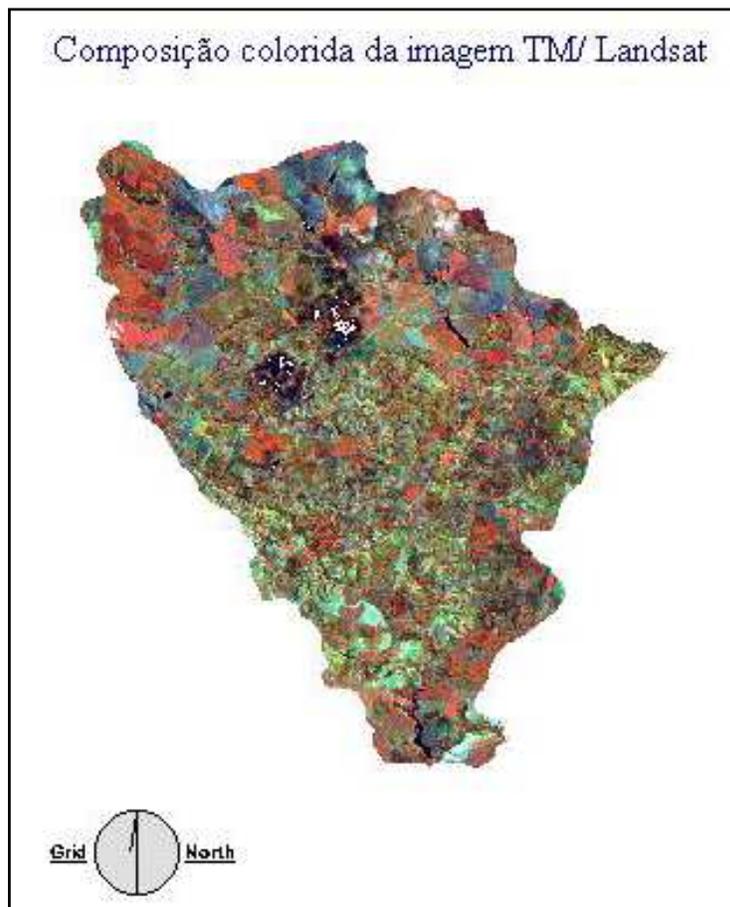


Figura 4 - Imagem TM/ Landsat - Bacia do Ribeirão Pinhal.

4.2. Modelo Numérico do Terreno

As informações das cartas plani-altimétricas, na escala 1:50.000, folhas de Araras, Limeira, Cosmópolis e Conchal foram digitalizadas no programa Autocad 14 (AUTODESK, 1997) para a determinação do modelo numérico do terreno, este foi gerado no SURFER 6.0 (GOLDEN SOFTWARE, 1995) através da interpolação dos arquivos digitais (método da curvatura mínima) e em seguida, exportado para o programa IDRISI for Windows 2.0.

4.3. Potencial Natural de Erosão

4.3.1- Erosividade da chuva (fator R)

O fator R foi calculado através do programa “SISTEMA PARA CÁLCULO DA EROSIVIDADE DA CHUVA PARA O ESTADO DE SÃO PAULO” (LOMBARDI NETO et al, 1999). Para determinação do fator R é necessário entrar com coordenadas em latitude/longitude. Estas coordenadas foram extraídas das cartas plani-altimétricas num total de 13 pontos, inseridas no programa e calculados os valores de R para cada ponto dentro da área (tabela 2), de acordo com a equação da erosividade:

$$EI_{\text{mensal}} = 89.823 * (r^2/P)^{0.759} \quad (\text{eq. 2})$$

onde:

EI_{mensal} = erosividade média mensal do mês i (MJ mm/ha h);

r = precipitação média mensal do mês i (mm);

P = precipitação média anual, em (mm)

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

Tabela 2- Valores de erosividade da chuva na bacia do Ribeirão Pinhal.

PONTOS	LATITUDE	LONGITUDE	VALOR DE R (MJ.MM/HA.H)
1	22°25'54"	47°28'25"	6886
2	22°25'54"	47°10'52"	7148
3	22°41'57"	47°28'25"	6878
4	22°41'57"	47°10'52"	7021
5	22°30'00"	47°22'19"	6911
6	22°36'31"	47°28'25"	6879
7	22°36'31"	47°22'19"	6918
8	22°41'57"	47°16'29"	6972
9	22°30'00"	47°15'03"	7045
10	22°35'26"	47°16'29"	7000
11	22°35'26"	47°15'03"	7021
12	22°36'31"	47°16'29"	6997
13	22°30'00"	47°16'29"	7019

Posteriormente estes valores de R foram colocados no SURFER 6.0 para a interpolação através do método do inverso do quadrado da distância.

4.3.2- Erodibilidade dos solos (fator K)

A erodibilidade dos solos do Ribeirão Pinhal, ou fator K, foi estimada empregando o modelo estabelecido por Denardin (1990) modificado por Levy (1995). A equação representativa é a seguinte:

$$K = 7,48 \times M + 4,48059 \times 10^{-3} \times \text{Permeabilidade} - 6,31175 \times 10^{-2} \times \text{DMP} + 1,039567 \times 10^{-2} \times R$$

(eq. 4)

Onde: M = novo silte x (novo silte + nova areia)

Novo silte = silte + areia fina (em %)

Nova areia – areia grossa (em %)

Permeabilidade: valor da permeabilidade, 1= muito rápida; 2=rápida, 3=moderada, 4=lenta, 5=muito lenta, 6=imperfeitamente drenado.

DMP: diâmetro médio ponderado das partículas de solo.

$$DMP = [(0,65 \times AG) + (0,15 \times AF) + (0,0117 \times \text{silte}) + (0,00024 \times \text{Arg})] / 100 \quad (\text{eq. 5})$$

AG= teor de areia grossa, em %; AF= teor de areia fina, em %; Silte = teor de silte, em %;

Arg = teor de argila, em %.

$$R = NA \times MO / 100 \quad (\text{eq. 6})$$

NA = nova areia (teor de areia grossa, em %)

$$MO = 1,73 \times \text{carbono, em \%} \quad (\text{eq. 7})$$

Carbono = teor de carbono em %

4.3.3- Comprimento e grau de declive (fator LS)

Para o cálculo do fator L (comprimento de rampa), dentro do SIG (Sistema de Informações Geográficas) foi utilizada a metodologia estabelecida por ROCHA et al (1995) onde a partir do Modelo Numérico do Terreno foram gerados os mapas de declividade (em graus e porcentagem) e de orientação. O mapa de declividade em porcentagem foi reclassificado em 6 classes com intervalos pré definidos e o mapa de orientação em 8 classes diferentes no intervalo de 0 a 360°. A combinação destes dois mapas gerou um outro onde cada polígono representava uma rampa. Estes polígonos foram agrupados de forma que cada um representasse a combinação de 1 classe de declividade com 1 classe de orientação.

Utilizando este mapa de rampas como referência foram extraídos dados de diferença de altura do Modelo Numérico do Terreno e o ângulo médio do mapa de declividades (em graus). A

partir dos mapas de rampas, altura das rampas e ângulo médio para cada rampa foi possível calcular o comprimento de rampa através da seguinte fórmula:

$$L = DH / \text{sen } a \quad (\text{eq. 8})$$

Onde: L = comprimento de rampa,

DH = diferença de altura da rampa e

a = ângulo médio da rampa;

Para o cálculo do LS foi utilizada a fórmula de BERTONI & LOMBARDI NETO (1985):

$$LS = 0,00984 \cdot C^{0,68} \cdot D^{1,18} \quad (\text{eq. 3})$$

Onde: C = comprimento de rampa (em m) e

D = declividade (em %).

Com os PI's de erosividade da chuva, erodibilidade dos solos, comprimento e grau de declive foi possível calcular o Potencial Natural de Erosão e classificá-lo em nulo, fraco, moderado, moderado a forte e forte conforme limites citados por SANTOS (1997) (tabela 3).

Tabela 3 – Classes do Potencial Natural de Erosão.

P.N.E.	FAIXA (T/ha)	CLASSE
1	0 – 0,5	Nulo
2	0,5 – 400	Fraco
3	400 – 800	Moderado
4	800 – 1600	Moderado a forte
5	> 1600	Forte

Fonte: Pereira apud Santos (1997)

4.4 - Aptidão Agrícola das Terras

A aptidão agrícola das terras do Ribeirão Pinhal foi analisada tendo como base o levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de Araras realizado por OLIVEIRA et al (1982) e o método estabelecido por RAMALHO FILHO & BEEK (1995). O método proposto por OLIVEIRA & BERG (1985) também serviu de parâmetro para algumas análises.

A bacia apresenta um nível relativamente elevado de manejo, que significa o uso de mecanização, uso de fertilizantes, práticas conservacionistas e combate às doenças e pragas, portanto optou-se por determinar a aptidão agrícola das terras para o nível de manejo C.

A imagem com as declividades da área de estudo foi reclassificada de acordo com os intervalos de declive utilizados por RAMALHO FILHO & BEEK (1995) (Tabela 4)

Tabela 4 - Classes de declive associadas às classes de relevo.

Classes de declive	Classes de Relevo	Atributo de valor (Z)
0 a 3%	Plano/ praticamente plano	1
3 a 8%	Suave ondulado	2
8 a 13%	Moderadamente ondulado	3
13 a 20%	Ondulado	4
20 a 45%	Forte ondulado	5
Acima de 45%	Montanhoso/ Escarpado	6

Fonte: RAMALHO FILHO & BEEK (1995)

A imagem reclassificada, de acordo com as classes de declive, foi então cruzada com o mapa de solos, obtendo-se uma relação de unidades de solo por classes de declive. A partir desta relação, iniciou-se a avaliação da aptidão agrícola das terras através da análise de cada unidade de solo em cada tipo de relevo e os graus de limitação.

4.4.1- Graus de limitação

Nesta etapa foram analisados os graus de limitação por deficiência de fertilidade, deficiência de água, excesso de água, suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização.

A adoção dos cinco fatores limitantes mencionados tem por finalidade representar as condições agrícolas das terras, no que concerne às suas propriedades físicas e químicas, e suas relações com o ambiente (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995).

✓ Deficiência de fertilidade:

Os graus de limitação por deficiência de fertilidade foram analisados em função da saturação de bases (V) e da capacidade de troca de cátions (CTC) extraídos do levantamento pedológico (OLIVEIRA et al, 1982) (Tabela 5).

Tabela 5 - Deficiência de fertilidade

CTC	Variação do V%			
	50 – 100	25 – 50	10 – 25	0 – 10
> 5	Nulo	Ligeiro	Forte	Muito forte
3 – 5	Ligeiro	Moderado	Forte	Muito forte
<3	Moderado	Moderado	Muito forte	Muito forte

Fonte: OLIVEIRA & BERG (1985).

✓ Deficiência de água:

Os graus de limitação por deficiência de água foram determinados a partir de informações sobre as condições climáticas, avaliação da drenagem de cada solo e da vegetação natural da área, conforme RAMALHO FILHO & BEEK (1995). A região apresenta clima do tipo Tropical de altitude e pluviosidade média de 1240mm/ ano.

A drenagem dos solos refere-se à quantidade (volume) e rapidez com que a água adicionada ao solo é removida do mesmo, especialmente por infiltração e por escoamento superficial (EMBRAPA, 1979).

Quanto à vegetação primária, esta é utilizada com o objetivo de suprir insuficiência de dados referentes às condições térmicas e hídricas do solo. Estas condições, além do significado pedogenético, têm grande implicação ecológica, o que permite o estabelecimento de relações entre unidades de solos e sua aptidão agrícola, aumentando pois a utilização dos levantamentos de solos (EMBRAPA, 1979).

✓ **Excesso de água:**

Os graus de limitação por excesso de água ou deficiência de oxigênio foram obtidos a partir da avaliação da drenagem dos solos, conforme RAMALHO FILHO & BEEK (1995).

✓ **Suscetibilidade à erosão:**

Os graus de limitação quanto à suscetibilidade à erosão foram determinados a partir das classes de declive, conforme RAMALHO FILHO & BEEK (1995) (tabela 4).

✓ **Impedimentos à mecanização:**

Para os graus de limitação referente aos impedimentos à mecanização foram utilizadas as classes de declive, porém com um agrupamento diferente da suscetibilidade à erosão, conforme RAMALHO FILHO & BEEK (1995) (tabela 6).

TABELA 6: Classes de declividade utilizadas na determinação dos graus de limitação em relação à erosão e impedimentos à mecanização.

Grau de limitação	Nível de declive (%)	
	Suscetibilidade à erosão	Impedimentos à mecanização
(N) Nulo	0 – 3	0 – 3
(L) Ligeiro	3 – 8	3 – 8
(M) Moderado	8 – 13	8 – 20
(F) Forte	13 – 20	20 – 45
(MF) Muito forte	20 – 45	> 45
(EF) Extremamente forte	> 45	_____

Fonte: RAMALHO FILHO & BEEK (1995).

O PI de aptidão agrícola das terras resultou do cruzamento dos planos de informação do solo, clima e topografia, já devidamente interpretados. Em seguida, foi gerado o PI de adequação de uso das terras, obtido a partir da combinação do PI de uso e ocupação do solo com o PI de aptidão agrícola, visando obter a relação de uso, ou seja, uso atual x oferta ambiental dos diferentes agroecossistemas da bacia. As categorias da legenda constaram de:

- ✓ Classe com uso adequado- equilíbrio entre o uso atual e o potencial natural das terras;
- ✓ Classe com subutilização- terras com o uso atual aquém da oferta ambiental;
- ✓ Classe com sobreutilização- terras com o uso atual acima da oferta ambiental.

Deste modo, enfatiza-se que, em geral, não seria socialmente conveniente que, por exemplo, terras da classe 1 ou 2, indicadas para lavoura de ciclo curto, venham a ser utilizadas com pecuária. Da mesma maneira, a situação oposta também é indesejável, como, por exemplo, promover o uso intensivo em áreas apropriadas para silvicultura, pois acarretará graves problemas de desequilíbrio ecológico (Strauss apud PEREIRA, 1994).

4.5 - Plano de Informação do manejo agrícola

Nesta etapa do trabalho foi feita uma caracterização da cultura de Citrus e cana-de-açúcar, para determinação do plano de informação do manejo agrícola, através de entrevistas elaboradas para a população local. Foram entrevistados 26 agricultores. A cultura de Citrus foi analisada a partir da entrevista com uma amostra de 24 citricultores, os quais representam aproximadamente 53% dos citricultores da bacia. A outra vertente é a cultura de cana-de-açúcar, a qual é mantida pelas 2 usinas localizadas na bacia, representando, portanto, 100% do manejo da cultura.

O intuito das entrevistas foi realizar um levantamento qualitativo do manejo e procedimentos agrícolas adotados pelos agricultores, a fim de avaliar os riscos de degradação dos recursos hídricos na bacia. Por esta razão a entrevista foi semi-estruturada propositadamente para atingir esse objetivo.

Esse tipo de entrevista é considerada direta e pessoal. O objetivo do questionário foi apresentado a cada entrevistado e as perguntas foram feitas pessoalmente. No questionário constavam perguntas objetivas e abertas. As questões abertas estavam sempre relacionadas aos recursos hídricos.

Através da análise do manejo e procedimentos agrícolas pode-se avaliar se existem, atualmente, riscos de degradação dos recursos hídricos ou se existe perspectiva futura.

Os principais pontos analisados pelos questionários foram quanto à assistência técnica, uso do solo, qualidade e quantidade dos rios e córregos da região, importância de vegetação nativa, uso de agroquímicos, manutenção de equipamentos, irrigação, problemas com enchente e erosão.

4.6 – Risco de degradação dos Recursos Hídricos

O risco de degradação dos recursos hídricos foi analisado tendo como base os PI's do Potencial Natural de Erosão, a Adequação de Uso das Terras e o Plano de Manejo Agrícola. Inicialmente foi feita uma análise individual e posteriormente esses planos foram combinados a fim de se determinar as áreas mais críticas dentro da bacia. Cada plano foi classificado de acordo com seu risco da seguinte forma:

- Potencial Natural de Erosão- as áreas que não possuíam potencial de erosão ou que apresentaram um fraco potencial caracterizam-se como áreas de baixo risco de degradação; as áreas com moderado potencial pertencem a um médio risco de degradação e as áreas classificadas no Potencial Natural de Erosão como moderado- forte e forte representaram um alto risco de degradação;
- Adequação de Uso das Terras- as áreas caracterizadas como subutilizadas e com uso adequado representam áreas de baixo risco de degradação, em contrapartida as áreas sobreutilizadas representam áreas de risco;
- Plano de Manejo Agrícola- Será avaliado a partir das entrevistas com os produtores se o tipo de manejo é caracterizado como de baixo ou alto risco de degradação dos recursos hídricos.

5- RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - Uso da Terra

A região é considerada como o berço da citricultura paulista, caracterizada como o maior centro produtor de mudas, especialmente de frutas cítricas, da América Latina.

