



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS E SENSIBILIDADE
AMBIENTAL: PROPOSTA METODOLÓGICA.**

LAURO CHARLET PEREIRA

**CAMPINAS – SÃO PAULO - BRASIL
MARÇO - 2002**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS E SENSIBILIDADE
AMBIENTAL: PROPOSTA METODOLÓGICA.**

Tese de Doutorado submetida à banca examinadora
para obtenção do título de Doutor em Engenharia
Agrícola, na área de concentração: Planejamento e
Desenvolvimento Rural Sustentável.

LAURO CHARLET PEREIRA

Orientador: Prof. Dr. Francisco Lombardi Neto

CAMPINAS – SÃO PAULO - BRASIL

MARÇO – 2002

“Mais do que máquinas, precisamos de humanidade; mais do que inteligência, precisamos de afeição e doçura”

Charles Chaplin

Aos meus queridos irmãos e irmãs: Lenira, Raimundo, saudoso Luis (in memoriam), Leonilda, João, Manoel e Roci, por toda vibração, amizade e carinho de todas as horas, **ofereço.**

Aos meus pais queridos, José e Diozena, que além do grande amor oferecido, foram as fontes de apoio, orientação e inspiração em todos os momentos de minha vida, **dedico.**

AGRADECIMENTOS

- Ao orientador Francisco Lombardi Neto por compartilhar grandes virtudes, humana e profissional, demonstrando também confiança, amizade e presteza durante todo o Curso.
- Ao Mestre Lúcio (in memoriam) que, na figura de uma janela de luz e sabedoria, me orientou por caminhos sólidos, sobretudo na vida profissional. Embora ensinamentos e grandeza humana transcendam “planos de existência”, o Mestre deixou muita saudade!
- Aos Drs. Jansle Vieira da Rocha e Luiz Henrique Antunes Rodrigues, pelo aceite e participação da comissão de orientação, durante grande parte do curso.
- À banca examinadora, pelo aceite e enriquecimento, com críticas e sugestões.
- À Embrapa – Solos, em nome da chefia atual (Dr. Doracy Pessoa Ramos) e da anterior (Dr. Antonio Ramalho Filho) pela oportunidade e apoio para a realização deste curso.
- Ao Dr. Humberto Gonçalves dos Santos pela colaboração como conselheiro acadêmico, no âmbito do Centro de Solos – Embrapa.
- À Adriana Cavaliéri pelas valiosas contribuições técnico-científicas, tanto no fornecimento de dados básicos, quanto nas discussões e sugestões para um melhor rumo do trabalho.
- Ao Wander Pallone e Helena Ito pelo importante e dedicado apoio nas tarefas de geoprocessamento, principalmente pela qualidade e segurança oferecidas, além da boa vontade e amizade que foram sempre demonstradas.
- À Angélica Giarolla pelo valioso apoio no fornecimento de dados climáticos, colaborando também na elaboração de balanços hídricos e análise de resultados, apresentando importantes sugestões técnicas sobre o assunto.
- Ao Márcio Valeriano pela colaboração longa e decisiva na obtenção do Fator LS, principalmente pela boa vontade, além do domínio sobre o assunto e amizade.
- Ao Dr. Carlos Roberto Espíndola pelas discussões técnicas, presteza e valiosas sugestões, que propiciaram melhorias tanto no conteúdo quanto na forma de apresentação deste trabalho.
- Aos Drs. Hélio do Prado, Pedro Donzeli, João Bertoldo e Dra. Mara Marinho pelas discussões técnicas, apoio importante e sugestões que muito engrandeceram este trabalho.
- À Silvana pelo apoio em trabalho de campo e discussões preliminares sobre o uso da terra da quadrícula, além da torcida e amizade.

- À Julia Strauch pela grandeza humana e importantes contribuições com críticas, sugestões e revisões, sempre com qualidade, presteza e segurança, além da amizade fraterna.
- À especial Ana Elisa, pelo carinho, amor e compreensão, sabendo que mesmo à distância, sempre esteve muito próxima, sendo lembrada e querida.
- Aos colegas do IAC: Drs. Jener e Francisco, além da Ludmila, Ivan, Arthur, João Paulo, Bete, Tania, Marta, Nícia e Alfredo pelo apoio e amizade.
- Ao colega Jorge Luis pela colaboração e amizade; à Elaine pela amizade e especial apoio, além da torcida permanente.
- À todos os professores e funcionários (Aninha e Marta, em especial) da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI/UNICAMP) que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Sensibilidade ambiental.....	4
2.2. Equação Universal de Perda de Solo – EUPS.....	8
2.3. Tolerância de perda de solo – T.....	12
2.4. Outros métodos relacionados à sensibilidade ambiental.....	13
2.5. Aptidão agrícola das terras.....	17
2.6. Técnicas de geoprocessamento.....	25
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1. Material.....	28
3.1.1. Área de estudo.....	28
3.1.2. Materiais utilizados.....	40
3.1.3. Dados pedológicos.....	40
3.1.4. Dados Meteorológicos.....	40
3.1.5. Equipamentos e software.....	41
3.2. Métodos.....	43
3.2.1. Equação Universal de Perda de Solo – EUPS.....	43
3.2.2. Índice de fragilidade ambiental (IF).....	50
3.2.3. Classificação da sensibilidade ambiental.....	51
3.2.4. Uso das terras.....	52
3.2.5. Aptidão agrícola das terras.....	53
3.2.6. Avaliação da aptidão agrícola das terras.....	62
3.2.7. Viabilidade de melhoramento.....	64
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	65
4.1. Avaliação da aptidão agrícola das terras.....	65
4.1.1. Fator clima.....	65
4.1.2. Fator declividade.....	66
4.1.3. Aptidão agrícola das terras.....	67
4.2. Avaliação das perdas de solos utilizando-se a EUPS.....	71
4.2.1. Fatores naturais.....	71
4.2.2. Fatores antrópicos.....	74
4.2.3. Perdas de solo nos níveis de manejo B e C.....	76
4.3. Classificação da sensibilidade ambiental.....	80
4.3.1. Sensibilidade ambiental – nível de manejo B.....	80
4.3.2. Sensibilidade ambiental – nível de manejo C.....	81
5. CONCLUSÕES.....	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
ANEXOS	
Anexo 1 - Glossário.....	95
Anexo 2 - Uso das terras e níveis de manejo B e C.....	99

Anexo 3 - Atualização da nomenclatura de solos	103
Anexo 4 - Tabelas de critérios	106
Anexo 5 - Quadro – guia.....	116
Anexo 6 - Avaliação da aptidão agrícola das terras.....	118

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relação entre níveis de manejo e potencial produtivo de diferentes solos	20
Figura 2: Localização da área de estudo (quadrícula de Ribeirão Preto – SP).....	28
Figura 3: Municípios que compõem a área de estudo.....	29
Figura 4: Distribuição espacial das classes de solos, ao nível de subordens, da quadrícula de Ribeirão Preto – SP.....	31
Figura 5: Áreas com lavouras perene, semiperene e anuais, nos principais municípios da quadrícula de Ribeirão Preto – SP	35
Figura 6: Áreas com pastagem e silvicultura, nos principais municípios da quadrícula de Ribeirão Preto – SP.....	36
Figura 7: Práticas de manejo (calagem e análise de solos) nas UPAs dos principais municípios da quadrícula de Ribeirão Preto – SP.....	37
Figura 8: Práticas de conservação do solo nas UPAs dos principais municípios da quadrícula de Ribeirão Preto – SP.....	38
Figura 9: Ilustrograma do processo erosivo – EUPS.....	44
Figura 10 : Plano amostral dos pontos de erosividade na quadrícula de Ribeirão Preto, Obtidos do trabalho de LOMBARDI NETO et al. (2000)	45
Figura 11: Diagrama referente à estrutura do método de avaliação da aptidão agrícola das terras (quadrícula de Ribeirão Preto – SP)	54
Figura 12: Curvas representativas de variação de água disponível no solo (mm), em função da profundidade e da soma das frações silte e argila	58
Figura 13 : Adequação e inadequação de informações, considerando-se os aspectos cartográficos e taxonômicos.....	63
Figura 14 : Mapa de declividade da quadrícula de Ribeirão Preto – SP	68
Figura 15 : Mapa de aptidão agrícola das terras da quadrícula de Ribeirão Preto – SP	70
Figura 16 : Mapa de erosividade da quadrícula de Ribeirão Preto – SP	73
Figura 17 : Mapa de erodibilidade da quadrícula de Ribeirão Preto – SP.....	73
Figura 18 : Mapa de uso da terra da quadrícula de Ribeirão Preto – SP	75
Figura 19 : Mapa de perdas de solo da quadrícula de Ribeirão Preto – SP (nível de manejo B).....	78