O PI de uso e ocupação das terras da bacia do Ribeirão Pinhal (figura 5) mostra a distribuição da cana-de-açúcar, do Citrus e demais culturas. A maior ocupação após a cana-de-açúcar (13.488 ha ou 44,6%), dá-se com o Citrus (12.937 ha ou 42,7%), seguida por pastagem (1.370 ha ou 4,5%), mata (753 ha ou 2,5%) e outras culturas, porém em pequena escala. Atualmente, as áreas de matas remanescentes possuem extensões muito restritas, geralmente associadas às declividades mais acentuadas, que dificultaram a ocupação antrópica.

Como pode ser observado (figura 5) na parte central da bacia encontram-se os citricultores, na parte extrema de montante localiza-se a Usina São João e na parte extrema de jusante a Usina açucareira Ester.

A figura 6 mostra a distribuição das principais culturas da bacia.

De acordo com levantamento da CETESB apenas uma indústria possui lançamento pontual na bacia- a Citrosuco Paulista.

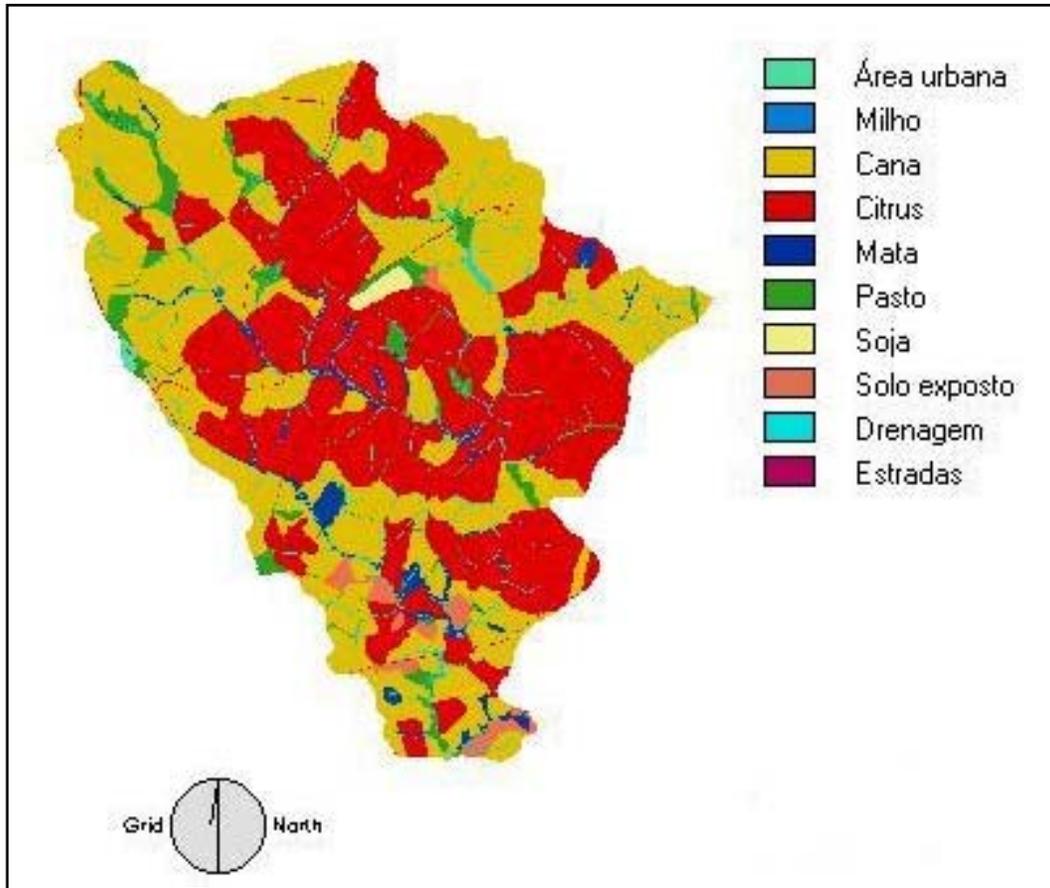


Figura 5- PI de Uso e ocupação do solo.

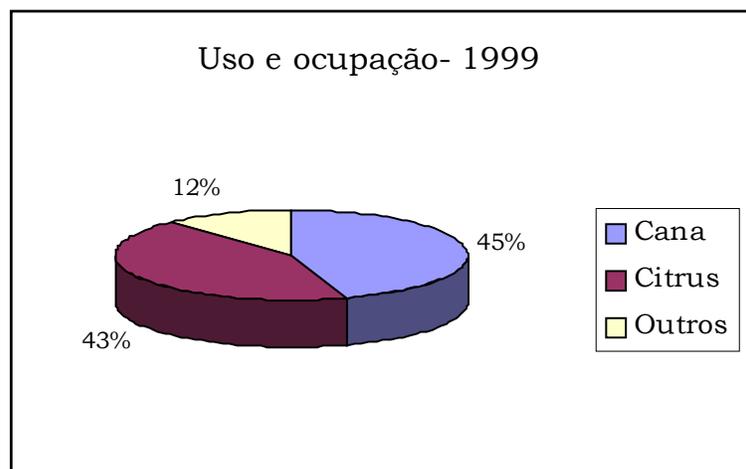


Figura 6 – Distribuição das principais culturas da bacia.

5.2 Modelo Numérico do Terreno

Inicialmente foi necessário a realização de um mapa base contendo as características básicas da área como: estradas, limites da bacia, rede de drenagem, posição geográfica e etc.

A figura 7 apresenta o modelo de elevação ou modelo numérico do terreno através do interpolador de curvatura mínima (coordenadas em UTM: $X_{\text{mínimo}} = 246000\text{m}$; $X_{\text{máximo}} = 276000\text{m}$; $Y_{\text{mínimo}} = 7488000\text{m}$; $Y_{\text{máximo}} = 7518000\text{m}$, com espaçamento de 30 metros, resultando em 1000 linhas e 1000 colunas).

O modelo gerado apresentou cota mínima de 520 metros, localizada nas proximidades da represa do Tatu (tons mais escuros) e cota máxima de 740 metros nas proximidades do limite da bacia (a montante- tons mais claros).

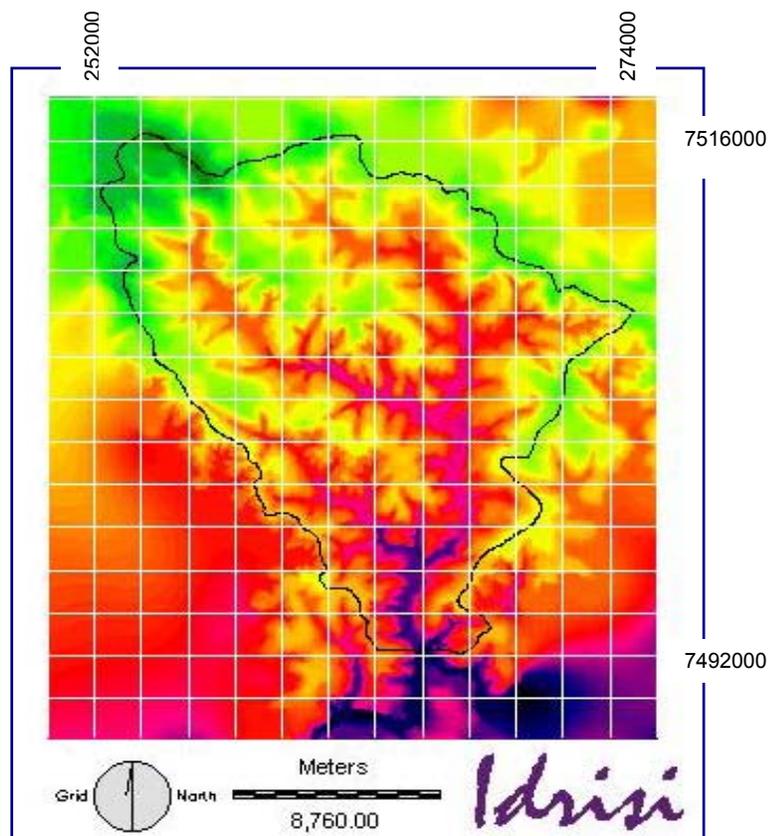


Figura 7 – Modelo Numérico do Terreno.

A figura 8 representa o PI de hipsometria, onde o Modelo Numérico do Terreno foi classificado em intervalos de cotas altimétricas a fim de uma melhor visualização do relevo da bacia.

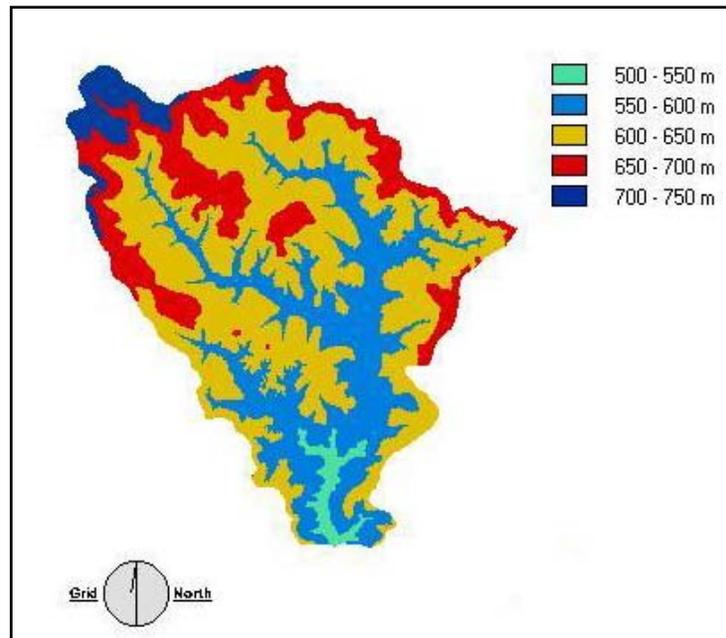


Figura 8 - PI de hipsometria

A bacia não apresenta muita variação de cotas altimétricas sendo 2% da área de 500 a 550 metros, 25% cotas 550 a 600 metros, 49% cotas de 600 a 650 metros, 19% cotas de 650 a 700 metros e 5% cotas de 700 a 750 metros como mostra o histograma do relevo (figura 9).

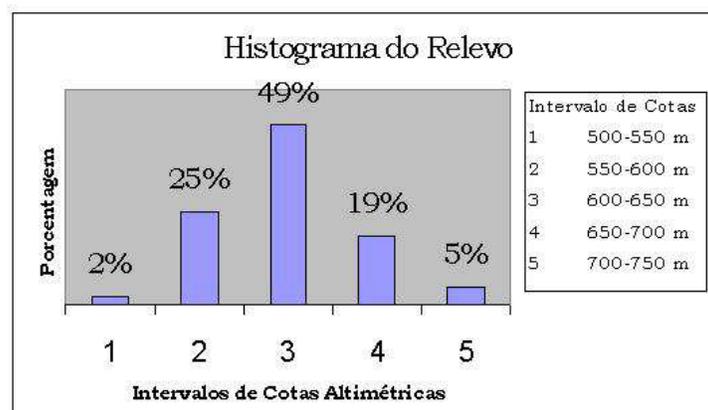


Figura 9 - Histograma do relevo.

5.3 Avaliação do Potencial Natural de Erosão

Os valores pontuais de erosividade da chuva foram interpolados no programa computacional SURFER 6.0, utilizando o método inverso do quadrado da distância. A erosividade da chuva variou de 6897 a 7045 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹. A figura 10 mostra uma classificação dos valores de erosividade da chuva.

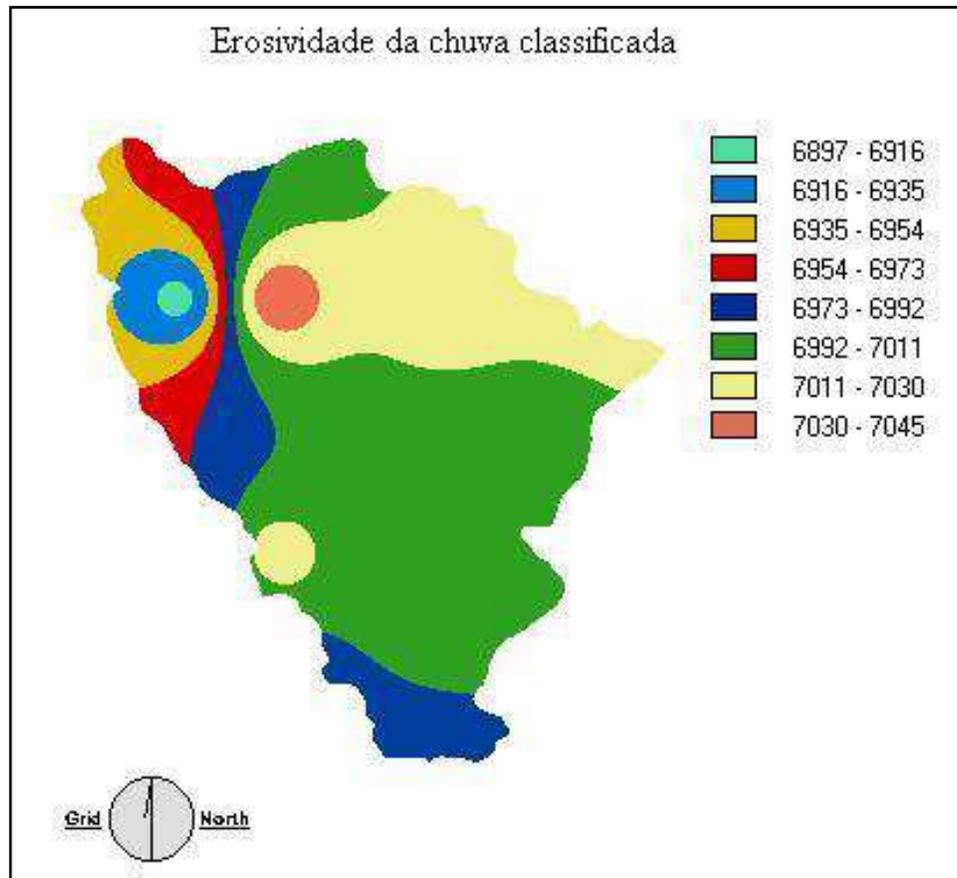


Figura 10 - Classes de erosividade da chuva.

Os valores do fator K encontrados na tabela 7 foram associados ao PI de solos gerando um PI de erodibilidade dos solos. Os valores de K variaram de 0,0122 a 0,0495 $T.h.MJ^{-1}.mm^{-1}$. A Figura 11 mostra os valores de K divididos em 8 classes.

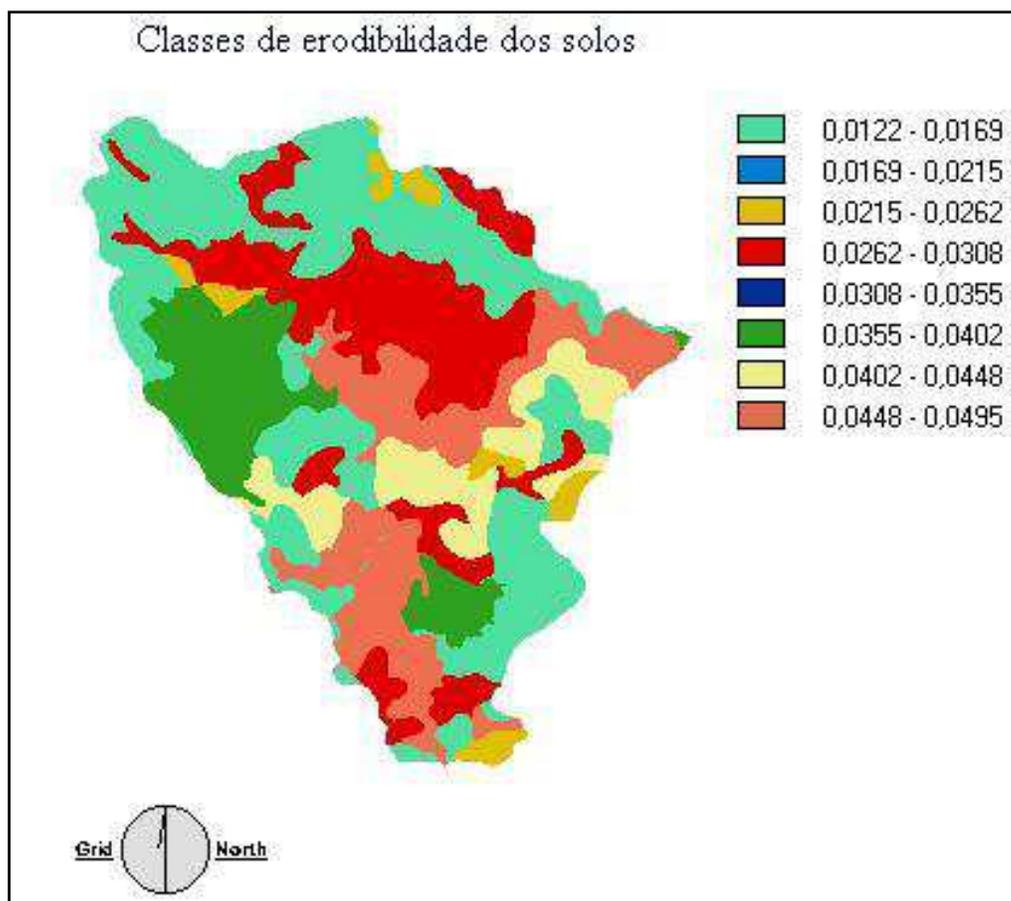


Figura 11 – Classes de erodibilidade dos solos

Tabela 7: Erodibilidade dos solos da bacia do Ribeirão Pinhal.

	SOLOS	UNIDADE DE SOLO	VALOR DE K (T.h.MJ ⁻¹ .mm ⁻¹)
1	LE-1	Limeira	0.0167
2	LE1+LRd	-----	0.0149
3	PV-2	Usina	0.0458
4	PV-3	Olaria	0.0294
5	PV-4	Santa Cruz	0.0414
6	PV-5 + Li-1	-----	0.0431
7	PV-2 + Li-1	-----	0.0461
8	PV-2 + Cb	-----	0.0391
9	PV-2 + PV-1	-----	0.0495
10	PV-2 + PV-4	-----	0.044
11	LV-1	São Lucas	0.0446
12	LV-2	Coqueiro	0.0247
13	LV-3	Laranja Azeda	0.027
14	LV-4	Speculaas	0.028
15	LV-5	Mato Dentro	0.0235
16	LV-1 + LV-3	-----	0.0376
17	LV-2 + LV-7	-----	0.023
18	LV-5 + LV-3	-----	0.0249
19	LRd	Barão Geraldo	0.0122
20	LRe	Ribeirão Preto	0.0163
21	LRd + LE-1	-----	0.014
22	LRe + LRd	-----	0.0147
23	LRd + LRe	-----	0.0138
24	Li-1	Litólicos	0.0465
25	Li-1 + Cb	-----	0.0395
26	HI	Hidromórficos	-----
27	TE	Terra Roxa Estrut.	0.023

O fator topográfico ou fator LS apresentou uma grande amplitude de variação na área de estudo, indo desde o valor zero até o valor máximo de 26,32. A figura 12 mostra uma classificação do fator topográfico. A maior concentração dos valores estavam entre os valores 0 e 1 como mostra o histograma a seguir (figura 13).

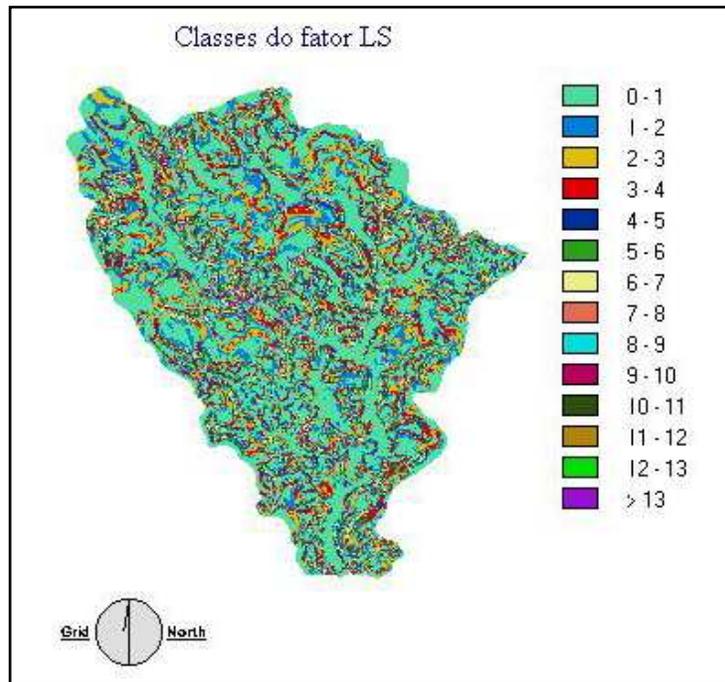


Figura 12 - Classes do fator LS

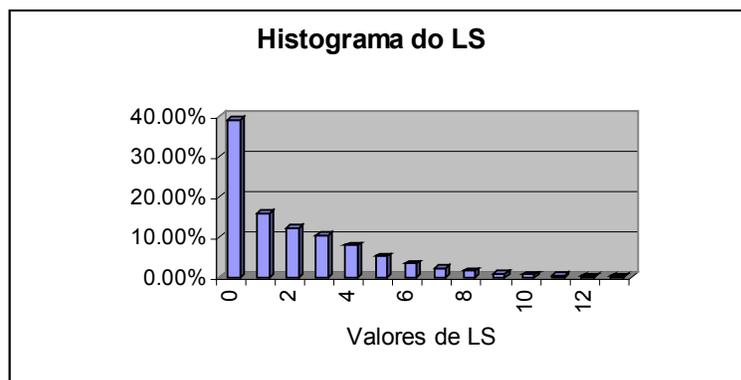


Figura 13 – Histograma do fator LS

Observando-se o histograma do LS (figura 13) pode-se observar que há uma grande concentração dos valores (39%) entre 0 e 1; 16% estão entre 1 e 2; 12% entre 2 e 3; 10% entre 3 e 4; e estes valores vão caindo progressivamente chegando a 0.25% acima de 13.

O potencial natural de erosão (figura 14) foi calculado a partir da combinação dos PI's de erosividade da chuva (fator R), erodibilidade dos solos (fator K), comprimento e grau de declive (fator LS).

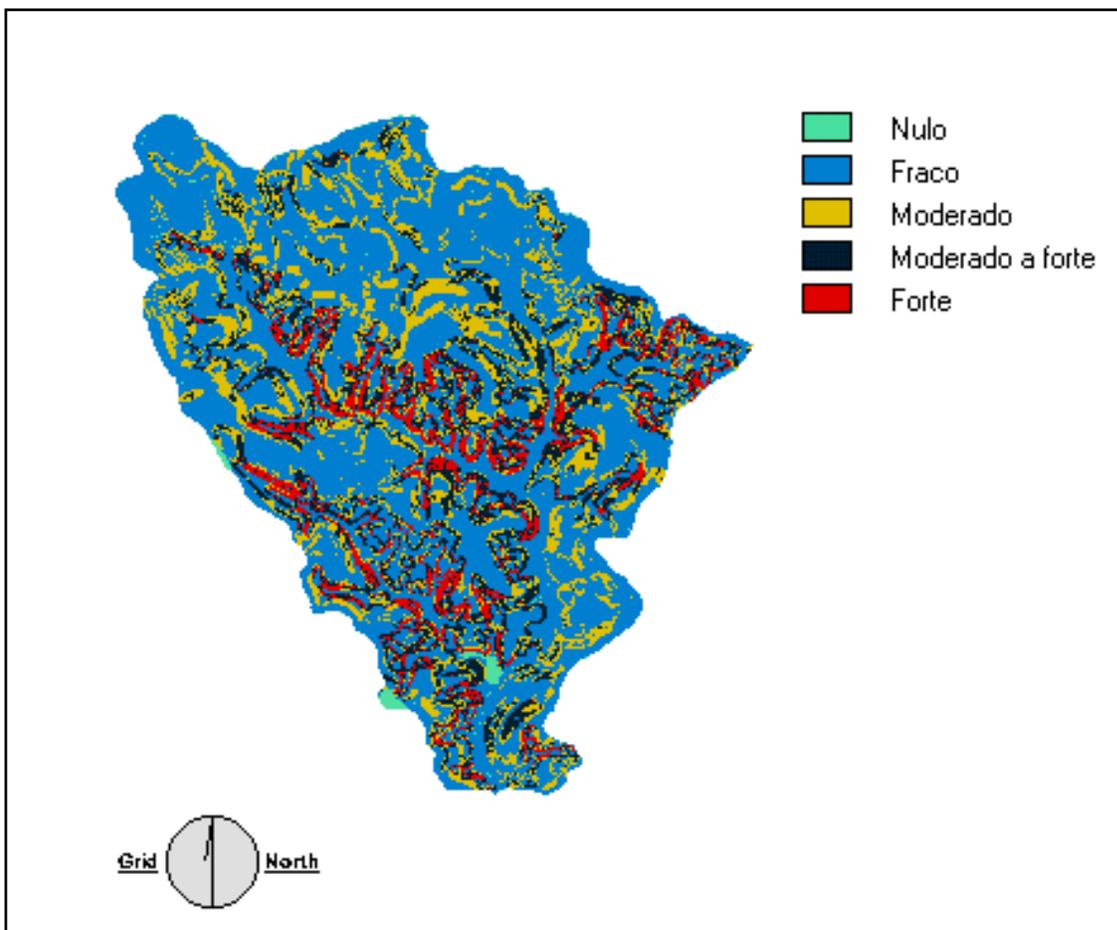


Figura 14 - PI do potencial natural de erosão

Analisando-se a figura 15 pode-se observar que 1% da área não possui potencial natural de erosão; 60% da área possui um fraco potencial natural de erosão; 18% caracteriza-se como moderado; 14% de moderado a forte e 7% da área apresenta-se como forte potencial natural de erosão. De forma geral a bacia não apresenta sérios problemas com relação à erosão.

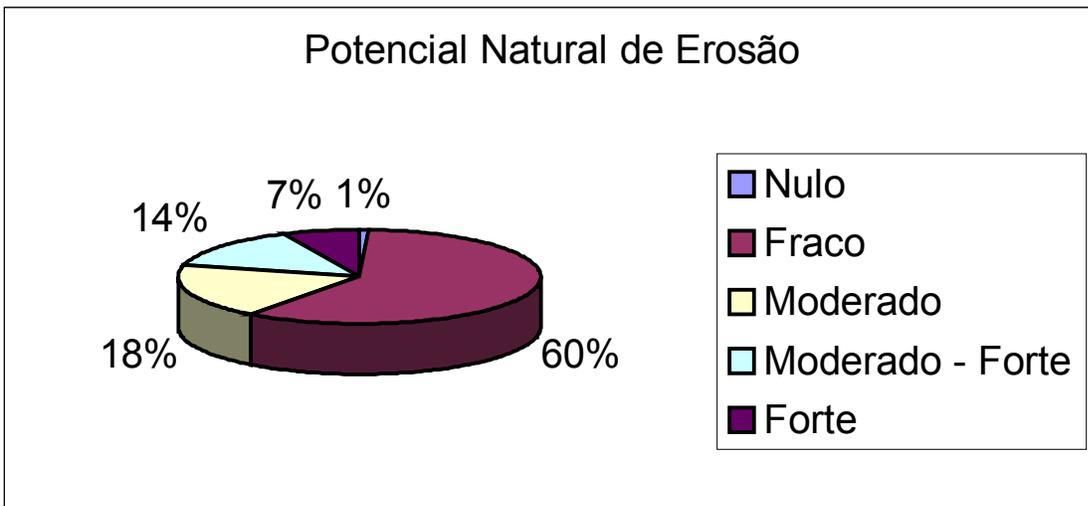


Figura 15 – Distribuição do Potencial Natural de Erosão

5.4 - Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras

Analisando-se o PI de deficiência de fertilidade (Figura 16) pode-se notar que a maior parte da área possui sérias restrições quanto a fertilidade, porém estas restrições são minimizadas à medida que estes solos apresentem boas aptidões em relação aos outros graus de limitação estudados. No contexto dos resultados obtidos verificou-se que 7,41% da área não apresentou restrições (restrição nula), 4,25% ligeira restrição, 13% moderada restrição, 61,54% forte restrição e 13,80% restrição muito forte.

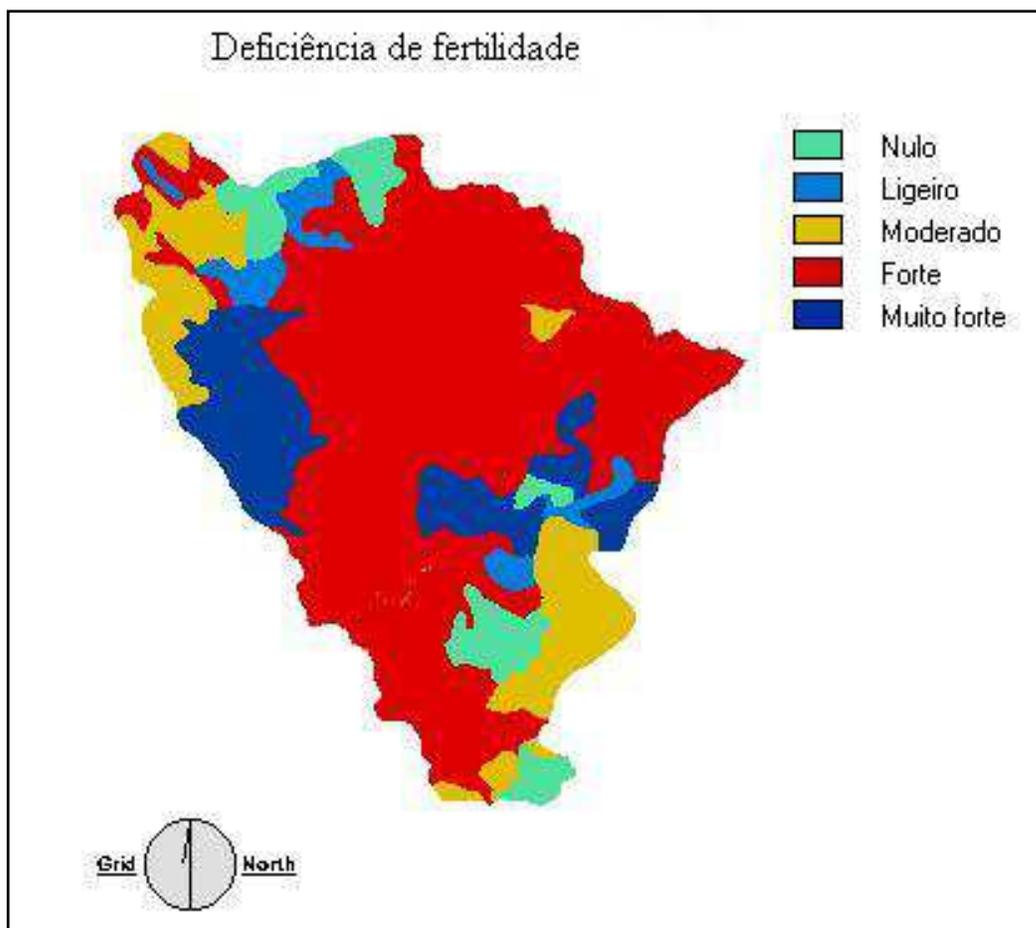


Figura 16 – PI de deficiência de fertilidade.

Com relação aos graus de limitação por deficiência de água (figura 17), 27,62% não apresentaram restrições (nula), 37,60% restrição nula/ ligeira, 31,94% restrição ligeira e 2,84% restrição moderada, portanto pode-se notar que os solos da bacia não possuem sérios problemas quanto à deficiência de água.

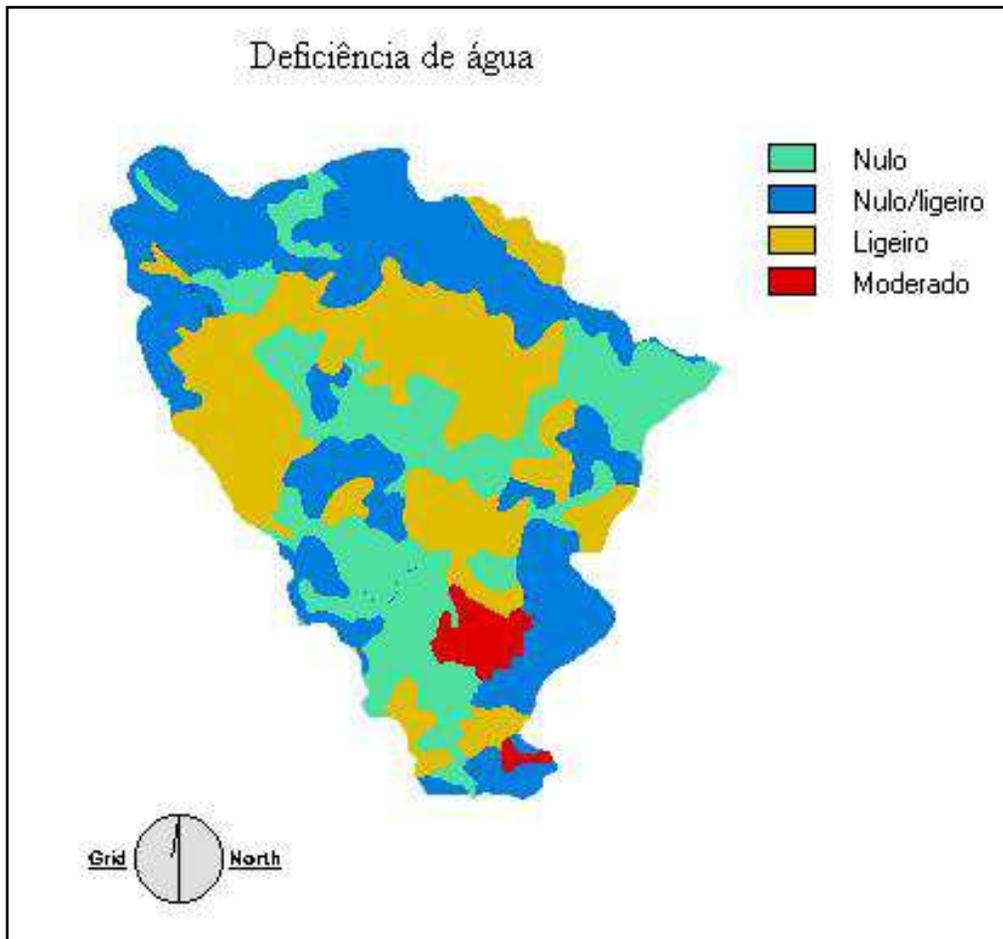


Figura 17 – PI de deficiência de água.