Figura 20 : Mapa de perdas de solo da quadrícula de Ribeirão Preto – SP (nível de manejo C).....	79
Figura 21: Mapa de sensibilidade ambiental da quadrícula de Ribeirão Preto – SP (nível de manejo B).....	81
Figura 22 : Mapa de sensibilidade ambiental da quadrícula de Ribeirão Preto – SP (nível de manejo C).....	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Municípios e suas respectivas áreas na quadrícula de Ribeirão Preto – SP	29
Tabela 2: Classes de solos, ao nível de grande grupo categórico, com as respectivas áreas na quadrícula de Ribeirão Preto – SP.....	30
Tabela 3: Uso da terra na quadrícula de Ribeirão Preto – SP	34
Tabela 4: Postos Pluviométricos utilizados na quadrícula de Ribeirão Preto – SP.....	41
Tabela 5: Pontos amostrais da quadrícula de Ribeirão Preto e respectivos valores de erosividade.....	45
Tabela 6: Erodibilidade e Tolerância dos solos da quadrícula de Ribeirão Preto – SP.....	47
Tabela 7: Uso da terra e valores do fator CP para 2 níveis de manejo (níveis B e C)	48
Tabela 8: Classes de sensibilidade ambiental da quadrícula de Ribeirão Preto – SP.....	51
Tabela 9: Fatores de limitação e atributos diagnósticos.....	55
Tabela 10: Classes de declividade e tipos de relevo da quadrícula de Ribeirão Preto – SP	62
Tabela 11: Deficiência hídrica e índice de aridez na região da quadrícula de Ribeirão Preto – SP	66
Tabela 12: Classes de declividade e suas respectivas áreas na quadrícula de Ribeirão Preto – SP	67
Tabela 13: Classes de aptidão agrícola das terras e respectivas áreas na quadrícula de Ribeirão Preto – SP (níveis de manejo B e C).....	69
Tabela 14: Classes de erosividade na quadrícula de Ribeirão Preto – SP	71
Tabela 15: Classes de erodibilidade na quadrícula de Ribeirão Preto – SP.....	72
Tabela 16: Categorias de uso das terras com as respectivas áreas na quadrícula de Ribeirão Preto – SP.....	75
Tabela 17: Perdas de solo na quadrícula de Ribeirão Preto – SP (nível de manejo B)	77
Tabela 18: Perdas de solo da quadrícula de Ribeirão Preto – SP (nível de manejo C).....	79
Tabela 19: Índice de Fragilidade dos solos e sensibilidade ambiental da quadrícula de Ribeirão Preto – SP (nível de manejo B).....	80
Tabela 20: Índice de Fragilidade dos solos e sensibilidade ambiental da quadrícula de Ribeirão Preto – SP (nível de manejo C).....	82

“Aptidão Agrícola das Terras e Sensibilidade Ambiental: Proposta Metodológica”.

Autor: Lauro Charlet Pereira

Orientador: Francisco Lombardi Neto

RESUMO

O uso indiscriminado das terras, sem levar em conta suas potencialidades e graus de sensibilidade ambiental (fragilidade e/ou estabilidade) dos agroecossistemas, é uma das principais causas da degradação do solo, erosão e perda de sua capacidade produtiva. O objetivo central deste trabalho foi propor uma classificação de sensibilidade ambiental e avaliar a aptidão agrícola das terras da quadrícula de Ribeirão Preto-SP, visando identificar a fragilidade, estabilidade e potencialidade quanto ao uso das terras, como subsídios ao planejamento e gestão ambiental. A área localiza-se entre as coordenadas: 21°00' a 21°30' S e 47°30' a 48°00' WGr. Para a classificação da sensibilidade ambiental utilizou-se a equação universal de perda de solo (EUPS), tolerância de perdas do solo e índice de fragilidade; para avaliação do potencial agrícola, foi adotado o sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras, com modificações. A classificação da sensibilidade ambiental, no nível de manejo B, revelou que 75,34% da quadrícula possui áreas com estabilidade variando entre muito estável, estável e moderadamente estável, e 20,91% de áreas frágeis e muito frágeis; no nível de manejo C, 82,03% das áreas apresentaram estabilidade variando entre muito estável, estável e moderadamente estável, e 14,22% de áreas frágeis e muito frágeis. Na avaliação do potencial agrícola, foi encontrado que 77,73% das terras são adequadas para o uso com lavouras; 15,55% têm uso mais indicado para pasto plantado, silvicultura e pastagem natural; e 2,97% foram indicadas para preservação da fauna e flora. A classificação da sensibilidade ambiental e avaliação da aptidão agrícola são importantes ferramentas, podendo subsidiar trabalhos sobre planejamento agroambiental e gerenciamentos ambientais.

Palavras chave: planejamento ambiental; gestão ambiental; erosão; EUPS; potencial agrícola.

“Agricultural Land Suitability and Environmental Sensitiveness: methodological proposal”.

Author: Lauro Charlet Pereira

Adviser: Dr. Francisco Lombardi Neto

ABSTRACT

The inadequate land use without respect of their potentiality and environmental sensitiveness (fragility and/or stability), is one of the main sources of soil degradation, erosion and lost of productivity capability of the agroecosystems. The main objective of this paper is to propose an environmental sensitiveness classification and to evaluate the agricultural land suitability of the quadrangle of Ribeirão Preto, SP, Brazil, to identify the fragilities, stabilities and potentialities due the land uses, to subsidize environmental planning and management. The area is within the coordinates 21⁰⁰' – 21³⁰'S and 47³⁰'- 48⁰⁰'WG. To classify the environmental sensitiveness was used the Universal Soil Loss Equation (USLE), soil loss tolerance and fragility index; to evaluate soil potentialities was used the Agricultural Land Suitability System, with modifications. The environmental sensitiveness classes, for B management level, showed that 75,34% of the quadrangle area vary from low to moderate stability, and 20,91% of the area are fragility or high fragility, for C management level were found 82,03% of the area with low to moderate stability and 14,22% with fragility and high fragility. The evaluation of the agricultural land suitability showed that 77,73% of the land are adequate for crop use, 15,55% for cultivated pasture, reforestation and natural pasture, and 2,97% for preservation areas. The environmental sensitiveness classification and the agricultural land suitability are important tools to subsidize environmental planning, diagnostics and management.

Key words: environmental planning; environmental management; erosion; USLE; agricultural potential.

1. INTRODUÇÃO

Notadamente a partir da última década do século XX, a questão ambiental vem assumindo grande importância no contexto nacional e internacional, com o envolvimento direto das instituições de pesquisa e da sociedade em geral. Por outro lado, é percebido que alguns pontos tornam-se cada vez mais explícitos e necessários. Dentre eles, com grande relevância, surge a necessidade de metodologias que forneçam subsídios para o planejamento e tomada de decisões mais precisas, adequadas e ágeis, porém, com visão mais efetiva quanto à incorporação da componente ambiental, no processo.

Não significa, contudo, um abandono ou diminuição da importância dos métodos que priorizam o enfoque de potencialidades. Ao contrário, estes devem ser permanentemente atualizados, ajustados e melhorados, pois são de muita utilidade em avaliações de terras, planejamento agrícola, ordenamento territorial e verificações de adequação e/ou inadequação de usos agroambientais.

Na verdade, não se trata de uma total mudança de postura nas propostas de pesquisas, mas sim uma melhor inserção de parâmetros e/ou indicadores nos modelos e métodos existentes, de modo a adequá-los continuamente às necessidades agro-sociambientais vigentes. Ou seja, que a pesquisa não visualize apenas o aumento de produtividade e/ou eficiência econômica, sendo importante priorizar também os aspectos de sensibilidade ambiental, identificando-se os diferentes graus de fragilidade ou estabilidade dos agroecossistemas.

Essas percepções sobre os avanços esperados nos conhecimentos, consubstancia ainda mais a importância desse estudo, visto que o novo modelo da “equação da produção agrícola” exige uma análise prévia dos custos ambientais, para só então pensar na lucratividade e ganhos econômico-financeiros.

Em termos de avaliação do potencial das terras, apesar da existência de diversos sistemas, no Brasil os mais adotados são: o sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras (RAMALHO-FILHO e BEEK, 1995) e o sistema de capacidade de uso (MARQUES, 1971; LEPSCH et al., 1991). Optou-se pelo sistema de avaliação da aptidão agrícola que, no Brasil, teve início na década de sessenta (BENNEMA et. al., 1964), numa tentativa de classificar o

potencial das terras para agricultura tropical. Este método apresenta algumas vantagens, pois além de considerar diferentes níveis de manejo na sua estrutura, pode sofrer modificações, ajustes ou incorporações de outros parâmetros e fatores de limitação, acompanhando assim os avanços do conhecimento ou exigência do nível de estudo. Na sua evolução metodológica, podem ser citadas algumas contribuições como aquelas promovidas por RAMALHO-FILHO (1970), TOMASI, et al. (1971), BEEK (1975) e RAMALHO-FILHO e BEEK (1995), dentre outras.