O PI de excesso de água (figura 18) praticamente não possui limitações. Em termos numéricos, 99,62% da área não apresentou restrições, 0,01% restrição ligeira e 0,37% restrição forte, demonstrando, portanto, que em geral os solos da bacia apresentavam boa drenagem.

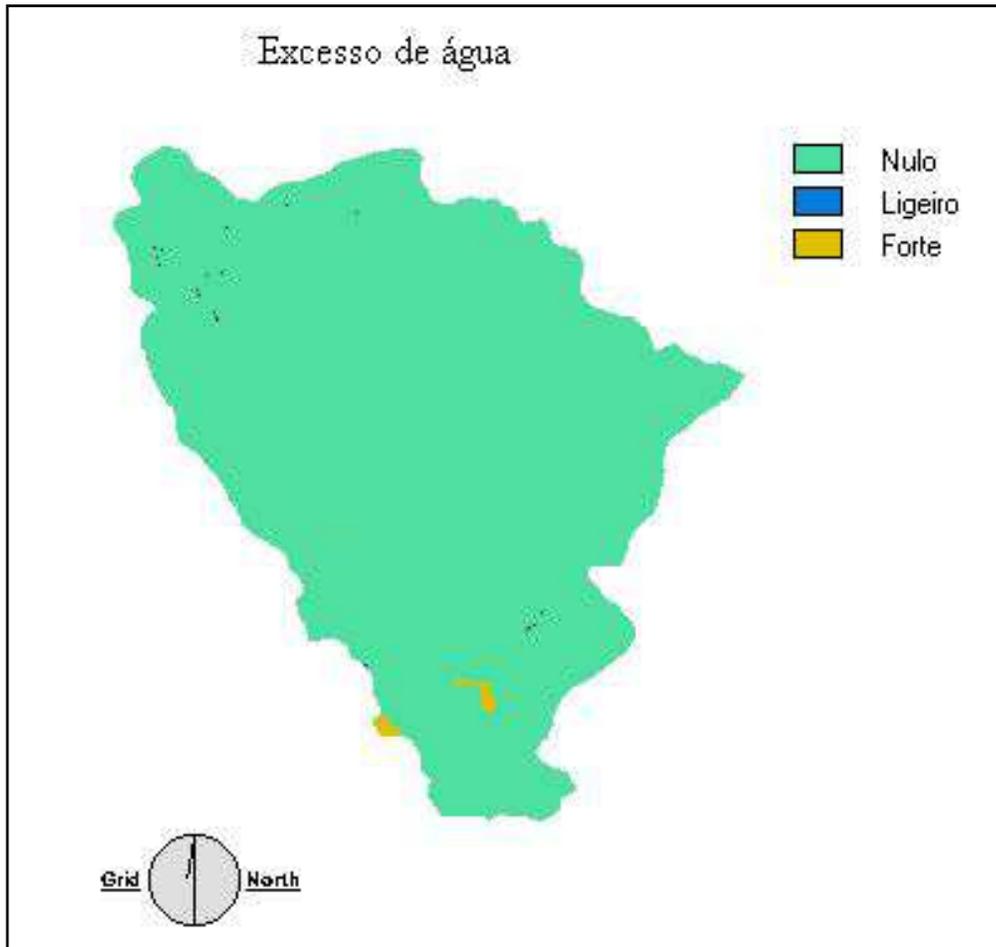


Figura 18 – PI de excesso de água.

Quanto à suscetibilidade à erosão (figura 19) 36% da área não apresentaram restrições, outros 36% apresentaram ligeira restrição, 17,51% moderada restrição, 8,09% forte restrição, 2,36% restrição muito forte e 0,04% apresentaram limitações extremamente fortes.

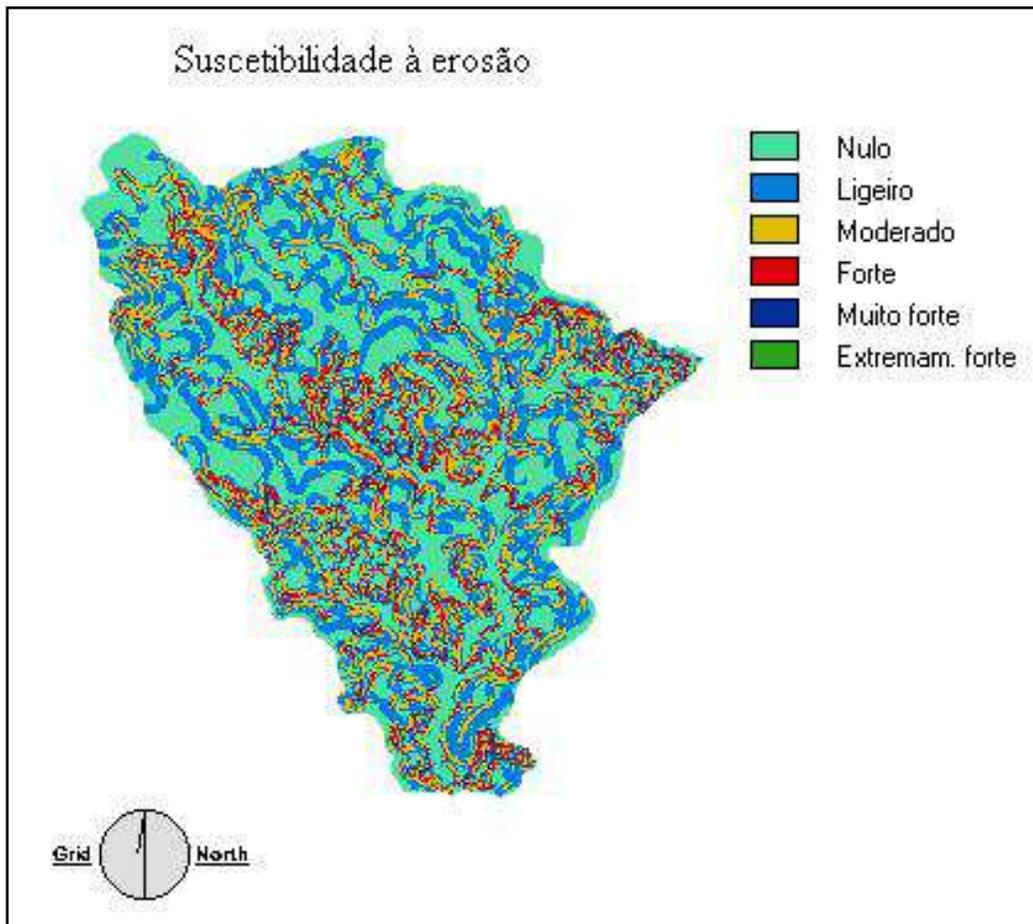


Figura 19 – PI de suscetibilidade à erosão.

Analisando-se o PI de impedimentos à mecanização (figura 20) podemos ressaltar que 36% da área não apresenta limitações, 36% apresenta uma ligeira restrição, 25,60% apresenta moderada restrição, 2,36% forte restrição e 0,04% representa restrição muito forte.

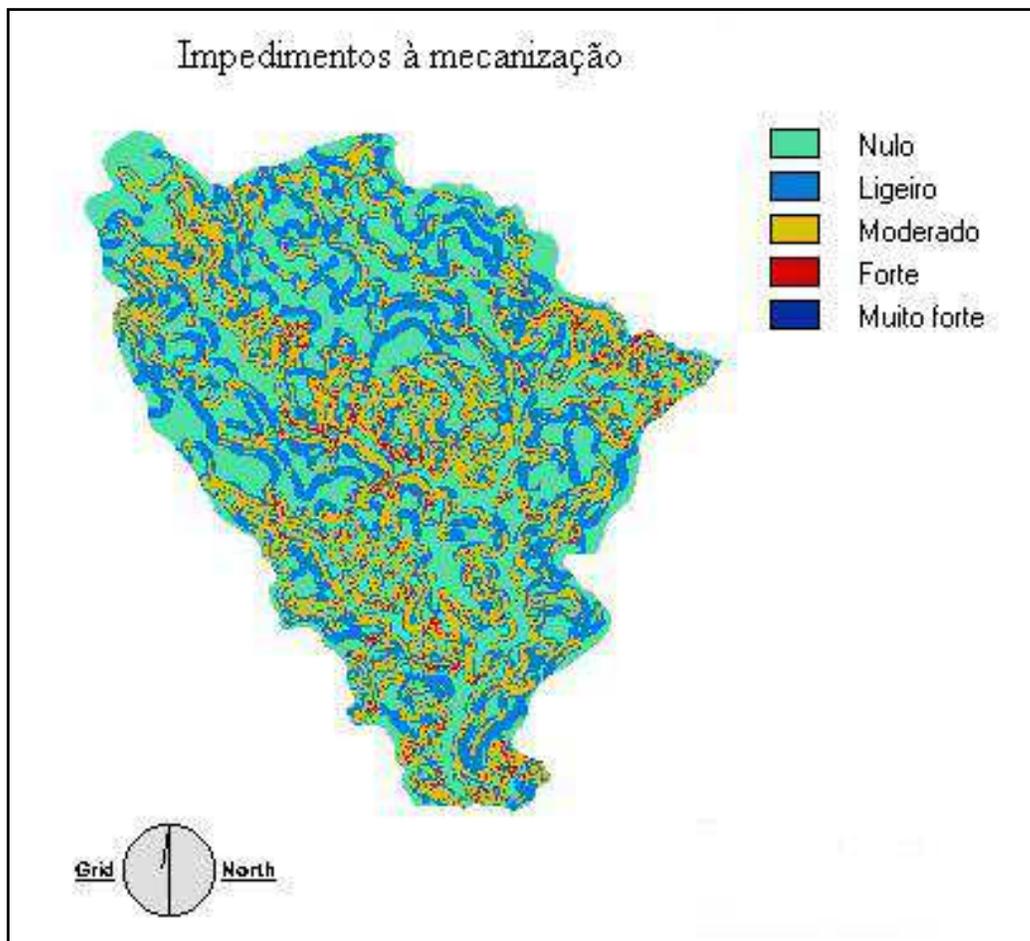


Figura 20 – PI de impedimentos à mecanização.

Depois de analisados os graus de limitação para cada tipo de terra, considerando as condições edáficas, de relevo e clima, passou-se ao agrupamento das terras em cada subgrupo de aptidão agrícola a fim de compor o PI de aptidão agrícola das terras (figura 21), as informações adicionais em relação à legenda encontram-se na tabela 8. Este agrupamento foi feito comparando-se os graus de limitação atribuídos às terras e os estipulados nos quadros-guias constantes no método preconizado por RAMALHO FILHO & BEEK (1995). Este método apresenta três tipos de quadro-guia, para atender às regiões de clima subtropical, tropical-úmido e semi-árido. Neste estudo foi considerado o quadro-guia para região de clima tropical-úmido (anexo I).

De acordo com RAMALHO FILHO & BEEK (1995), os quadros-guias devem ser utilizados para uma orientação geral, em face de a avaliação variar de acordo com peculiaridades locais, qualidade e diversidade dos dados, assim como no nível de detalhe do estudo.

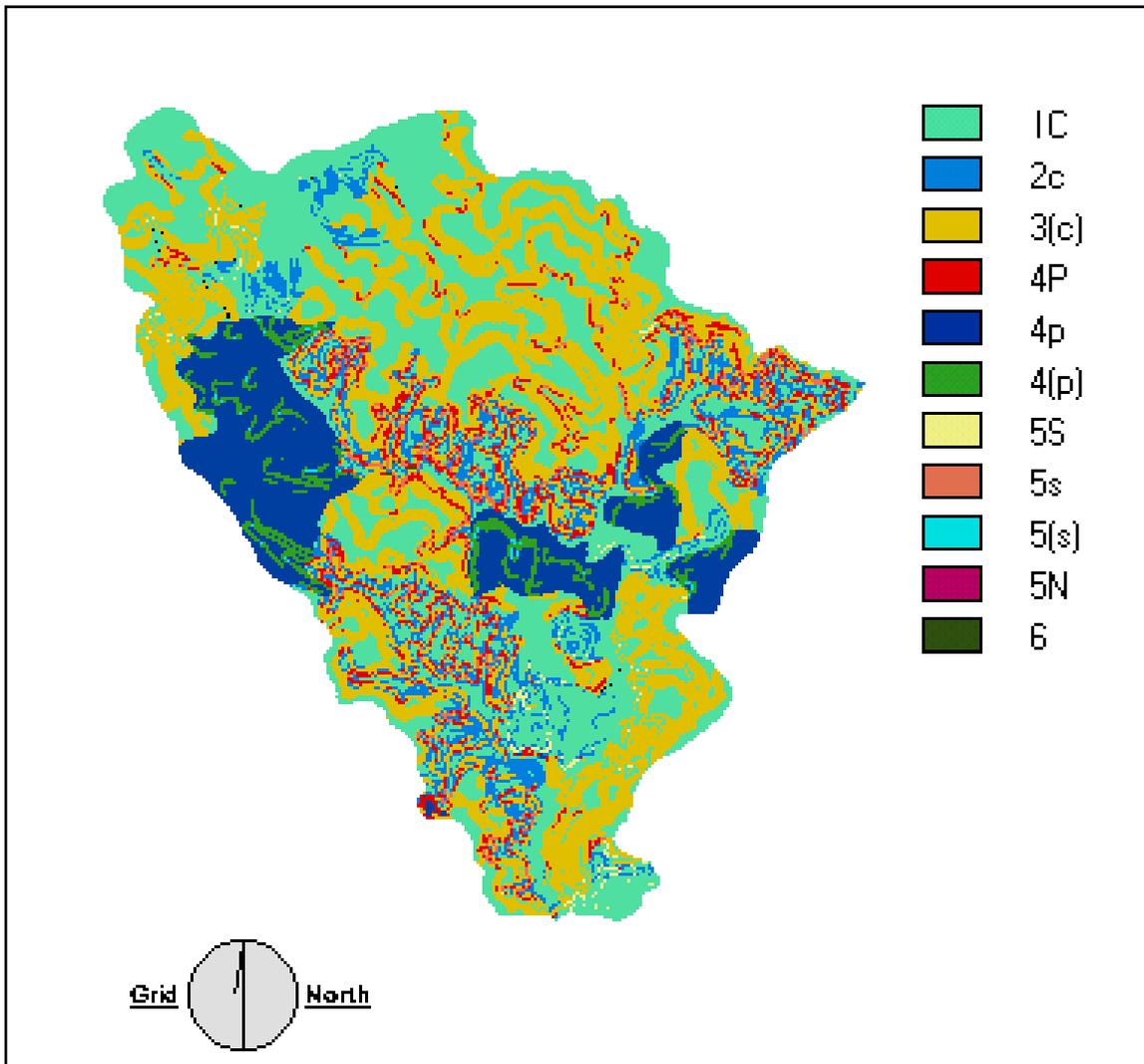


Figura 21- Aptidão Agrícola das Terras.

Tabela 8 – Subgrupos de Aptidão Agrícola das Terras da bacia do Ribeirão Pinhal.

SUBGRUPO DE APTIDÃO	CARACTERIZAÇÃO	ÁREA (ha)
1C	Terras com aptidão boa para lavouras de ciclo curto e/ ou longo no nível de manejo C.	10.946,25
2 c	Terras com aptidão regular para lavouras de ciclo curto e/ ou longo no nível de manejo C.	2.673,54
3 (c)	Terras com aptidão restrita para lavouras de ciclo curto e/ ou longo no nível de manejo C.	10.054,44
4P	Terras com aptidão boa para pastagem plantada.	1.655,28
4p	Terras com aptidão regular para pastagem plantada.	3.386,52
4 (P)	Terras com aptidão restrita para pastagem plantada.	761,85
5 S	Terras com aptidão boa para silvicultura	166,86
5 s	Terras com aptidão regular para silvicultura	507,06
5 (S)	Terras com aptidão restrita para silvicultura	38,88
5 N	Terras com aptidão boa para pastagem natural	3,69
6	Terras sem aptidão para uso agrícola	9,09

Para obtenção do PI de adequação de uso (figura 23) foi necessário reclassificar o PI de uso e ocupação do solo de acordo com as classes de ocupação estabelecidas por RAMALHO FILHO & BEEK (1995) (figura 22) e posteriormente, combiná-lo com o PI de aptidão.