No que tange aos aspectos de sensibilidade ambiental, há nitidamente duas linhas metodológicas básicas. A primeira, que adota princípios da ecodinâmica, estabelece diferentes categorias de estabilidade ou instabilidade ambientais com base na morfogênese e pedogênese (TRICART, 1977; BECKER e EGLER, 1997; ROSS, 2000). A segunda, que serviu de base para o presente estudo, refere-se à equação universal de perda de solo — EUPS (BERTONI et, 1975). Esta equação, com quase 30 anos de uso no Brasil, envolve um conjunto de fatores, naturais e antrópicos, que possibilitam estudos nos mais variados temas, como quantificação de perdas de solo e água, potencial natural de erosão, tolerância de perda de solo, todos de grande importância para estudos focados na identificação dos níveis de fragilidade ou estabilidade de sistemas ambientais.

Diante desse contexto, objetivando a detecção da aptidão agrícola e da sensibilidade ambiental das terras de uma importante região agrícola nacional, selecionou-se uma área no Estado de São Paulo (quadrícula de Ribeirão Preto) para as investigações. Esta área apresenta boa diversidade de solos e relevos, além de uma intensa atividade agrícola, com nível tecnológico predominantemente alto e médio, aspectos estes que refletem o que ocorre em grande parte do Estado. Além de sua importância agroambiental e socioeconômica para a região e para o Estado, a área dispõe de um considerável acervo de dados e informações físico-ambiental, facilitando a realização do estudo.

As seguintes hipóteses foram levantadas, no desenvolvimento do estudo:

- A partir da equação universal de perda de solo (índice de risco de erosão) pode-se definir classes de sensibilidade ambiental que identificam áreas com maior ou menor risco de degradação;
- A introdução de diferentes níveis de manejo na equação universal de perda de solo permite aumentar a qualidade das estimativas de perda de solo.

A partir dessas hipóteses, foram estabelecidos os seguintes objetivos:

Objetivo geral:

Propor uma classificação de sensibilidade ambiental e avaliar a aptidão agrícola das terras, com base no método atual de avaliação (RAMALHO-FILHO e BEEK, 1995), acrescido de novos atributos diagnósticos e ajustes complementares. Visa-se, com isto, não somente desenvolver as metodologias mas também expandir a base de conhecimentos que poderão ser úteis para planejamentos agroambientais, políticas públicas, análise de risco agroambiental, gestão agroambiental, diagnóstico e ordenamento agroambiental.

Objetivos específicos:

- ♦ Introduzir dois níveis de manejo (níveis B e C) na EUPS e calcular as perdas de solo da área;
- ♦ Estabelecer um índice de fragilidade (IF), a partir da EUPS, que permita definir as classes de sensibilidade ambiental;
- ♦ Elaborar a classificação da sensibilidade ambiental, identificando-se as áreas com maior ou menor risco de degradação agroambiental;
- ♦ Promover a incorporação e ajustes de atributos diagnósticos no método atual de avaliação da aptidão agrícola das terras (RAMALHO-FILHO e BEEK, 1995) e avaliar as potencialidades agrícolas da área, nos níveis de manejo B e C;
- ♦ Quantificar as classes de sensibilidade ambiental e de aptidão agrícola das terras, a fim de diagnosticar a qualidade agroambiental da área, tanto em relação aos riscos de degradação quanto às suas potencialidades de uso agrícola.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Sensibilidade ambiental

No trato das questões ambientais observa-se uma multiplicidade de terminologias, o que pode gerar certa dubiedade no entendimento de alguns designativos.

Tal é o caso da definição do termo parâmetro, que, de acordo com FEEMA (1991), significa: “valor qualquer de uma variável independente referente a um elemento ou atributo que confira situação qualitativa e/ou quantitativa de determinada propriedade de corpos físicos a caracterizar. Os parâmetros podem servir como indicadores para esclarecer a situação de determinado corpo físico, quanto a certa propriedade”.

Verifica-se, portanto, que na mesma definição, a palavra “parâmetro” assume vários significados, como: variável, elemento, atributo, propriedade e indicador, o que pode ocasionar dificuldade de entendimento, visto que cada um destes, por sua vez, tem sua definição própria e distinta uma das outras. Assim, visando não apenas deixar claro o significado de cada termo no contexto deste trabalho, mas também facilitar a compreensão do assunto, é apresentado a seguir um conjunto de termos selecionados, em função da sua importância para o trabalho e da frequência com que eles são mencionados:

- **ÁREAS FRÁGEIS** – é a qualidade de uma área, definida em função da maior ou menor capacidade de manter e recuperar o equilíbrio do ecossistema após uma determinada agressão. Em função da fragilidade, as áreas podem ser caracterizadas como frágeis e não frágeis ou estáveis, relativamente a um determinado fim. Os ecossistemas são tão mais frágeis quanto menor a capacidade de manter ou recuperar a situação de equilíbrio (estabilidade), quer espacialmente quer no tempo (FEEMA, 1991; VEROCAI, 2001).
- **CONSERVAÇÃO** – o conceito de conservação aplica-se à utilização de um recurso qualquer, de modo a obter o benefício máximo do mesmo, porém garantindo sua renovação ou sua auto-sustentação (ART, 2001; VEROCAI, 2001).
- **DECLIVE** – é a inclinação do terreno, ou a encosta, considerada do ponto mais alto em relação ao mais baixo (FEEMA, 1991).
- **DECLIVIDADE** – é o grau de inclinação de um terreno, em relação à linha do horizonte, podendo ser expressa em porcentagem (FEEMA, 1991).

- **DEGRADAÇÃO AMBIENTAL OU POLUIÇÃO AMBIENTAL** – qualquer alteração das qualidades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente que possam: **a)** prejudicar a saúde ou bem-estar da população; **b)** criar condições adversas às atividades sociais e econômicas; **c)** ocasionar danos relevantes à flora, à fauna e a qualquer recurso natural; e **d)** ocasionar danos relevantes aos acervos históricos, cultural e paisagístico (FEEMA, 1991).
- **DEGRADAÇÃO DO SOLO** – alteração de suas características físicas e/ou químicas, e/ou biológicas, com perda da capacidade de retenção de umidade e diminuição de nutrientes, reduzindo ou impossibilitando as condições para o desenvolvimento das culturas. A degradação pode ser provocada pela redução ou esgotamento da fertilidade, erosão acelerada, deterioração, compactação, salinização e/ou contaminação. A desertificação é a última etapa da degradação, quando o solo perde totalmente suas condições biológicas. (CORRÊA, 1990).
- **ESTABILIDADE** – habilidade inerente de um ecossistema (ou de qualquer sistema) para resistir à mudanças, ou para manter as condições de estado estável quando submetido a uma perturbação (ART, 2001).
- **ESTRATIFICAR** – separar uma área grande em porções menores, mais ou menos homogêneas. Identificar, numa área heterogênea, as partes componentes, de considerável homogeneidade (RESENDE et al., 1995).
- **FRAGILIDADE AMBIENTAL** – diz respeito ao grau de suscetibilidade do meio ambiente a qualquer dano, inclusive à poluição. Daí a definição de ecossistemas frágeis ou áreas frágeis como aqueles que, por suas características, são particularmente sensíveis aos impactos ambientais adversos, de baixa resiliência e pouca capacidade de recuperação (por exemplo: são ambientalmente frágeis os lagos, as lagoas, as encostas de forte declividade, as restingas, os manguesais...). Em função da fragilidade, as áreas podem ser caracterizadas como **frágeis e não frágeis ou estáveis**, a um determinado fim (VEROCAI, 2001; FEEMA, 1991).
- **GESTÃO AMBIENTAL** – tarefa de administrar o uso produtivo de um recurso renovável, sem reduzir a produtividade e a qualidade ambiental, normalmente em conjunto com o desenvolvimento de uma atividade, conforme Hurtubia (citado por FEEMA, 1991).
- **IMPACTO AMBIENTAL** – qualquer alteração significativa do meio ambiente — em um ou mais de seus componentes — provocada por uma ação antrópica (podendo ser positivo ou negativo). Do ponto de vista analítico, o impacto ambiental pode ser considerado como a

diferença entre as condições ambientais que existiriam com a implantação de um projeto proposto e as condições que existiriam sem essa ação (FEEMA, 1991).