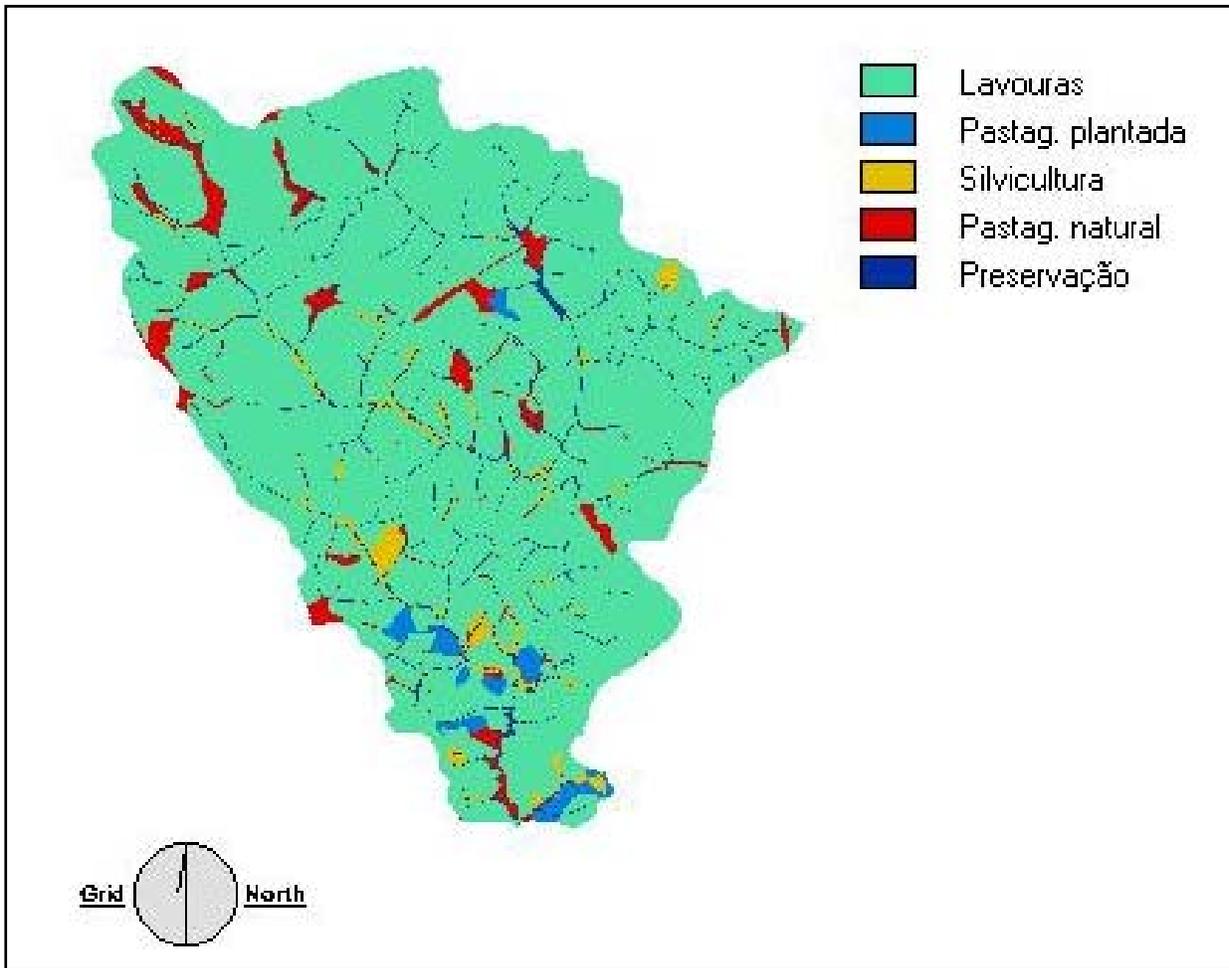


Figura 22 – PI de Uso e Ocupação reclassificado de acordo com RAMALHO & BEEK (1995).

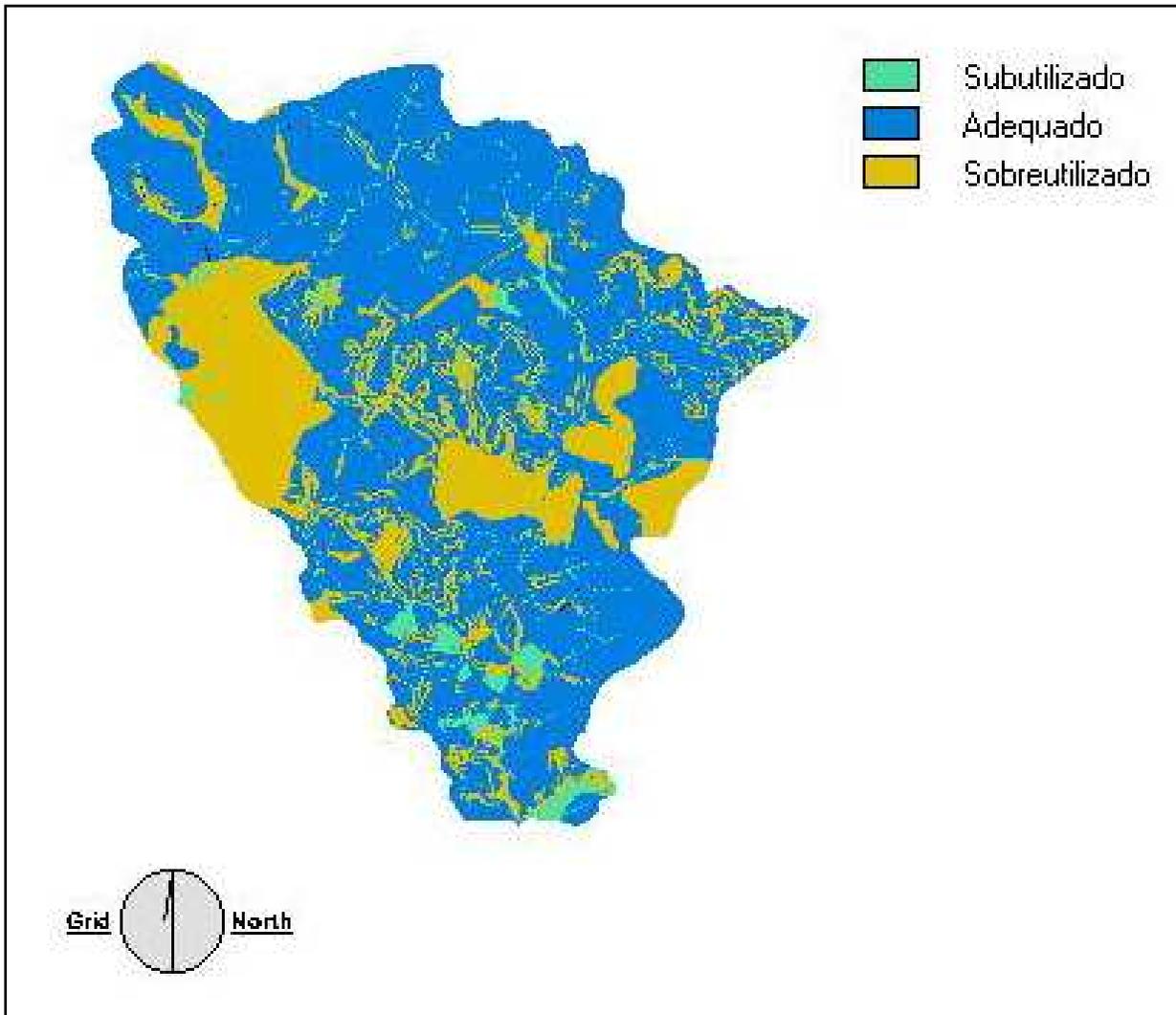


Figura 23 – Adequação de Uso das Terras da bacia do Ribeirão Pinhal.

Analisando-se o PI de adequação de uso das terras (figura 23) do Ribeirão Pinhal verificou-se que 68,8% da área apresentava-se como adequado (equilíbrio entre o uso atual e potencial natural das terras), 5,1% mostrou-se subutilizado (uso atual abaixo da oferta ambiental) e 26,1% das áreas sobreutilizadas (uso atual acima da oferta ambiental) como mostra a tabela 9. As áreas sobreutilizadas estão bastante relacionadas aos tipos de solos e, de forma geral, uma grande parte das áreas encontram-se com cultivo de Citrus.

Tabela 9 – Situação das Terras da bacia do Ribeirão Pinhal, de acordo com as condições de uso.

CATEGORIA DE USO	ÁREA	
	Hectare (ha)	%
Subutilizado	1.542,51	5,1
Adequado	20.734,74	68,8
Sobreutilizado	7.875,45	26,1

5.5 - Avaliação do manejo agrícola

A partir das entrevistas, utilizando-se o questionário do anexo II, com os produtores rurais da bacia do Ribeirão Pinhal foi feita uma caracterização do manejo e procedimento agrícola. Iniciando-se pela assistência técnica, 25% dos citricultores recebem assistência sistemática, 46% recebem assistência aleatória e 29% dos citricultores não recebem assistência técnica. Dentre as áreas de cana-de-açúcar, as quais pertencem às duas usinas encontradas na bacia 100% possuem assistência técnica sistemática.

Com relação ao uso do solo o ponto importante analisado foi o fato de as áreas possuírem mata ciliar e curvas de nível, obtendo-se como resposta dos citricultores que 71% possuíam mata ciliar e 29% não, já em relação às curvas de nível 67% possuíam. Nas áreas de cana 100% possuem mata ciliar e 100% possuem curvas de nível e/ ou terraceamento. O consorciamento é uma prática muito utilizada entre os citricultores no início do pomar, porém no uso e ocupação do solo não foram determinados os estágios da cultura, não podendo-se, portanto, determinar as áreas com consórcio; entretanto 50% dos citricultores afirmaram nos questionários que praticam o consorciamento e preferencialmente com o milho.

Ao perguntar aos entrevistados se a qualidade e a quantidade de água dos rios e córregos da região manteve-se a mesma ao longo dos anos, entre os citricultores 75% disseram que não quanto ao volume, destes 75% de citricultores 33% consideraram também a poluição; 21% disseram que manteve-se a mesma qualidade e quantidade e 4% não responderam. Entre as áreas de cana 50% afirmaram que não manteve-se a mesma com relação à qualidade, porém manteve-se a mesma quantidade e 50% acreditam que manteve-se a mesma qualidade e quantidade. Portanto nota-se que a dimensão da quantidade é muito mais perceptível que a qualidade pelos agricultores.

Perguntou-se aos entrevistados se achavam importante manter áreas com vegetação nativa e o por que, 92% dos citricultores disseram que era importante, quase a unanimidade destes consideram importante para proteger a água, os outros 8% dos citricultores não consideram importante. Nas áreas de cana-de-açúcar 100% acreditam na importância da vegetação nativa.

Foi analisado o uso de agroquímicos (agrotóxicos) com relação à assistência técnica, para isso considerou-se que os agricultores que possuem assistência técnica sistemática utilizam adequadamente os agroquímicos, portanto, possuem um baixo risco; assistência técnica aleatória possuem um risco intermediário e aqueles que não possuem assistência técnica possuem alto risco. Com estes dados pode-se dizer que 25% dos citricultores estão na faixa do baixo risco, 46% risco intermediário e 21% alto risco, 8% dos entrevistados afirmaram não utilizar agroquímicos. Com relação à cultura de cana-de-açúcar 100% demonstram baixo risco.

Ainda com relação aos agroquímicos, foram levantadas as faixas de toxidez mais utilizadas, 46% dos citricultores entrevistados disseram que usam a faixa IV (pouco tóxico), 71% faixa III (medianamente tóxico), 38% faixa II (altamente tóxico) e 33% faixa I (extremamente tóxico). Como pode ser observado o mais utilizado entre os citricultores é o faixa III (medianamente tóxico), porém deve ser analisado com muito cuidado o uso indiscriminado de agroquímicos sem ou com pouca orientação técnica. Nas áreas de cana 50% afirmaram utilizar faixa III (medianamente tóxico) e a totalidade (100%) utilizam faixa IV (pouco tóxico).

Outro ponto importante foi quanto ao armazenamento e destino das embalagens, quanto ao armazenamento 79% dos citricultores armazenam as embalagens e 13% não, ou seja, compram apenas para utilização imediata. Para avaliação do destino das embalagens foi realizada uma classificação de acordo com o risco, onde considerou-se que os agricultores que estavam armazenando as embalagens para posterior devolução apresentavam um baixo risco, por outro lado, a queima das embalagens, cortar para usar com outros fins, jogar no lixão da prefeitura,

enterrar ou jogar no solo representam um alto risco. Em 21% dos citricultores o destino das embalagens caracteriza-se de baixo risco e 71% de alto risco. Nas áreas com cana 100% armazenam as embalagens e quanto ao destino 50% apresentam-se como baixo risco, os outros 50% não responderam.

Quanto à manutenção dos equipamentos, 4% dos citricultores realiza manutenção em locais especializados, 92% manutenção por demanda e 4% não responderam. Para a cultura de cana-de-açúcar 100% da manutenção é especializada.

A irrigação no Citrus é feita apenas nas mudas, 46% dos citricultores fazem irrigação e 54% não. Na cana 50% realizam irrigação em parte da área e 50% não.

Dentre os citricultores 62% dos entrevistados afirmaram já ter ocorrido enchente em suas propriedades e 38% nunca ter ocorrido, porém esta enchente, felizmente, não causou sérios prejuízos. Na cana 100% afirmaram nunca ter ocorrido enchente.

Com relação à erosão, 17% dos citricultores afirmaram ter problemas de erosão e 83% não possuem este tipo de problema. Nas áreas de cana 50% possuem problemas com erosão e 50% não.

Avaliando as entrevistas podemos concluir que uma parte significativa dos citricultores não possuem assistência técnica, o que compromete a utilização adequada dos insumos agrícolas. Em relação aos processos conservacionistas pode-se observar que os produtores apresentam um manejo de baixo risco, pois a maioria utiliza pelo menos plantio em curva de nível. Entretanto, verificando a utilização de agroquímicos nota-se que uma quantidade significativa de agricultores (aproximadamente 30%) utilizam produtos extremamente tóxicos e uma parte também significativa (aproximadamente 35%) utilizam produtos altamente tóxicos. Estes produtos utilizados na região sem assistência técnica ou com uma assistência aleatória (totalizando 67%), potencializam o risco de contaminação dos recursos hídricos da bacia. Aliado a este fato, nota-se

que a manutenção dos equipamentos é feita prioritariamente por demanda, negligenciando a manutenção preventiva dos equipamentos, tornando este aspecto preocupante com relação ao risco de contaminação dos recursos hídricos. Portanto, pode-se concluir pela análise do procedimento de produção de Citrus, verificado a partir dos questionários, que apresenta-se como alto risco de contaminação.

A partir da avaliação das entrevistas com as usinas açucareiras podemos observar que a área toda possui assistência técnica sistemática. Com relação às práticas conservacionistas apresentam um manejo de baixo risco, ou seja, praticam no mínimo terraceamento e/ ou curvas de nível. Ao avaliar a utilização dos agroquímicos notamos que a unanimidade utiliza produtos pouco tóxicos e uma parcela (50%) utiliza produtos medianamente tóxicos. Este fato aliado à assistência técnica sistemática, caracteriza-se como uma utilização adequada dos insumos agrícolas e reduz o risco de contaminação dos recursos hídricos. Com relação à manutenção dos equipamentos, esta é preventiva. Portanto, pode-se concluir pela análise do procedimento de produção da cana-de-açúcar, verificado a partir dos questionários, que apresenta-se como baixo risco de contaminação dos recursos hídricos.

De acordo com o levantamento de SHIDA (2000) as culturas identificadas como as que mais se utilizam de agroquímicos são a cana-de-açúcar e cítricos, sendo estes agroquímicos os responsáveis pela poluição ambiental, especificamente hídrica.

No uso e ocupação das terras da bacia encontram-se, também, áreas com milho, área urbana, mata, pastagem, soja e solo exposto. As áreas com plantio de milho foram caracterizadas como de alto risco, pois são áreas onde se cultiva o Citrus. O milho é cultivado em consórcio com o pomar novo de Citrus ou quando o pomar está muito velho, os agricultores plantam milho por um tempo. A área urbana também foi caracterizada como de alto risco de degradação dos recursos hídricos.

As áreas de pastagem e mata foram consideradas de baixo risco, por não haver tratamentos culturais, como utilização de insumos, agroquímicos, etc. As áreas com soja foram caracterizadas como de baixo risco por localizarem-se em áreas predominantemente com cana-de-açúcar. E finalizando, as áreas de solo exposto são áreas de plantio de cana, portanto, apresentam-se como de baixo risco de contaminação dos recursos hídricos.

5.6 – Avaliação das áreas de risco de degradação dos recursos hídricos

Avaliando-se as áreas de risco através do Potencial Natural de Erosão (figura 24) pôde-se observar que 60,4% apresentaram baixo risco de degradação, 18,6% médio risco e 21,0% alto risco de degradação. Estas áreas de alto risco estão muito relacionadas ao comprimento e grau de declive e a à erodibilidade dos solos Podzólicos.

O PI de Aptidão Agrícola das Terras foi retirado da avaliação de risco por estar intrínseco no PI de Adequação de Uso das Terras.

Avaliando-se os riscos de degradação tendo-se como base o PI de Adequação de Uso (figura 25) pôde-se observar que 73,9% da área possui baixo risco e 26,1% alto risco de degradação. Estas áreas de alto risco estão muito relacionadas aos tipos de solos encontrados na bacia e à declividade das encostas nas áreas de drenagem.

O PI de Plano de Manejo Agrícola apresentou 57,1% da área como de baixo risco e 42,9% como de alto risco, como pode ser observado na figura 26.

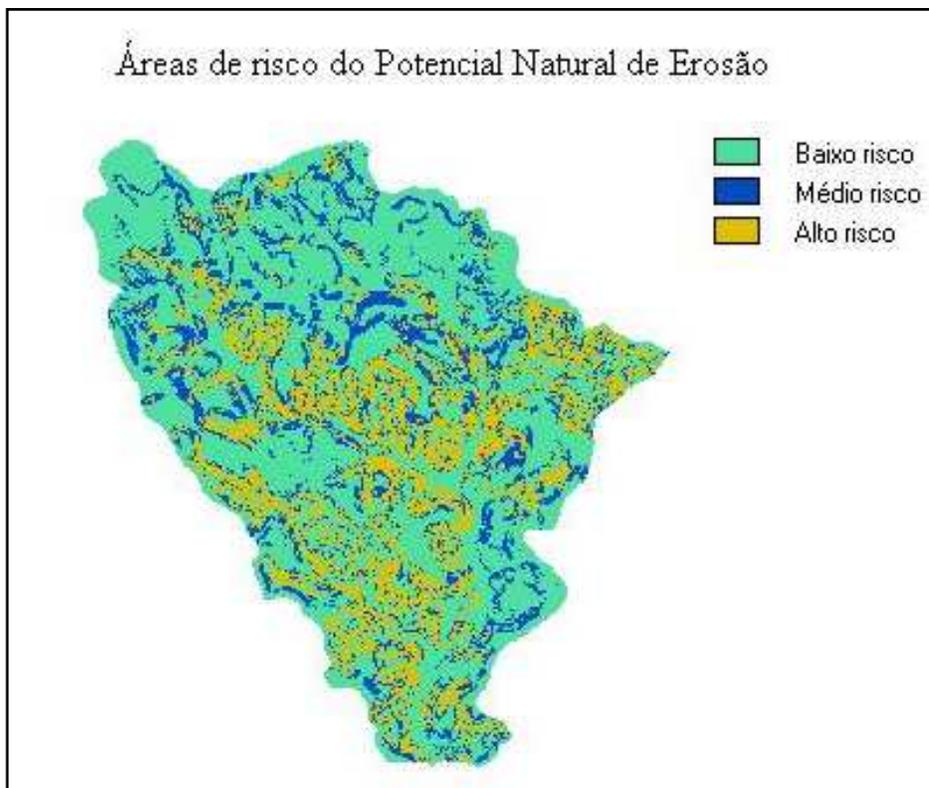


Figura 24- Áreas de risco do Potencial Natural de Erosão.

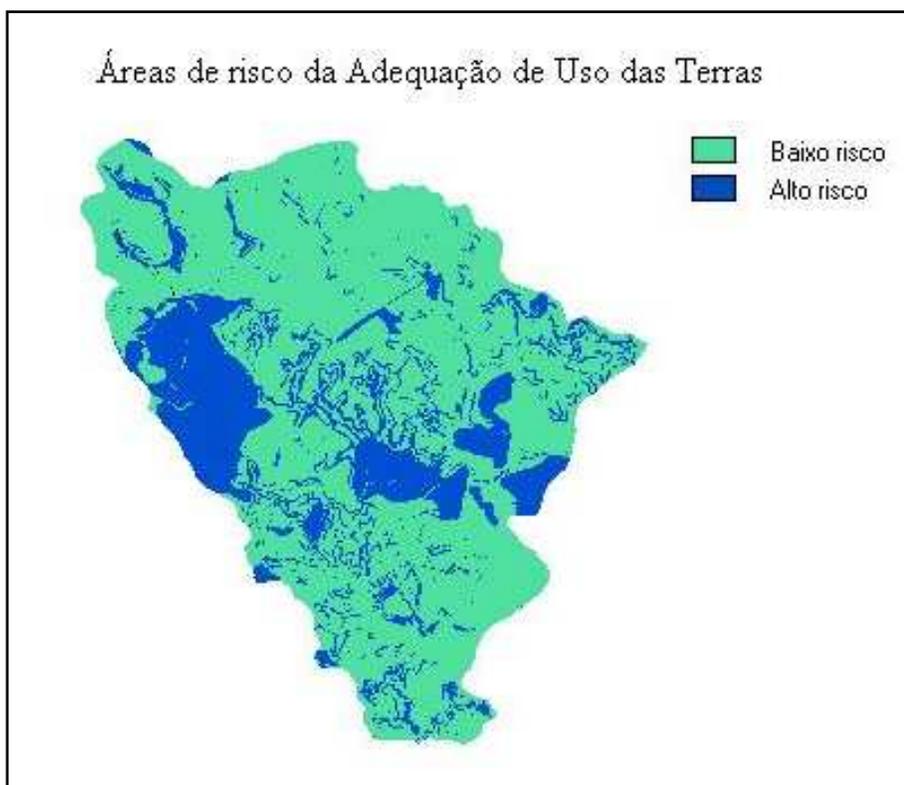


Figura 25- Áreas de risco da Adequação de Uso das Terras.

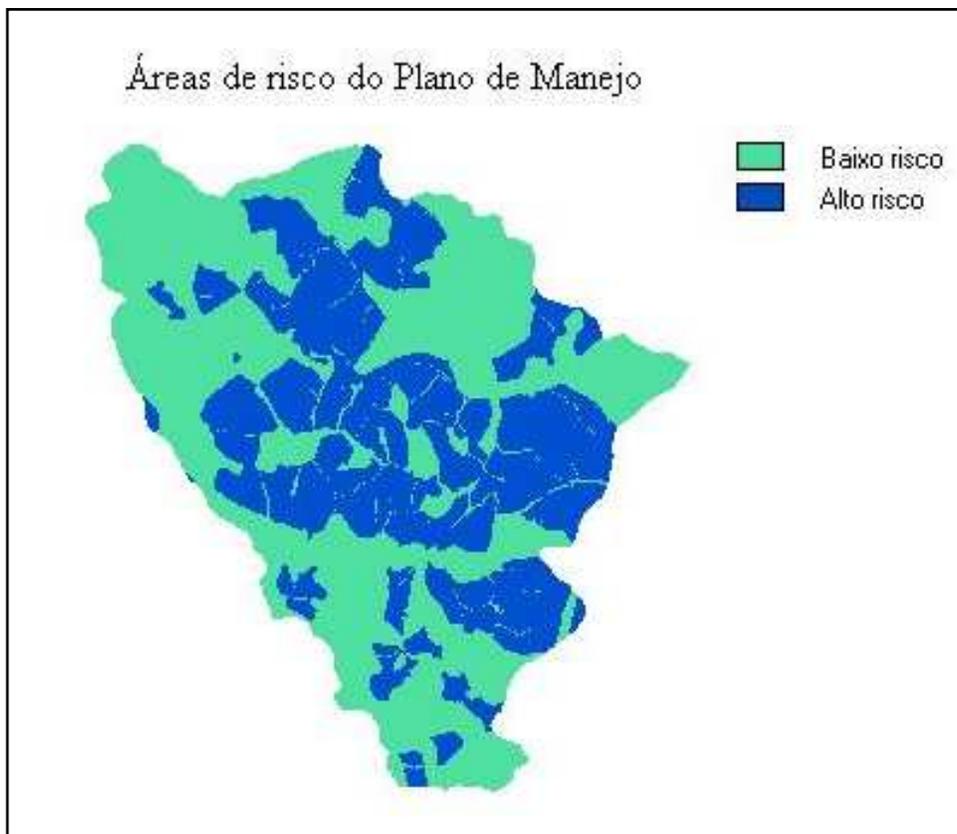


Figura 26 – Áreas de risco do Plano de Manejo Agrícola.

A partir da análise individual dos planos de informações foi feita uma combinação dois a dois para verificar se as áreas de alto risco eram coincidentes ou próximas umas das outras.

A figura 27 mostra a combinação do PI de risco do Potencial Natural de Erosão com Adequação de Uso das Terras. Esta combinação gerou 5 classes de risco, assim distribuídas: 48,8% baixo risco; 14,0% médio-baixo risco; 22,6% médio risco; 4,6% médio-alto risco e 10,0% alto risco. Estas classes foram determinadas da seguinte forma: baixo risco eram as áreas que possuíam baixo risco em ambos os planos (Potencial Natural de Erosão e Adequação de Uso), médio-baixo representado por áreas onde em um dos planos era médio risco e no outro baixo, a classe de médio risco foi representada onde um dos planos era alto e no outro baixo risco, médio-

alto onde em um dos planos possuía médio e no outro alto e a classe de alto risco representava áreas onde ambos os planos possuíam alto risco (tabela 10).

Tabela 10 – Classificação da combinação dos planos de risco.

PRIMEIRO PLANO DE RISCO	SEGUNDO PLANO DE RISCO	COMBINAÇÃO
Baixo risco	Baixo risco	Baixo risco
Médio risco	Baixo risco	Médio-baixo risco
Alto risco	Baixo risco	Médio risco
Médio risco	Alto risco	Médio-alto risco
Alto risco	Alto risco	Alto risco

Os PI's de risco do Potencial Natural de Erosão com Plano de Manejo combinados (figura 28) originaram 5 classes onde, 35,8% representam baixo risco; 10,4% caracterizam-se como médio-baixo risco; 35,4% médio risco; 8,2% médio-alto risco e 10,2% representam alto risco. Estas classes foram determinadas da mesma forma que a combinação entre os planos de risco do Potencial Natural de Erosão com a Adequação de Uso.

A combinação dos PI's de risco da Adequação de Uso das Terras com o Plano de Manejo (figura 29) geraram 3 classes, as quais, 41,7% representam as áreas de baixo risco; 47,5% são áreas de médio risco e 10,8% áreas de alto risco. Estas classes foram determinadas da seguinte forma: as áreas de baixo risco representavam áreas onde em ambos os planos (Adequação de Uso e Plano de Manejo) possuíam áreas de baixo risco, médio risco caracterizavam áreas onde em um dos planos possuía baixo risco e no outro alto e as áreas de alto risco definiam áreas onde ambos os planos possuía alto risco.

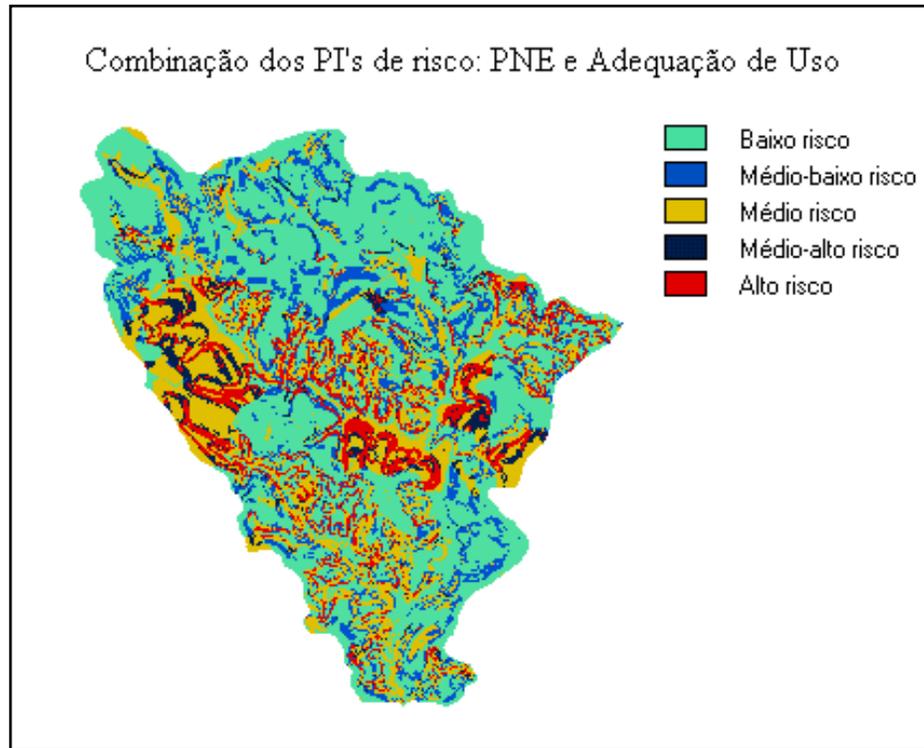


Figura 27 - Combinação dos PI's de risco do Potencial Natural de Erosão com a Adequação de Uso das Terras.

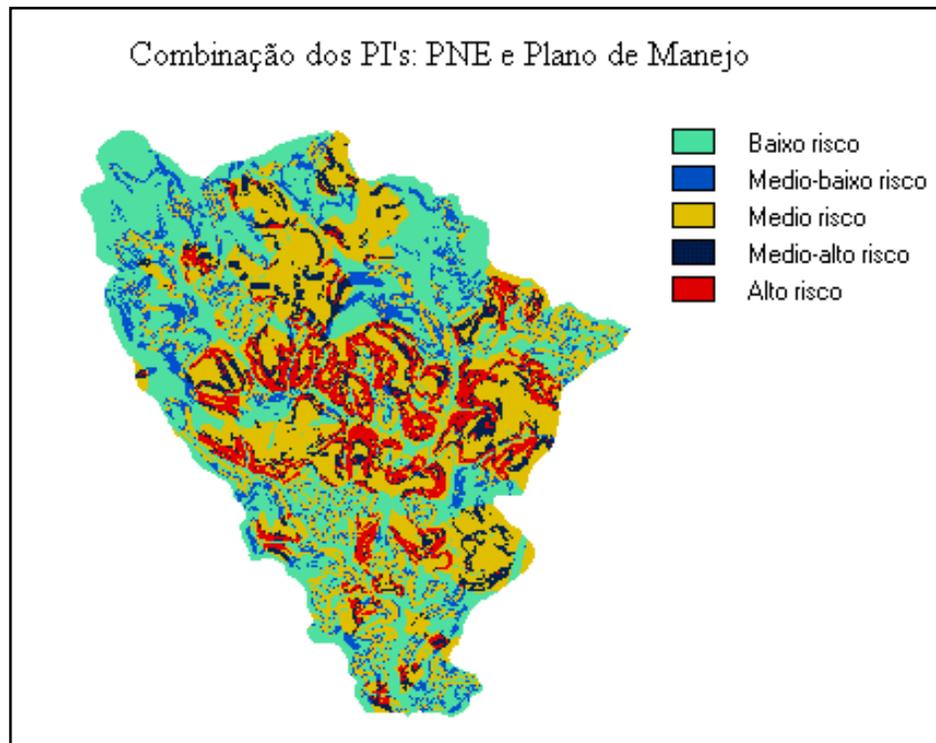


Figura 28 - Combinação dos PI's de risco do Potencial Natural de Erosão com Plano de Manejo.

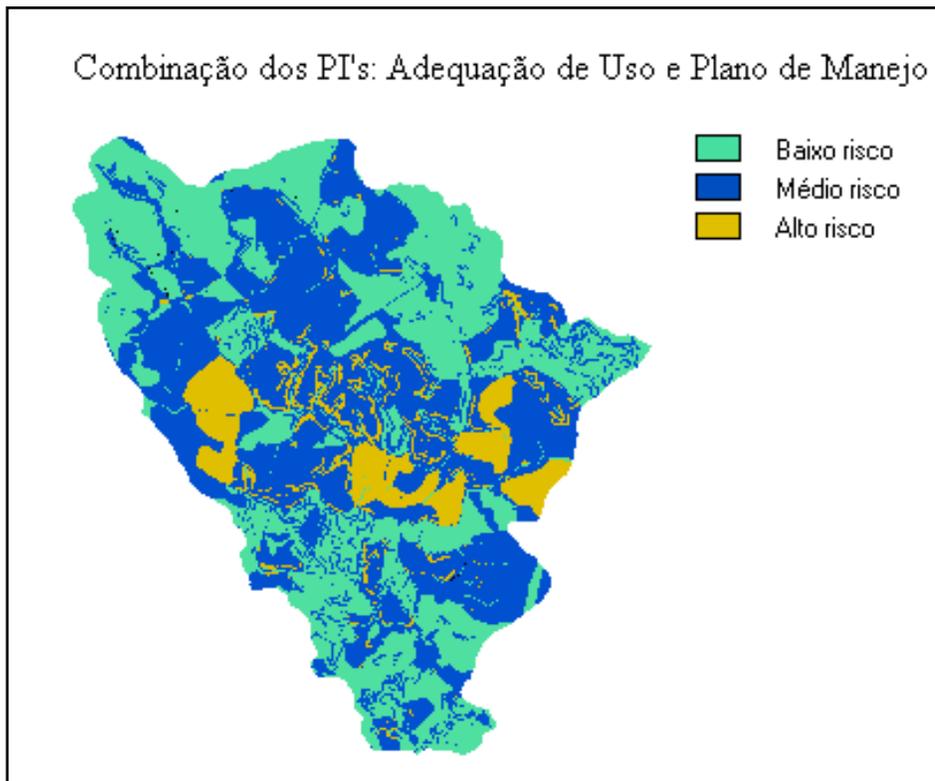


Figura 29 - Combinação dos PI's de risco da Adequação de Uso das Terras com Plano de Manejo.