- **INDICADOR** – nas ciências ambientais, indicador significa um organismo, comunidade biológica ou parâmetro, que serve como medida das condições ambientais de uma certa área ou de um ecossistema (FEEMA, 1991).
- **ÍNDICE DE EROSÃO** – medida do potencial erosivo de um evento de chuva específico. Na equação universal de perda de solo (EUPS), ele é definido como o produto de duas características da precipitação: energia cinética total da precipitação vezes a sua intensidade máxima em 30 minutos (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990).
- **ORDENAMENTO AMBIENTAL** – também chamado de ordenamento ecológico ou territorial; corresponde ao processo de planejamento dirigido a avaliar e programar o uso das terras, de acordo com suas características potenciais e de aptidão, levando em conta os recursos naturais, as atividades econômicas e sociais (FEEMA, 1991).
- **PARÂMETRO** – é um valor qualquer de uma variável, dependente ou independente, referente a um elemento ou atributo que confira situação qualitativa e/ou quantitativa de determinada propriedade de corpos físicos a caracterizar. Os parâmetros podem servir como indicadores para esclarecer a situação de determinado corpo físico, quanto a uma certa propriedade (FEEMA, 1991).
- **PLANEJAMENTO AMBIENTAL** – proposta e implementação de medidas para melhorar a qualidade de vida presente e futura dos seres humanos, através da preservação e do melhoramento do meio ambiente, Gallopin (citado por FEEMA, 1991).
- **PRESERVAÇÃO** – manutenção ou conservação do ambiente natural como ele é, sem mudança ou extração de recursos (ART, 2001).
- **QUALIDADE AMBIENTAL** – é o estado do ar, da água, do solo e dos ecossistemas, em relação aos efeitos da ação antrópica (FEEMA, 1991).
- **QUALIDADE DE VIDA** – são os aspectos que se referem às condições gerais da vida individual e coletiva: habitação, saúde, educação, cultura, lazer, e alimentação. O conceito se refere, principalmente, aos aspectos de suporte material do bem-estar social (FEEMA, 1991).
- **RAMPA** – termo usado para representar encostas. Ou, declive que ocorre nas margens de lagos naturais, indicando regiões em que houve sedimentação isolando lagos. A declividade

das rampas é importante para a drenagem dos lagos, determinando a entrada de material alóctone e de lixiviação do solo. (ACIESP, 1997).

- **RESILIÊNCIA** – em ecologia, aplica-se este conceito à capacidade de um ecossistema retornar às condições originais ou ao estado estável, após ter sofrido uma alteração ou agressão. Adjetivo: resiliente. A resiliência determina a persistência das relações internas do sistema (ART, 2001; VEROCAI, 2001; ACIESP, 1997).
- **RISCO** – probabilidade de ocorrência de acontecimentos indesejáveis (ofensa, dano à propriedade, dano ambiental), a partir de condições naturais ou da exposição deliberada ou acidental a um perigo existente (ART, 2001).
- **SENSIBILIDADE** (ambiental) - propriedade que os sistemas ambientais e os ecossistemas revelam, alterando o seu estado de qualidade, quando afetados por uma ação antrópica (VEROCAI, 2001).
- **SUSCETIBILIDADE** (ambiental) – grau de vulnerabilidade apresentado pelos sistemas ambientais diante de ameaças ou agressão a um ou mais de seus componentes (ART, 2001).
- **SUSTENTABILIDADE** – pode ser definida como a capacidade do ecossistema de manter constante o seu estado, no tempo. Melhoria da qualidade da vida humana, respeitando a capacidade de assimilação dos ecossistemas que a suportam (EMBRAPA-CNPMA, 1994; VEROCAI, 2001)
- **TOLERÂNCIA DE PERDA DE SOLO** – é a quantidade de terra que pode ser perdida por erosão, expressa em toneladas por unidade de superfície e por ano, mantendo-se ainda o solo um elevado nível de produtividade por longo período de tempo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990).
- **VARIÁVEL** – termo de uma função ou relação, sujeito a alterações, podendo assumir qualquer valor numa série, e que, portanto, não é constante (VEROCAI, 2001; ART, 2001).
- **VULNERABILIDADE** - é a medida ou expectativa da fragilidade de um componente ou de um sistema para resistir ao impacto de ameaças (PECHE FILHO, 1998).

Outros termos, igualmente importantes para o trabalho, porém, com menor frequência de citação e/ou menor dúvida quanto aos respectivos significados, encontram-se no Glossário (Anexo 1).

2.2. Equação Universal de Perda de Solo – EUPS

A EUPS, desenvolvida por WISCHMEIER e SMITH (1965), teve seu marco inicial no Brasil com os trabalhos de BERTONI et al. (1975), no Estado de São Paulo. Trata-se de um modelo que exprime a ação dos principais fatores que influenciam a erosão pela chuva, estando assim expressa:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1)$$

Onde:

A = perda de solo ($\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$).

R = fator erosividade ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$).

K = fator erodibilidade ($\text{Mg} \cdot \text{ha} \cdot \text{MJ}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$).

L = fator comprimento do declive (adimensional).

S = fator grau do declive (adimensional).

C = fator uso e manejo (adimensional).

P = fator práticas conservacionistas (adimensional).

Os fatores R, K, L e S representam os fatores naturais mais importantes, pois estão ligados, respectivamente, ao potencial erosivo das chuvas (erosividade), à natureza do solo (erodibilidade) e à morfologia do terreno (comprimento do declive e grau de declive). Tais fatores interagindo, constituem o potencial natural de erosão (PNE).

Os fatores C e P são de natureza antrópica, estando relacionados à ocupação das terras e às características de cultivo, refletindo as formas de uso-manejo e de práticas conservacionistas.

A EUPS envolve esses dois conjunto de fatores (naturais e antrópicos), que pelo processo multiplicativo, entre eles, resulta numa perda média anual de solos, por unidade de área ($\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$). Esta equação, dada sua grande abrangência quanto aos aspectos ambientais e sua estreita relação no que se refere aos aspectos socioeconômicos e cultural, tem sido utilizada como base para estudos em diferentes escalas, com as mais variadas finalidades.

Em termos de escalas, há estudos envolvendo microbacias hidrográficas, quadrículas, municípios, Estados e regiões. Com relação às finalidades dos estudos, podem ser destacados: quantificação de perdas de solo e água; estimativas de erosão e seus impactos; diagnóstico ambiental; adequação/inadequação de uso das terras; índice de vida dos solos, simulações de cenários ambientais; avaliação de fragilidade de terras; comparação de métodos, no caso da erosividade e erodibilidade, onde há, respectivamente, comparações entre chuva natural e chuva artificial, bem como perdas de solo coletadas e perdas calculadas; estimativas de indicadores relacionados à erosão (potencial natural de erosão – PNE, riscos de erosão – RE).

PUNDEK (1994), diante das necessidades e carência de informações básicas, quanto às práticas conservacionistas e recomendação de manejo, procedeu adaptações na EUPS, visando adequá-la para as condições do Estado de Santa Catarina. Como resultado, obteve um guia, contendo os valores correspondentes a cada fator da equação, possibilitando o seu uso prático para as recomendações de uso das terras do referido Estado.

A partir de dados obtidos pelo Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais do Instituto Agrônomo, com o auxílio da EUPS foi possível estimar a perda anual de 130 milhões de toneladas de terra no Estado de São Paulo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990).

DONZELI et al. (1992) foram pioneiros em trabalhos com adoção da EUPS, visando o diagnóstico e planejamento de microbacias hidrográficas, inclusive mostrando a importância da aplicação do Risco de Erosão.

CAVALIÉRI (1998), no estudo de adequação de uso das terras na quadrícula de Moji Mirim (SP), utilizou a EUPS, os sistemas de aptidão agrícola e o de capacidade de uso, como instrumentos metodológicos de avaliação das terras. Em suas conclusões, menciona que as três classificações empregadas foram coincidentes quanto aos locais de uso inadequados, sendo a capacidade de uso o método que mostrou resultados menos restritivos. A autora destaca como vantagem da EUPS, em relação aos outros métodos, o seu caráter quantitativo, que facilita a interpretação de informações, bem como a possibilidade de simulação de cenários, o que facilita o planejamento.

WEILL (1999) utilizou a USLE – “Universal Soil Loss Equation” no estudo de estimativa da erosão e avaliação do seu impacto, pelo índice de tempo de “vida”. O estudo ocorreu na microbacia do Ceveiro – Piracicaba (SP), com ajuste dos fatores do modelo à

realidade local. Dentre as suas conclusões, menciona que as áreas com culturas apresentavam-se em processo intenso de degradação, sobretudo do solo, enquanto nas áreas de mata, reflorestamento e pastagem o processo era menos intenso. Concluiu também, que a cultura da cana-de-açúcar representou o uso mais impactante da área, e que o índice de tempo de vida, além de permitir a distinção entre três tipos de áreas (em estado de conservação, sob impacto irreversível e para controle), comprovou que a tolerância de perda de solo, isoladamente, é insuficiente para gerar informações ao planejamento em bases sustentáveis.

Também trabalhando em microbacia (rio Itupeva), ITO (1998) utilizou a EUPS no estudo de previsão de erosão e demarcação de talhões para plantação de eucalipto, que se mostrou bastante útil na estimativa de perda de solos, podendo ser empregada nas tomadas de decisões de planejamento e gerenciamento da microbacia. Em suas conclusões, menciona que a substituição dos tipos de uso por eucalipto, dependendo do tipo de solo, pode ser uma prática bastante impactante, em termos de perdas de solo.

NOGUEIRA (2000) utilizou a EUPS como base para uma proposta metodológica de caracterização do uso agrícola sustentável das terras. O estudo ocorreu em nível de município (Vera Cruz, SP), a partir da inclusão da variável quantitativa “risco de erosão”, numa variação do modelo da EUPS. Nas suas conclusões, afirma que o método, além de possibilitar a quantificação do uso agrícola e propor alteração no uso-manejo, foi adequado ao estudo de sustentabilidade, sobretudo no que se refere à conservação do solo.

NASCIMENTO (1998) utilizou a EUPS no estudo sobre a influência das condições ambientais e antrópicas em perdas de terra por erosão laminar. Esse estudo ocorreu na bacia hidrográfica do rio João Leite – (GO), e teve como objetivo básico a determinação da expectativa de erosão, do potencial natural de erosão (PNE) e da perda de solo em cada uma das 30 microbacias componentes da bacia. Dentre suas conclusões, menciona que: o PNE reflete a forte influência do relevo (declividade), e indiretamente do solo, onde as áreas de alto PNE quase sempre encontram-se associadas aos relevos mais acidentados; a expectativa de erosão nas microbacias foi ausente (cobertura do solo com pastagem e/ou mata e declividade de 0 a 5%), baixa a média (cultivos temporários ou permanente associados à declividades de 10 a 45%; ou média, no caso de pastagem, reflorestamento e florestas em declividades acima de 45%); e alta (solo degradado e preparado para cultivo, não havendo relação harmônica entre PNE e fator CP).

BUENO (1994), no estudo de uma bacia hidrográfica (alta e média bacia do rio Jacaré-Pepira), utilizou a EUPS no zoneamento da suscetibilidade à erosão dos solos, com vistas ao planejamento ambiental. A partir de resultados sobre a caracterização dos processos erosivos e diagnóstico das potencialidades naturais, além das alterações antrópicas, destacam-se algumas conclusões, como: O PNE reflete forte influência do relevo e tipo de solo no condicionamento do processo erosivo, estando as áreas de PNE mais elevadas conjugadas aos relevos mais acidentados (cabeceiras de drenagem, dissecação mais intensa dos interflúvios e relevos residuais); as culturas perenes (citros) e semi-perene (cana-de-açúcar) foram as responsáveis diretas pelos níveis mais altos de expectativa de erosão; grande parte da área estudada encontra-se no nível médio de expectativa de erosão, muitas delas podendo estar próximas do limite de tolerância (significa que qualquer inadequação de práticas de uso e manejo, mesmo de pequenas dimensões, podem tornar essas áreas como problemáticas).

PECHE FILHO (1998), no estudo sobre “Metodologia para Avaliação da Fragilidade de Terras em Função da Mecanização Agrícola”, propôs uma matriz tridimensional (envolvendo solos, sistemas de preparo do solo e classes de declive), que, por estratificação simples, gerou 4 zonas de fragilidade, hierarquizadas em baixa, média, alta e severa.

PUNDEK (1994) afirma que somente nos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, a pesquisa já gerou mais de uma centena de trabalhos conclusivos, a facilitar a tomada de decisão no âmbito conservacionista. Passada mais de meia década, certamente esse número deve ter sido ampliado algumas vezes, ressaltando a grande importância dessa linha de pesquisa.

Diante do grande volume de resultados de pesquisa, disponível na bibliografia, procurou-se direcionar a presente revisão apenas para os casos de utilização da EUPS, elegendose os trabalhos mais pertinentes aos objetivos delineados, descartando-se os demais, em função dos objetivos pretendidos.

2.3. Tolerância de perda de solo – T

A tolerância de perda de solo (ou valor T) corresponde à quantidade de terra que pode ser perdida por erosão, mantendo ainda o solo elevado nível de produtividade por longo período de tempo. Esta tolerância (T) reflete a perda máxima de solo admitida, com um determinado grau de conservação, de modo a manter uma produção econômica em futuro previsível com a tecnologia atual (LOMBARDI NETO e BERTONI, 1975).

Verifica-se, a partir desse conceito, que a tolerância está intimamente relacionada com a sustentabilidade da produção e que esse limite tolerável de perda pode ser traduzido como resiliência.

A resiliência de um solo seria sua “renovabilidade”, ou capacidade de “tolerância a estresse”. Em ecologia, resiliência refere-se à capacidade de um ecossistema retornar às condições originais ou ao estado estável, após sofrer uma alteração ou agressão (ART, 2001; VEROCAI, 2001; ACIESP, 1997).

Por outro lado, eses limites “permissíveis” de perdas (T) tornam-se mais importantes ainda, quando relacionados com as perdas de terra que efetivamente podem ocorrer (perda total = A), visto que a relação (perda/tolerância ou A/T) pode traduzir condições de sustentabilidade ou insustentabilidade de uso das terras, com as respectivas conseqüências em cada caso. Para $A \leq T$ uso sustentável e $A > T$, insustentabilidade, com degradação e danos ambientais.

Os valores de tolerância média de perdas de solo, para o Estado de São Paulo, variam de 4,5 a 13,0 Mg/ha/ano e de 9,6 a 15,0 Mg/ha/ano, respectivamente para os solos com B textural e com B latossólico. Esses limites mais elevados de tolerância dos solos com B latossólicos, se devem às suas características morfopedológicas, caracterizadas por elevada profundidade efetiva, boa drenagem interna e ausência de contraste textural acentuado entre os seus horizontes pedogenéticos (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990).

BERTONI e LOMBARDI NETO (1990) destacam que os limites de tolerância não impõem restrições arbitrárias ao uso e manejo do solo, mas sim estabelecem limites dentro dos quais a seleção das técnicas adotadas devam ser utilizadas. Ressaltam também sobre a importância do conhecimento dos limites de tolerância, sobretudo para aplicação da EUPS no planejamento conservacionista.

2.4. Outros métodos relacionados à sensibilidade ambiental

Sensibilidade ambiental corresponde à propriedade de reagir que possuem os sistemas agroambientais e os ecossistemas, alterando o seu estado de qualidade, quando afetado por ação antrópica (VEROCAI, 2001).

A partir dos conceitos de área frágil ou fragilidade e estabilidade ambiental, como visto no item “2.1.1.”, verifica-se que esses termos podem funcionar como medidores ou indicadores da sensibilidade ambiental. Áreas frágeis ou agroecossistemas frágeis são particularmente sensíveis aos impactos ambientais negativos, e se caracterizam por uma baixa resiliência e pequena capacidade de recuperação. Já os agroecossistemas (ou qualquer sistema ambiental) estáveis, possuem a habilidade para resistir à mudança, ou para manter as condições de estado estável, quando submetido a uma perturbação, e apresentam-se com elevada resiliência (ART, 2001; VEROCAI, 2001; FEEMA, 1991).

Os ecossistemas serão tão **mais frágeis** quanto menor a capacidade de **manter ou recuperar** a situação de equilíbrio (**estabilidade**), quer seja espacialmente ou no tempo, assim como serão tão mais **estáveis** quanto mais rapidamente e com menor flutuação ele retorna ao seu estado de equilíbrio (ART, 2001).

Nessa linha de abordagem, com grande ênfase no equilíbrio e resistência dos sistemas ambientais, o trabalho de TRICART (1977) possui destacada importância no Brasil. Em sua metodologia adota os princípios da Ecodinâmica, que estabelece diferentes categorias morfodinâmicas, de acordo com os processos de pedogênese e morfogênese. Quando predomina a morfogênese prevalecem os processos erosivos (modificadores das formas de relevo), tornando o meio instável. Quando predomina a pedogênese prevalecem os processos formadores de solos e configura-se um meio estável. O referido autor, com base na aplicação do conceito pedogênese/morfogênese, distingue três grandes meios morfodinâmicos, assim caracterizados:

- a) Meio estável – apresenta condições semelhantes ao termo clímax, encontrando-se em regiões dotadas de cobertura densa; dissecação moderada e ausência de manifestação vulcânica;
- b) Meio intergrades – balanço entre as interferências morfogenéticas e pedogenéticas;

c) Meio fortemente instável – predomínio da morfogênese sobre a pedogênese; relevo fortemente dissecado; planícies e fundos de vales sujeitos à inundação; presença de solos rasos; degradação antrópica e erosão; e condições bioclimáticas agressivas.