A figura 30 mostra as áreas críticas da combinação dos planos de risco do Potencial Natural de Erosão com Adequação de Uso das Terras onde 14,6% são as áreas que representam alto risco, ou seja as áreas com médio-alto e alto risco de degradação.

A combinação das áreas de risco do Potencial Natural de Erosão com Plano de manejo mostra que 18,6% são as áreas críticas, representadas pelas áreas de médio-alto e alto risco de degradação na combinação dos dois planos (figura 31).

A partir da combinação dos planos de risco de Adequação de Uso das Terras com Plano de Manejo podemos notar que 10,8% são as áreas críticas (figura 32).

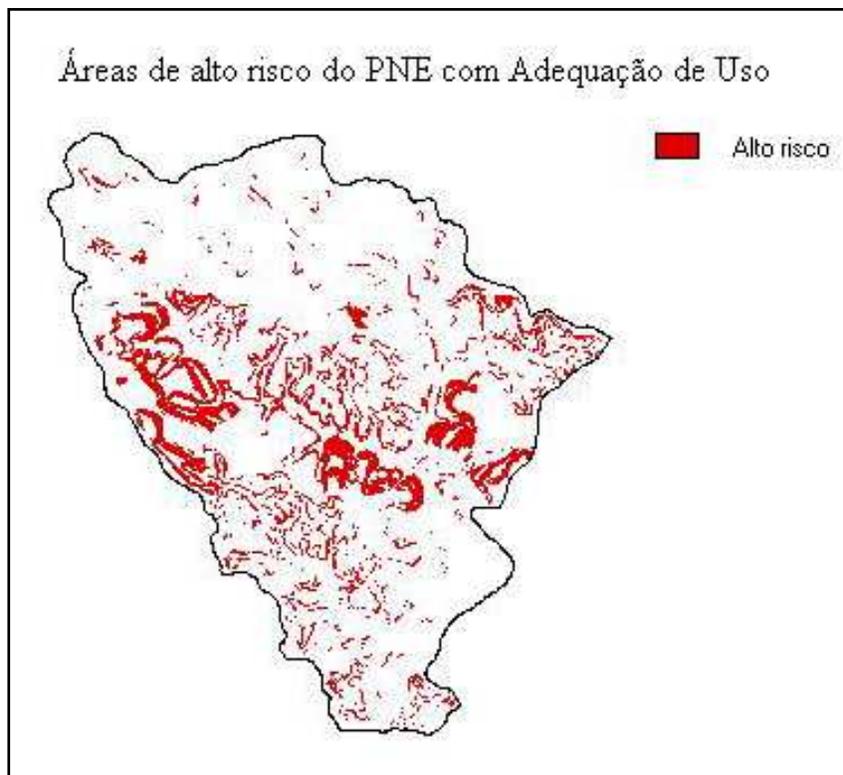


Figura 30- Áreas de alto risco dos planos de Potencial Natural de Erosão com Adequação de Uso.



Figura 31- Áreas de alto risco dos planos de Potencial Natural de Erosão com Plano de Manejo.

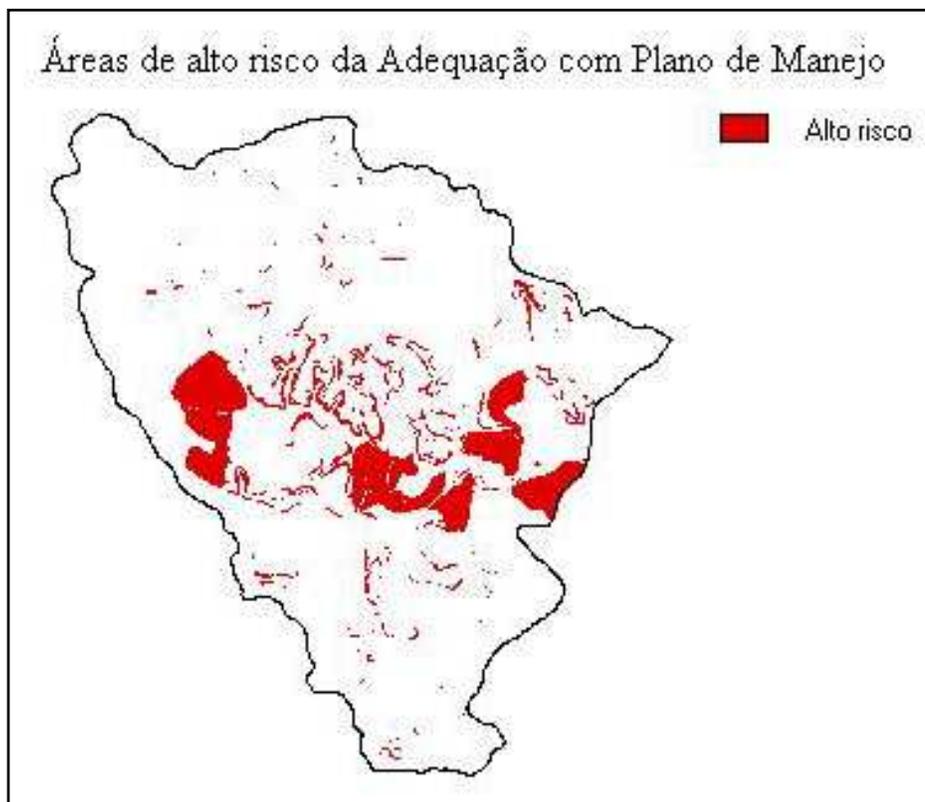


Figura 32- Áreas de alto risco dos planos de Adequação de Uso com Plano de Manejo.

Para obtenção do PI de risco de degradação dos recursos hídricos da bacia do Ribeirão Pinhal (figura 33) foi feita uma combinação dos 3 Planos de risco, ou seja, o Plano de risco do Potencial Natural de Erosão, o Plano de risco da Adequação de Uso das Terras e o Plano de risco do Manejo Agrícola, gerando 5 classes, onde, 35,8% da área da bacia representa baixo risco, 35,0% caracteriza-se como médio-baixo risco, 9,1% de médio risco, 9,9% da área apresenta médio-alto risco e 10,2% da área representa alto risco, como mostra a figura 34. A tabela 11 mostra como estas classes foram determinadas.

Tabela 11 – Determinação das classes de risco na combinação dos 3 planos.

1º PLANO DE RISCO	2º PLANO DE RISCO	3º PLANO DE RISCO	COMBINAÇÃO
Baixo risco	Baixo risco	Baixo risco	Baixo risco
Médio risco	Médio risco	Baixo risco	Médio-baixo risco
Médio-baixo risco	Médio-baixo risco	Baixo risco	Médio-baixo risco
Médio-alto risco	Médio-alto risco	Baixo risco	Médio risco
Médio-baixo risco	Médio-baixo risco	Alto risco	Médio risco
Médio risco	Médio risco	Alto risco	Médio-alto risco
Médio-alto risco	Médio-alto risco	Alto risco	Médio-alto risco
Alto risco	Alto risco	Alto risco	Alto risco

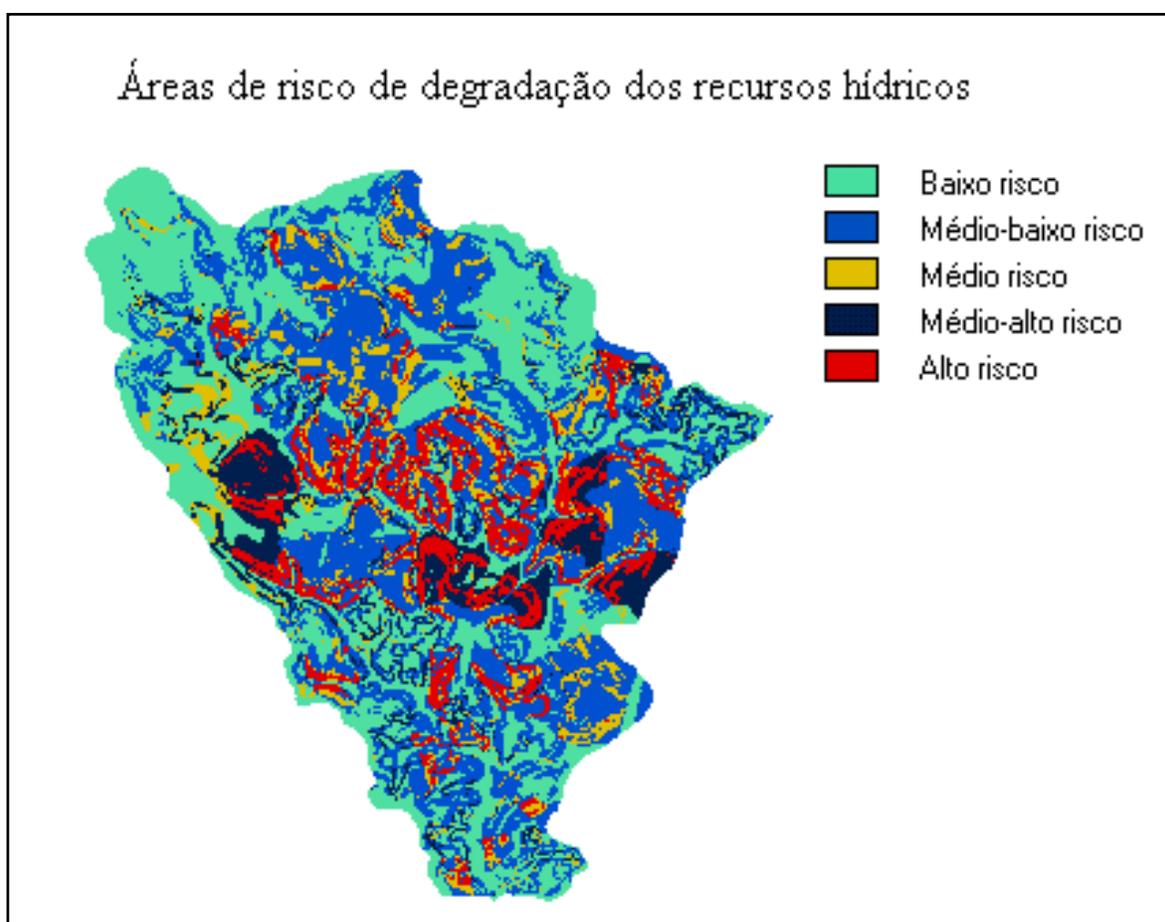


Figura 33- PI de risco de degradação dos Recursos Hídricos da bacia do Ribeirão Pinhal.

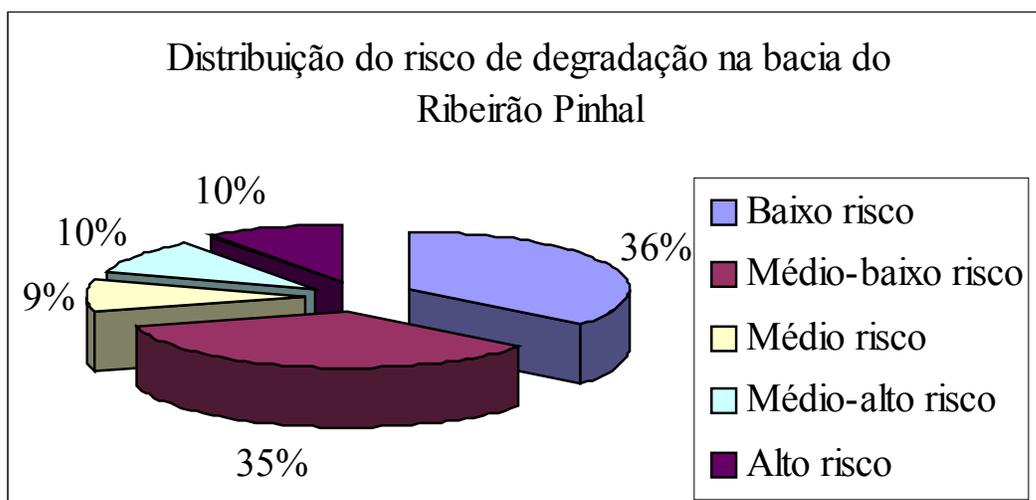


Figura 34- Distribuição das áreas de risco da bacia do Ribeirão Pinhal.

A figura 35 mostra as áreas críticas da combinação dos três planos de risco, Potencial Natural de Erosão, Adequação de Uso das Terras e Plano de Manejo. Estas áreas representam 20,1% da bacia e estão localizadas preferencialmente nos fundos de vales, onde o material carregado se acumula devido às maiores declividades e aos tipos de solos mais frágeis (como é o caso dos Podzólicos).

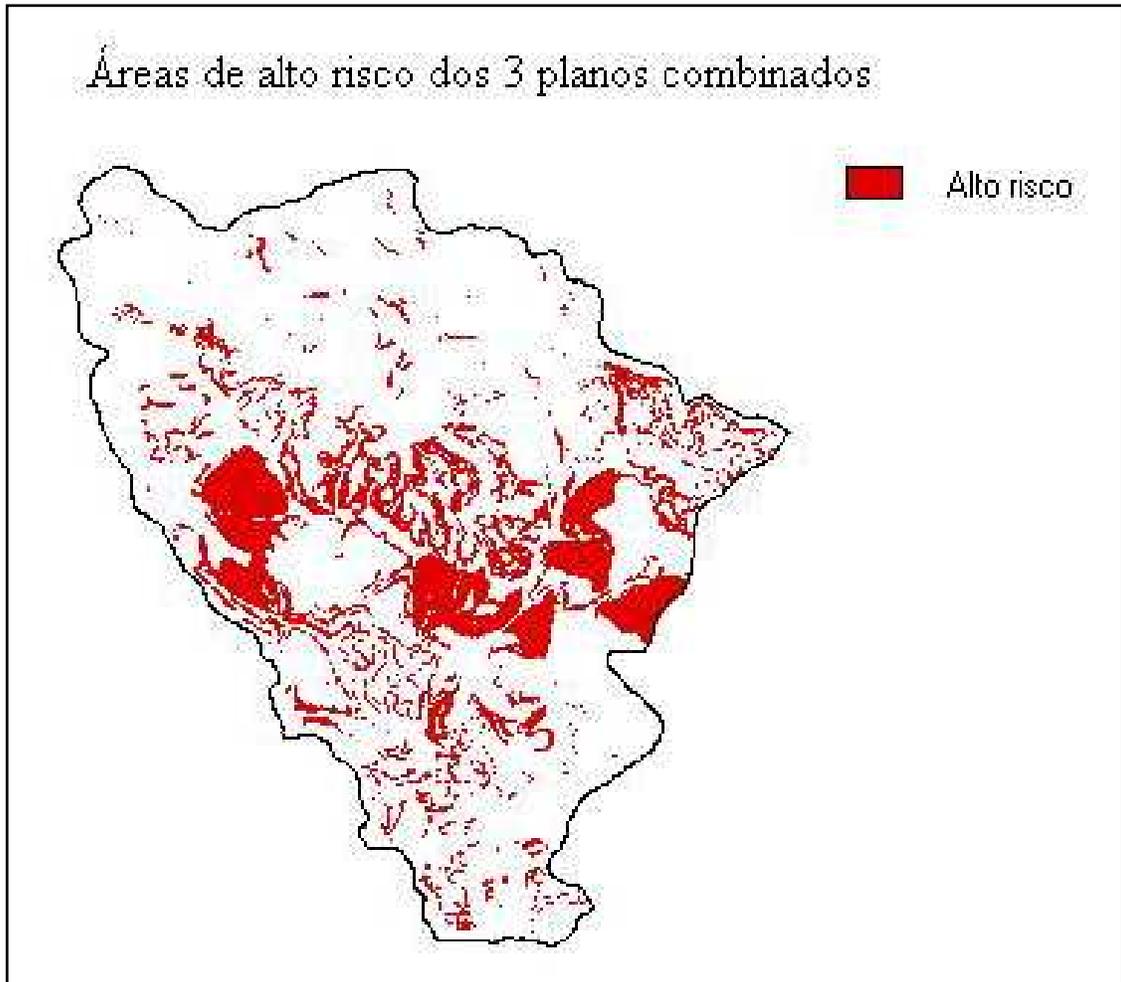


Figura 35- Áreas de alto risco da bacia do Ribeirão Pinhal.