Na execução do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) pelos Estados da Amazônia Legal, foi utilizado a metodologia de BECKER e EGLER (1997). No roteiro, o método consta da elaboração de duas cartas temáticas (Carta de Vulnerabilidade Natural e Carta de Potencialidade Social) e uma carta síntese (Carta de Subsídio para Gestão do Território). Para a avaliação da Vulnerabilidade Natural, foi utilizado o conceito de Ecodinâmica (TRICART, 1977), a partir do qual foram estabelecidos valores de estabilidade ou vulnerabilidade de Unidades de Paisagem, assim descritos: Unidade estável – prevalece a pedogênese sobre a morfogênese, com valor 1; b) Unidade intermediária – ocorre equilíbrio entre pedogênese e morfogênese, valor 2; e c) Unidade instável - prevalece a morfogênese sobre a pedogênese, valor 3.

Na análise final são atribuídos valores aos temas: rocha, solo, relevo e vegetação, além de clima e uso atual, que após serem integrados resultam num valor variando de 1 a 3, sendo então obtido a classe de vulnerabilidade ou estabilidade.

Crepani et al. (1998) estabeleceram um método de classificação de paisagens naturais do terreno, em graus de vulnerabilidade natural, tendo como base a fotoanálise de imagens de satélite, bem como os conceitos ecodinâmicos de Tricart (1977).

A desordem da ocupação rural das áreas produtivas traduz-se, numa primeira fase, através de modalidades de uso inadequados e, num segundo momento, na degradação das qualidades ecológicas dos agroecossistemas. Desta forma, os trabalhos de ordenamento do espaço ambiental, por classificações taxonômicas ou técnicas, assumem importante papel na proteção e melhoria da qualidade dos sistemas ambientais e produção agrícola sustentada.

RESENDE et al. (1992), no trabalho sobre modelo tropical de ordenamento de território e uso da terra, considerou a declividade e a profundidade efetiva na estratificação de ambientes. Define ambientes instáveis como àquelas áreas que encontram-se situadas em regiões acidentadas, inadequadas à agricultura, pastagens e reflorestamento, devendo ser preservadas e protegidas. A sua identificação, segundo os autores, é fundamental para o planejamento do uso da terra, em base sustentáveis.

Considerando um dos objetivos do levantamento de solo, que é subdividir áreas heterogêneas em áreas mais homogêneas (com base nos parâmetros e critérios de classificação), RESENDE et al. (1995), destacam a importância da estratificação de agroecossistemas. Para os autores, estratificar, significa separar uma área maior em porções mais ou menos homogêneas, isto é, identificar e separar as áreas homogêneas, dentro do ambiente heterogêneo. Nesse contexto, os referidos autores afirmam que os solos são os melhores estratificadores de ambientes, em pequenas áreas, daí o uso das informações dos levantamentos serem imprescindíveis.

RESENDE et al. (1995) destacam a importância das classificações, que de um modo geral visam:

- Organizar conhecimentos, contribuindo para a economia de tempo;
- Salientar e entender relações entre elementos e classes;
- Relembrar propriedades dos objetos classificados;
- Aprender novas relações e princípios dentro do assunto ou tema que está sendo classificado;
- Estabelecer grupos ou subdivisões (classes) de objetos sob estudos, com propósitos práticos aplicados para prever comportamento; identificar os melhores usos; estimar a produtividade; e prover objetos ou unidades para pesquisa e para extensão, possibilitando inclusive a extrapolação de resultados de pesquisas e/ou de observações.

O solo é um recurso natural bastante vulnerável à degradação pelas atividades antrópicas. Os trabalhos necessários nessa área devem incluir pesquisas básicas e também aplicadas. Os resultados deverão ser o melhor entendimento do solo e conseqüentemente do seu manejo para a agricultura, enfatizando sempre o aspecto ambiental. Os solos refletem um equilíbrio frágil entre relevo, clima e vegetação (CORRÊA, 1990; PENTEADO, 1980).

Visando estabelecer os diferentes graus de sensibilidade do quadro ambiental de duas bacias hidrográficas (bacia do rio Cabuçu de Cima e bacia do Ribeirão Carapicuíba, ambos na região da Grande São Paulo), ROSS (2000) realizou um diagnóstico do comportamento morfodinâmico, baseado nos processos gradacionais e agradacionais, para chegar às categorias de ambiente estáveis e instáveis. Nesse estudo, adotou a metodologia de TRICART (1977), com várias alterações para adequar às condições físicas da área e à escala (1:25.000) de trabalho. Os resultados para cada bacia estudada, foram:

- a) bacia do rio Cabuçu de Cima – cinco categorias, sendo duas estáveis e três instáveis. As duas primeiras englobam áreas de estabilidade, tanto natural quanto antrópica, enquanto as outras três possuem instabilidade elevada e problemas de erosão e assoreamento intensos.
- b) bacia do Ribeirão do Carapicuíba – possui duas zonas, uma em equilíbrio e outra em desequilíbrio ou em instabilidade morfoodinâmica, com fortes declividade e erosão.

O IPT (1989), visando definir as bases técnicas para uma política estadual de combate à erosão, ao nível preventivo e corretivo, no Estado de São Paulo, selecionou como área de trabalho a Bacia do Peixe-Paranapanema. A bacia correspondia a 70.000 Km² e abrangia 132 municípios, com grande modalidade de uso antrópico. O estudo foi realizado na escala 1:250.000. A metodologia constou de estudos de erosão (laminar, ravinas e vossorocas) que, numa análise comparativa com os mapas temáticos, permitiu reconhecer cinco tipos de áreas, com riscos diferenciados quanto à suscetibilidade ao desenvolvimento de ravinas e vossorocas, assim caracterizadas:

- áreas extremamente suscetíveis : declividade acentuada, nunca inferior a 10%, Argissolos, com textura arenosa/média e média;
- áreas muito suscetíveis : difere das áreas extremamente suscetíveis pela maior suavidade do relevo e menor densidade da rede de drenagem;
- áreas suscetíveis : baixa declividade e solos permeáveis, as boçorocas desenvolvem-se a partir de elevadas concentrações de água, oriundas de estradas (rodovia e ferrovia).
- áreas pouco suscetíveis : baixa suscetibilidade à vossorocas, podendo ser bastante suscetíveis às ravinas rasas.
- áreas não suscetíveis : relevo praticamente plano e solos rasos, sem presença de boçorocas.

Em trabalho mais recente, o IPT (1995) elaborou o mapa de erosão do Estado de São Paulo, na escala 1:1.000.000, onde foram identificadas cinco classes e 15 subclasses. No caso específico da quadrícula de Ribeirão Preto, verificou-se a ocorrência de quatro classes (muito alta, média, baixa e muito baixa) e cinco subclasses de suscetibilidade à erosão.

2.5. Aptidão agrícola das terras

A aptidão agrícola das terras enquadra-se na modalidade de classificações técnicas ou interpretativas, onde os solos são agrupados de acordo com objetivos de interesse prático e específico, mais relacionado com o seu comportamento. Em termos agronômicos, há vários agrupamentos de terras, a saber: em função da aptidão agrícola para determinadas culturas; de acordo com risco de erosão; por necessidade de calagem; com finalidades de irrigação ou drenagem; e em função da capacidade máxima de uso. Para outros fins, as referidas classificações também são de grande utilidade, tais como: geotecnia, construção de aeroportos, engenharia sanitária, taxaço de impostos, engenharia rodoviária e ferroviária (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995; LEPSCH, et al., 1991; FREIRE, 1984).

Aptidão agrícola pode ser definida como a adaptabilidade da terra para um tipo específico de utilização agrícola das terras, pressupondo-se um ou mais diferentes níveis de manejo (CURI et al., 1993).

Alguns autores estabeleceram que as interpretações de levantamento de solos (classificações técnicas) devem obedecer a determinados princípios, tais como, de acordo com CLINE (1949) e ORVEDAL e EDWARDS (1941):

- **Definição clara dos propósitos** – a classificação técnica deve ser organizada para uma finalidade específica, o mais simples possível, de forma a atender a finalidade prevista;
- **Nível de generalização mais conveniente** – as informações referentes aos solos, bem como suas interações com o ambiente, ou entre solos e práticas de manejo, devem ser organizadas e apresentadas num nível de generalização compatível com o objetivo pretendido; e
- **Seleção de critérios** – eleger indicadores que realmente tenham significância para o objetivo visado.

As interpretações de levantamentos pedológicos são previsões de comportamento dos solos, considerando propósitos específicos e sob determinadas condições ambientais. Visam aplicações práticas, principalmente no que tange ao seu uso, manejo e conservação (STEELE, 1967).

O sistema de avaliação da aptidão agrícola, no Brasil, iniciou-se na década de sessenta (BENNEMA, et al., 1964), numa tentativa de classificar o potencial das terras para

agricultura tropical. Neste modelo, a avaliação era feita em quatro classes, indicadas para lavouras de ciclos curto e longo, em vários níveis de manejo. Este fato foi inovador, visto que procurava atender às condições de países de agricultura menos desenvolvida, onde diferentes níveis tecnológicos coexistiam lado a lado (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995).

Posteriormente, em sua evolução metodológica, o sistema de avaliação da aptidão agrícola sofreu várias e importantes modificações, ajustes e complementações, por ocasião da realização de trabalhos em alguns estados e regiões brasileira. As principais contribuições para o seu desenvolvimento foram de RAMALHO FILHO, et al. (1970); TOMASI e RAMALHO FILHO (1971); EMBRAPA-CPP (1975); BEEK (1975); RAMALHO FILHO et al. (1978); e RAMALHO FILHO e BEEK (1983).

Atualmente o sistema de avaliação de aptidão agrícola das terras (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995), encontra-se na terceira edição. Este método de interpretação de levantamentos de solos é realizado com base nos resultados de levantamentos pedológicos, apoiado em várias características físico-ambientais, como: solo, relevo, clima e vegetação.

A estrutura básica da metodologia de aptidão agrícola das terras, constitui-se de:

a) Níveis de manejo

- Nível de manejo A: reflete baixo nível tecnológico; quase ausência de aplicação de capital; trabalho fundamentalmente braçal;
- Nível de manejo B: reflete um nível tecnológico médio; modesta aplicação de capital; trabalho com base na tração animal ou na tração motorizada, apenas para desbravamento e preparo inicial do solo; e
- Nível de manejo C: reflete um alto nível tecnológico; aplicação intensiva de capital; trabalho mecanizado em quase todas as fases de atividades.

b) Níveis categóricos

- Grupos de Aptidão Agrícola : representam as possibilidades de utilização das terras.
 - Grupos 1, 2, 3 --- Uso com Lavouras
 - Grupo 4 ----- Uso com Pastagem Plantada
 - Grupo 5 ----- Uso com Silvicultura e/ou Pastagem Natural
 - Grupo 6 ----- Preservação da Flora e Fauna (sem aptidão para uso agrícola)
- Subgrupo de Aptidão Agrícola : refere-se às variações dos grupos. Representa a interação da classe com o nível de manejo, sendo descrito por uma legenda de identificação.

- Classes de Aptidão Agrícola : resulta da interação das condições agrícolas, do nível de manejo e das exigências dos diversos tipos de utilização.

- Classe Boa
- Classe Regular
- Classe Restrita
- Classe Inapta

- **Exemplo: 1(a) b C** — onde: **1** = grupo de aptidão
- (a) = aptidão restrita no nível de manejo A
 - b = aptidão regular no nível de manejo B
 - C = aptidão boa no nível de manejo C

c) Fatores de limitação

- Deficiência de fertilidade ----- (f)
- Deficiência de água ----- (h)
- Excesso de água ou deficiência de oxigênio ----- (o)
- Impedimento à mecanização ----- (m)
- Suscetibilidade à erosão ----- (e)

d) Tipos de usos da terra considerados

- Lavouras
- Pastagem Plantada
- Silvicultura e/ou Pastagem Natural
- Preservação da Flora e da Fauna

Para a obtenção das classes de aptidão agrícola das terras é feita uma avaliação dos fatores limitantes, relacionados a um determinado nível de manejo, tendo-se como referência um solo que hipoteticamente não apresente problemas de fertilidade, deficiência de água e de oxigênio, não seja suscetível à erosão e nem ofereça impedimentos à mecanização.

A adoção de níveis de manejo, no sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras é considerada como um procedimento altamente válido, sobretudo em países como o Brasil, onde, numa mesma região, existe uma grande variedade de condições técnicas e socioeconômicas e, conseqüentemente, diferenciados níveis de manejo lado a lado (BENNEMA et al., 1964; RESENDE et al., 1995).

Outros autores, como Laker (citado por OLIVEIRA 2001), também destacam a grande importância dos níveis de manejo nas avaliações de terras, enfatizando que a partir

deles é possível considerar o conceito de potencial produtivo dos solos, ou seja, solos praticamente improdutivos, no baixo nível de manejo (nível de manejo A), podem apresentar elevada produtividade no nível mais avançado (nível de manejo C), conforme Figura 1.

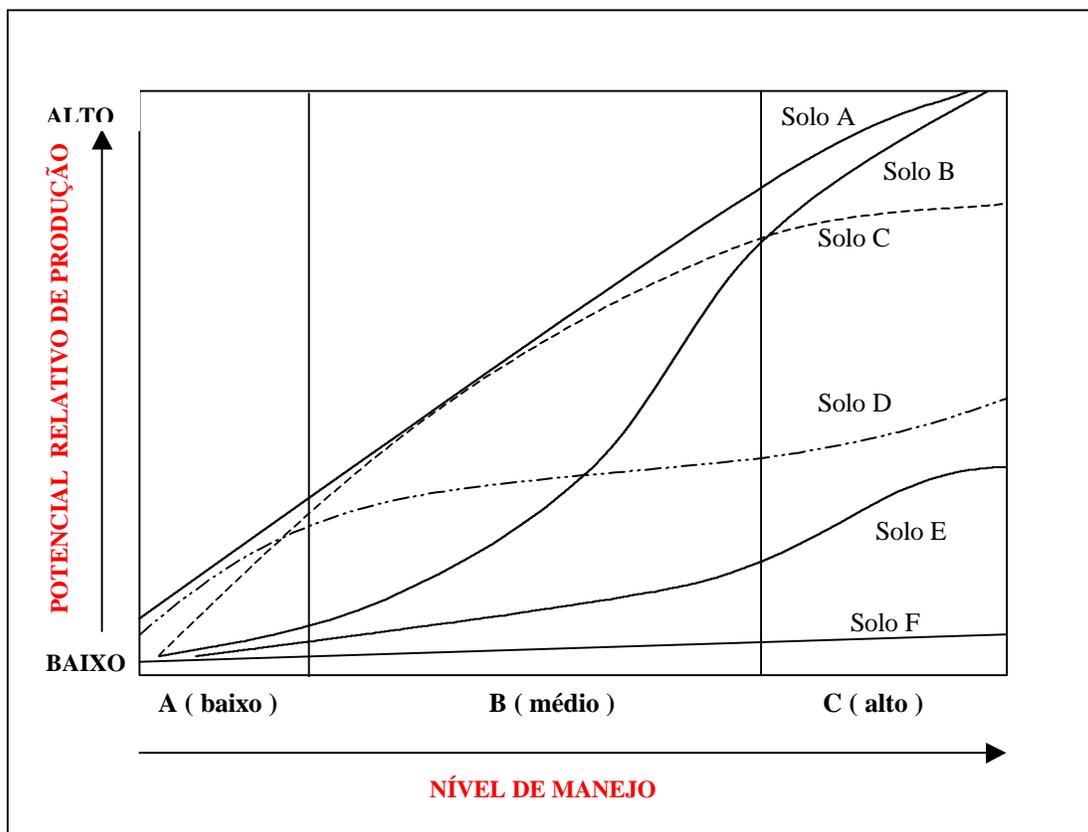


Figura 1 - Relação entre níveis de manejo e potencial produtivo de diferentes solos.
Fonte: OLIVEIRA (2001).

A partir dos fatores limitantes (fertilidade, água, oxigênio, suscetibilidade à erosão e impedimento à mecanização), BENNEMA et al. (1964) consideram que o sistema de avaliação da aptidão agrícola tem um caráter predominantemente ecológico, sobretudo no que tange aos seus três primeiros fatores. Nessa mesma linha, sobre o foco da metodologia, RAMALHO e BEEK (1995) apesar de mencionarem aspectos referentes à relação custo/benefício e tendência econômica à longo prazo, deixam claro de que o objetivo maior do método reside na orientação, com vistas ao melhor uso das terras, no planejamento regional e nacional.

Por outro lado, FREIRE (1984) analisando as classificações técnicas, menciona que o sistema de aptidão agrícola é uma ferramenta de avaliação da potencialidade edáfica

regional que, embora dito de “forte tendência ecológica”, trata-se de um método fundamentalmente econômico, uma vez que dentre seus critérios fica nítida a relação entre o “benefício esperado e o custo de produção”.