6- CONCLUSÃO

A bacia do Ribeirão Pinhal possui ocupação tipicamente agrícola, salvo os 2,5% de mata que caracteriza-se preferencialmente por mata ciliar;

Quanto à topografia, a bacia não apresenta sérias restrições, representada por um relevo suave sem grandes variações de cotas altimétricas, o que facilita a ocupação agrícola, porém deve-se ter algumas restrições de uso com relação à perdas de solo e sua aptidão agrícola;

Pela análise da combinação dos planos de riscos do Potencial Natural de Erosão com Adequação de Uso pode-se notar que 14,6% são as áreas que merecem maior atenção.

A análise das áreas de alto risco da combinação do Potencial Natural de Erosão com Plano de Manejo mostra que 18,4% são áreas críticas.

A combinação dos planos de Adequação de Uso com Plano de Manejo mostra que as áreas de alto risco ocupam 10,8% da área da bacia, sendo consideradas as áreas críticas.

A análise dos três planos de risco combinados mostra que 20,1% da área possui alto risco de degradação, merecendo maiores cuidados.

A combinação dos três planos de informação apresenta a melhor resposta para a definição de áreas críticas em relação à degradação de recursos hídricos, pois associam informações relativas à declividade, aos tipos de solos, à sobreutilização das terras e ao manejo inadequado da área.

A determinação destas áreas críticas é importante para se estabelecer um processo de gerenciamento dos recursos hídricos na bacia, a fim de minimizar impactos ambientais sobre estes recursos.

A utilização de técnicas de geoprocessamento permitiu agilidade para avaliação dos diferentes planos de informações. A combinação dos diversos planos de informação mostra-se uma metodologia eficiente para se avaliar os riscos de degradação dos recursos hídricos no manejo da bacia hidrográfica.

7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO JR, G.J.L. Aplicação dos métodos EUPS e MEUPS na bacia do Ribeirão Bonito (SP) através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. São José dos Campos (SP), INPE, 1997. (Dissertação de Mestrado).

AUTODESK, INC. AutoCad Release v. 14.0. USA, 1997.

AWAZU, L.A M. Análise, avaliação e gerenciamento de riscos no processo de avaliação de impactos ambientais. In: JUCHEN, P.A, coord. **MAIA**: Manual de avaliação de impactos ambientais. 3 ed. Convênio de Cooperação Técnica Brasil – Alemanha, Governo do Estado do Paraná. Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SUREHMA)/ Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). Curitiba, 1999.

BARBOSA, F.; BARBOSA, P.M.; SANTOS, M.B.L.; MINGOTTI, S.; AQUINO, V. Nova ferramenta para o monitoramento da qualidade da água. Revista Ciência hoje, Rio de Janeiro, v.19, n. 110, jun.1995.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Livroceres. Piracicaba, SP, 1985.

BRANCO, S.M. A água e o homem. In: PORTO, R.L.L., org.; BRANCO, S.M.; CLEARY, R.W; COIMBRA, R.M; EIGER, S; LUCA, S.J; NOGUEIRA, V.P.Q; PORTO, M.F.A. **Hidrologia ambiental**. São Paulo: Edusp: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v. 3, 1991.

CARPI JUNIOR, S. Uso do solo e os processos erosivos nas bacias dos rios Piracicaba e Capivari. In: BARBOSA, S.R.C.S, organ. **A temática ambiental e a pluralidade do ciclo de seminários do NEPAM**. Campinas, 1998.

CAVALIERI, A. Estimativa da adequação de uso das terras na quadrícula de Moji Mirim (SP) utilizando diferentes métodos. Campinas (SP), Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, 1998. (Tese de Doutorado)

CERVO, A. L.; BERVIAN, P.A. Metodologia Científica. - 4ª ed. São Paulo: Makron Books, 1996.

CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

COIMBRA, R.M. Monitoramento da qualidade da água. In: PORTO, R.L.L., org.; BRANCO, S.M.; CLEARY, R.W; COIMBRA, R.M; EIGER, S; LUCA, S.J; NOGUEIRA, V.P.Q; PORTO, M.F.A. **Hidrologia ambiental**. São Paulo: Edusp: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v. 3, 1991.

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

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). Projeto Integrado da Bacia do Rio Piracicaba – Solicitação de Financiamento para Obras e Medidas de Preservação e Controle dos Recursos Hídricos – Vol. II. São Paulo, Secretaria de Energia e Saneamento, 1990.

EASTMAN, J.R. Idrisi for Windows v. 2.0- user's guide. Clark University. Worcester, USA, 1997.

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. In: Reunião técnica de levantamento de solos, 10. Súmula. Rio de Janeiro, 1979.

FERNÁNDEZ, G. A V. Análise da erosão do solo usando a EUPS, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. São José dos Campos (SP), INPE, 1996. (Dissertação de Mestrado).

FORMAGGIO, A R.; ALVES, D.S.; EIPHANIO, J.C.N. Sistemas de informações geográficas na obtenção de mapas de aptidão agrícola e de taxa de adequação de uso das terras. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 16:249-256, 1992.

GAMEIRO, M. G. Avaliação de métodos para obtenção dos fatores “L” e “S” da EUPS numa microbacia, via geoprocessamento e banco de dados. São José dos Campos (S.P), INPE, 1997. (Dissertação de Mestrado).

GOLDEN SOFTWARE INC. Surfer (Win 32) v. 6.01- Surface Mapping System. Colorado, 1995.

JUCHEM, P.A . Técnicas para avaliação de impacto ambiental e elaboração de estudos de impacto ambiental de empreendimentos selecionados – projetos de aproveitamento hidrelétrico. In: JUCHEN, P.A, coord. **MAIA**: Manual de avaliação de impactos ambientais. 3 ed. Convênio de Cooperação Técnica Brasil – Alemanha, Governo do Estado do Paraná. Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SUREHMA)/ Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). Curitiba, 1999.

KINNELL, P.I.A. AGNPS-UM: applying the USLE-M within the agricultural non point source pollution model. Environmental modelling & software, v.15, p.331-341, 2000.

LEPSCH, I.F.; BELLINAZZI JR, R.; BERTOLINE, D.; ESPINDOLA, C.R. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema capacidade de uso. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, 1983.

LEVY, M. Avaliação da suscetibilidade das terras de Piracicaba por comparação de cenários. Piracicaba, Universidade de São Paulo (USP), 1995. (Dissertação de Mestrado).

LOMBARDI NETO, F.; PRUSKI, F.F.; TEIXEIRA, A.F. SISTEMA PARA CÁLCULO DA EROSIVIDADE DA CHUVA PARA O ESTADO DE SÃO PAULO. Universidade Federal de Viçosa, Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos (DEA-UFV), 1999.

MOREIRA, I.V.D. Origem e síntese dos métodos de avaliação de impacto ambiental (AIA). In: JUCHEN, P.A, coord. **MAIA**: Manual de avaliação de impactos ambientais. 3 ed. Convênio de Cooperação Técnica Brasil – Alemanha, Governo do Estado do Paraná. Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SUREHMA)/ Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). Curitiba, 1999.

OLIVEIRA, J.B.; BERG, M.V.D. Aptidão agrícola das terras do Estado de São Paulo: quadrícula de Araras. II. Memorial descritivo. Campinas, Instituto Agrônômico, 1985.

OLIVEIRA, J.B.; MENK, J.R; BARBIERI, J.L; ROTTA, C.L; TREMOCOLDI, W. Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de Araras. Campinas, Instituto Agrônômico, 1982.

OLIVEIRA, J.B.; MENK, J.R; BARBIERI, J.L. Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de Campinas. Campinas, Instituto Agrônômico, 1977.

PENTEADO, M. M. Fundamentos de geomorfologia. Rio de Janeiro, IBGE, 1974.

PEREIRA, L. C. Sistema de informações geográficas e técnicas de sensoriamento remoto na determinação da taxa de adequação de uso das terras de uma microbacia hidrográfica – Estado de São Paulo. São José dos Campos (S.P), INPE, 1994.

PINTO, S. A . F. Sensoriamento remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão dos solos: contribuição metodológica. São Paulo (SP), Tese, USP, 1991.

PORTO, M.F.A. Estabelecimento de parâmetros de controle da poluição. In: PORTO, R.L.L., org.; BRANCO, S.M.; CLEARY, R.W; COIMBRA, R.M; EIGER, S; LUCA, S.J; NOGUEIRA, V.P.Q; PORTO, M.F.A. **Hidrologia ambiental**. São Paulo: Edusp: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v. 3, 1991.

POZZOBON, M.G.G.; COSTA, M.L.S.R.D; TREUERSCH, M.; LOYOLA, R.G.N.; TONIOLLO, V. Método para avaliação da qualidade de água em rios. In: JUCHEN, P.A, coord. **MAIA**: Manual de avaliação de impactos ambientais. 3 ed. Convênio de Cooperação Técnica Brasil – Alemanha, Governo do Estado do Paraná. Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SUREHMA)/ Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). Curitiba, 1999.

PROCHNOW, M. C. R. Recursos hídricos e metodologia de pesquisa. Geografia, v. 10, n. 19, 1985.

QUINTON, J.N. Reducing predictive uncertainty in model simulations: a comparison of two methods using the European Soil Erosion Model (EUROSEM). Catena, v.30, p. 101-117, 1997.

RAMALHO FILHO, A. & BEEK, K.J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. Rio de Janeiro, 3ª ed., EMBRAPA, 1995.

RENSCHLER, C.S.; MANNAERTS, C.; DIEKKRÜGER, B. Evaluating spatial and temporal variability in soil erosion risk- rainfall erosivity and soil loss ratios in Andalusia, Spain. *Catena*, v.34, p. 209-225, 1999.

ROCHA, J. S. M. Manejo integrado de bacias hidrográficas. Santa Maria (RS), Universidade Federal, 1989.

ROCHA, J.V., LOMBARDI NETO, F; BACELAR, A.A.A. Cálculo do fator comprimento de rampa (L): uma metodologia para uso em Sistema de Informação Geográfica. In: **Simpósio Nacional de controle de Erosão**. Bauru, 1995.

SANTOS, M.A. Avaliação de métodos de interpolação para geração de modelos digitais de elevação e sua influência na Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). Campinas -SP, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 1997.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Bacia do Rio Piracicaba – Estabelecimento de Metas Ambientais e Reenquadramento dos Corpos d'água. São Paulo, 1994. 81p.

SHIDA, Claudia Nagako. Levantamento da distribuição espacial e temporal dos elementos da paisagem e de seus determinantes, na região dos municípios de Luiz Antônio e Santa Rita do Passa Quatro (SP), como subsídio ao planejamento ambiental. São Paulo, Universidade de São Paulo (USP), 2000. (Dissertação de Mestrado).

TREUERSCH, M. Métodos para análise do meio aquático. In: JUCHEN, P.A, coord. **MAIA**: Manual de avaliação de impactos ambientais. 3 ed. Convênio de Cooperação Técnica Brasil – Alemanha, Governo do Estado do Paraná. Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SUREHMA)/ Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). Curitiba, 1999.

TRIVIÑOS, A. N.S. Introdução à pesquisa em ciências sociais. São Paulo: Atlas, 1987.

VALERIANO, M.M. Estimativa de variáveis topográficas por geoprocessamento para modelagem de perda de solos, Universidade Estadual Paulista, 1999. (Tese de doutorado).

VON SPERLING, M.V. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos- princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 1, 2 ed. Departamento de Eng^a Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1996.

WEILL, M.A M. Estimativa da erosão do solo e avaliação do seu impacto na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP), através do índice de tempo de vida. Piracicaba- SP, Universidade de São Paulo (USP), 1999. (Tese de doutorado).

XAVIER, C.F., Andrade, L.F., TREUERSCH, M., BRUNKOW, R.F. Método para avaliação da qualidade de água em reservatórios. In: JUCHEN, P.A, coord. **MAIA**: Manual de avaliação de impactos ambientais. 3 ed. Convênio de Cooperação Técnica Brasil – Alemanha, Governo do Estado do Paraná. Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SUREHMA)/ Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). Curitiba, 1999.

Anexo I- Quadro-guia de avaliação da aptidão agrícola das terras (região de clima tropical-úmido).																Tipo de utilização indicado		
Aptidão agrícola			Graus de limitação das condições agrícolas das terras para os níveis de manejo A, B e C															
Grupo	Subgrupo	Classe	Deficiência de fertilidade			Deficiência de Água			Excesso de Água			Suscetibilidade à erosão			Impedimentos à mecanização			
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
1	1ABC	Boa	N/L	N/L ₁	N ₂	L/M	L/M	L/M	L	L ₁	N/L ₁	L/M	N/L ₁	N ₂	M	L	N	Lavouras
2	2abc	Regular	L/M	L ₁	L ₂	M	M	M	M	L/M ₁	L ₂	M	L/M ₁	N ₂ /L ₂	M/F	M	L	
3	3(abc)	Restrita	M/F	M ₁	L ₂ M ₂	M/F	M/F	M/F	M/F	M ₁	L ₂ /M ₂	F	M ₁	L ₂	F	M/F	M	
	4P	Boa		M ₁			M			F ₁			M/F ₁			M/F		Pastagem plantada
4	4p	Regular		M ₁ /F ₁			M/F			F ₁			F ₁			F		
	4(p)	Restrita		F ₁			F			F ₁			MF			F		
	5S	Boa		M/F ₁			M			L ₁			F ₁			M/F		Silvicultura e /ou
	5s	Regular		F ₁			M/F			L ₁			F ₁			F		
5	5(s)	Restrita		MF			F			L/M ₁			MF			F		
	5N	Boa	M/F			M/F			M/F			F			MF			Pastagem natural
	5n	Regular	F			F			F			F			MF			
	5(n)	Restrita	MF			MF			F			F			MF			
6	6	Sem aptidão agrícola																Preservação da flora e da fauna

Graus de limitação:

N - nulo
L - ligeiro
M - moderado
F - forte
MF - muito forte
/ - intermediário

Anexo II- Bacia do Ribeirão Pinhal

Identificação:

Data: / / 2001.

Nome da propriedade:

Nome do proprietário/arrendatário:

Profissão:

Residência:

Tel:

1. O proprietário/ arrendatário reside no imóvel? () Sim () Não

2. Área total da propriedade (ha) (AT):

3. Recebe assistência técnica? () Sim () Não

De quem e com que frequência? _____

4. Principais atividades:

Culturas/ Criação	Área (ha)	Tempo de cultivo	Ciclo da cultura

Espaçamento: _____

5. Uso do solo:

Uso do solo	Área: () ha () alq.
Área total	
Área cultivada	
Mata natural	
Reflorestamento	
Pastagem natural	
Pastagem plantada	
Área inaproveitada	
Área inaproveitável	
Sedes e benfeitorias	

6. Dimensão ecológica:

Possui ou pratica...

Prática	Área (ha)
<u>Área de preservação (AP)</u>	
<u>Áreas com erosão</u>	
<u>Práticas conservacionistas (Pcon)</u>	

Plantio direto	
Adubação verde	
Proteção da fonte de água	
Quebra vento	
Rotação de culturas	
ConSORCIAMENTO	
Terraceamento	
Cordão vegetativo	
<u>Práticas de reciclagem (PR)</u>	
Compostagem	
Uso de cinzas	
Chorume	
Esterco	
Lixo Urbano	
Vinhaça	

7. Se possui terraços, qual a distância vertical entre terraços? _____

8. A qualidade e quantidade de água dos rios e córregos da região ao longo dos anos manteve-se a mesma? () Sim

() Não. Em que sentido, onde e por quê? _____

9. Como é preservada a água da propriedade? _____

10. O Sr(a) acha que vale a pena manter áreas com vegetação nativa?

() Sim. Por que? _____ () Não

11. O Sr(a) utiliza ou pratica com frequência nas principais atividades:

Item	Sim	Não	Em parte da área ou cultura
Agrotóxicos (defensivos)			
Sementes compradas/ certificadas			
Fertilizantes químicos			
Adubo orgânico			
Corretivos (calcário)			
Curvas de nível			
Colhedeira mecânica. (alug. ou não)			
Irrigação			
Beneficia algum produto. Qual (is)?			

12. Qual a faixa de toxidez dos defensivos agrícolas utilizados?

() Classe I () Classe II () Classe III () Classe IV Cor: _____

13. Como é o armazenamento dos defensivos agrícolas e seu destino?

14. Qual a frequência de utilização dos defensivos agrícolas? _____

15. Como é feita a manutenção dos equipamentos? _____

16. Qual a frequência de irrigação? Qual a vazão ou volume/ área?

17. Possui sistema de drenagem no local irrigado? () Sim () Não

18. Já ocorreu enchente no local?

() Sim. O que foi feito? _____ () Não.

19. Quais os danos causados pela enchente? _____

20. Existe problemas de erosão na propriedade? () Sim () Não

21. Quais os controles de erosão utilizados?