Diante dessas abordagens divergentes sobre os aspectos econômico e ecológico da metodologia, neste trabalho entende-se que o sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras tem, de fato, um caráter ecológico. A dubiedade, talvez, se deva a pontos como:

- apesar da dominância de fatores ecológicos do método, este oferece resultados finais com ênfase nas “potencialidades”, sem grandes destaques para os eventuais riscos de degradação das terras e/ou do ambiente;
- a preservação da fauna e flora, caracterizada pelo grupo 6, talvez esteja timidamente simbolizada no mapa e, ao mesmo tempo, carente de maior fundamentação em suas premissas metodológicas.

Segundo BENNEMA et al. (1964), os fatores de limitação tentam sintetizar as qualidades do ambiente (condições agrícolas das terras). Tais fatores são avaliados pelo grau de limitação (nulo, ligeiro, moderado, forte e muito forte), que, por sua vez, geralmente estão relacionados a parâmetros facilmente observáveis ou mensuráveis, estabelecendo-se, assim, uma relação considerada como básica nas interpretações de levantamento de solos. Por essa razão, os autores afirmam que essas relações devem ser, sempre que possível, melhoradas; para o desenvolvimento do sistema, novas relações devem ser introduzidas.

O sistema de aptidão agrícola, à semelhança de outros sistemas, apresenta vantagens e desvantagens. Para o primeiro caso, além da adoção dos níveis de manejo, RESENDE et al. (1995) destacam a viabilidade de reduzir limitações do solo (mediante o emprego de capital e de técnicas agrícolas) e, também, o tipo de estrutura metodológica (sistema aberto), que permite seu ajustamento a novos conhecimentos, inclusive adaptações regionais, sem perder a sua unidade. Dentre as desvantagens, é mencionado que o sistema não foi trabalhado suficientemente junto aos usuários, e que o mesmo está mais afeito às avaliações de grandes regiões (escalas muito pequenas), do que ao nível de propriedade.

LARACH (1990) ressalta que, embora a concepção da metodologia de aptidão agrícola tenha sido desenvolvida para interpretação de levantamentos generalizados, ela é suficientemente elástica para permitir reajustamentos, no caso de ser aplicada em levantamentos mais detalhados.

O sistema de aptidão agrícola constitui-se num importante instrumento metodológico de avaliação das terras. Sua maior utilização, no País, tem sido implementada no Centro Nacional de Pesquisa de Solos – CNPS (antiga Comissão de Solos, sucedida pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos – SNLCS e atualmente EMBRAPA Solos), que, há cerca de meio século, vem pesquisando solos e sua ambiência em todo o território nacional.

De acordo com a literatura pesquisada, nessas quatro décadas de existência da metodologia, esta vem sendo empregada na interpretação de diferentes níveis de levantamentos pedológicos (do nível exploratório ao nível detalhado), com objetivos variados, tanto pela Embrapa quanto por outras instituições (como: universidades, empresas estaduais, empresas privadas,...), possibilitando uma avaliação mais abrangente das potencialidades dos solos nos diversos Estados e regiões brasileiras.

A EMBRAPA-SNLCS (1991), com o objetivo de fornecer uma visão global da distribuição espacial das zonas macro-agroecológicas e seu respectivo potencial de utilização, realizou o trabalho denominado “Delineamento macro-agroecológico do Brasil”, na escala de 1: 5.000.000, caracterizando 55 zonas, agrupadas em 18 classes de aptidão agroecológica, assim distribuídas: 11,71% para pecuária; 27,89% para extrativismo; 29,48% para lavoura; e 30,92% para a preservação da flora e da fauna.

O Ministério da Agricultura, através da Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola – SUPLAN, realizou os estudos básicos para o planejamento agrícola das terras de cada um dos Estados do Território Nacional. Tais estudos foram baseados na interpretação de levantamento de solos, de acordo com o sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras (considerando os níveis de manejo A, B e C). A escala de publicação dos mapas no nível de Estados, foi bastante variável, como, por exemplo: Amazonas – 1: 2.000.000; Espírito Santos – 1: 400.000; Rio de Janeiro – 1: 400.000; Amapá – 1: 1.000.000; e Acre – 1: 1.000.000, dentre outros.

OLIVEIRA e SOSA (1995) utilizaram o sistema de aptidão agrícola das terras (com adaptações) nos níveis de manejo B e C, como um dos instrumentos metodológicos à elaboração do “Sistema de classificação da aptidão agrícola das terras (S. C. A. A. T.) para a região oriental do Paraguai”. Trata-se de um sistema aberto, com objetivos básicos de

subsidiar planejamentos de uso das terras, em diferentes níveis: propriedade rural, microbacias hidrográficas e municipal.

RAMALHO FILHO e PEREIRA (1996), com base no sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras, elaboraram uma síntese sobre o potencial agrícola e disponibilidade das terras do Brasil. Uma análise crítica sobre os principais métodos e sistemas de avaliação da aptidão das terras também fez parte dos objetivos do trabalho. Foram considerados os três níveis de manejo (níveis A, B e C) para, além da visão sinóptica, diagnosticar o comportamento das terras em níveis operacionais distintos. Nesta mesma linha, visando ao uso de sistemas de informações geográficas – SIG, na análise do trabalho, RAMALHO FILHO et al. (1997) elaboraram o “Uso de SIG e manejo sustentável das terras no Brasil: potencialidades e necessidades do usuário”. Além da importância dos modelos analítico e espacial nas análises de eventos terrestres, foi evidenciado também o imenso potencial agrícola das terras brasileiras, ou seja, o País possui cerca de 5,55 milhões de Km² aptos para lavouras, 964.334 Km² indicados para pastagem plantada e 941.296 Km² para silvicultura e/ou pastagem natural.

ARAÚJO e LOPES ASSAD (2001) utilizaram o sistema de avaliação de aptidão agrícola para definir uma metodologia de zoneamento pedoclimático por cultura. O trabalho foi realizado na escala 1:1.000.000, no Estado de Goiás e no Distrito Federal, a partir da integração da aptidão agrícola com o risco climático para o arroz de sequeiro. Os autores recomendam que os resultados devem ser considerados como indicadores de potencialidades das terras para a cultura pesquisada, podendo ser utilizados regionalmente como base de planejamento.

A partir de um levantamento pedológico detalhado, em microbacia piloto na região sob influência do reservatório Itutinga/Camargos (MG), MOTTA et al. (2001) realizaram vários estudos, visando oferecer bases para um planejamento agrícola sustentável. Para a interpretação do levantamento de solos na escala 1:12.500 foi utilizado o sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras, considerando os três níveis de manejo (níveis A, B e C). Nos resultados finais, dois aspectos foram bem destacados pelos autores: a) há uma subutilização das terras, que poderia ser reduzida com a adoção de tecnologia e capital; b) ocorre uma degradação dos solos decorrente da substituição da vegetação natural pelas pastagens de má qualidade e da deficiente cobertura dos solos.

CAVALIÉRI (1998), em seu estudo sobre adequação de uso das terras na quadrícula de Moji Mirim (SP), utilizou o sistema de avaliação da aptidão agrícola como um dos instrumentos metodológicos. Na obtenção do potencial agrícola, foi feita a interpretação do levantamento de solos, na escala 1:100.000 (semidetalhado), considerando-se apenas dois níveis de manejo (níveis de manejo B e C). Dentre as conclusões da autora, estão mencionados a viabilidade do sistema para estudos em escala regional, e, dado o caráter predominantemente qualitativo da avaliação, a mesma torna-se muito subjetiva e dependente dos conhecimentos e experiência do avaliador.

Estudando a quadrícula de Ribeirão Preto (SP), MARTORANO (1998) propôs um zoneamento agroecológico, baseado em características do solo (esc. 1:100.000), do relevo (esc. 1:250.000) e do clima. Na sua execução, foi utilizada uma metodologia mista, constituída pelos critérios do sistema de capacidade de uso (LEPSCH et al., 1990), acrescidos dos graus de limitação do fator deficiência de água, proveniente do método de avaliação da aptidão agrícola de RAMALHO FILHO e BEEK (1995), tendo sido identificado que 82,5% das terras têm vocação para a agropecuária (sendo 66,3% com vocação para agricultura intensiva); 8,4% tem seu melhor uso com agrossilvicultura e 2,0% como área de preservação.

2.6. Técnicas de geoprocessamento

Os avanços tecnológicos da cartografia automatizada, dos Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados e do processamento digital de imagens, aliados ao desenvolvimento da computação, permitiram produzir um conjunto de ferramentas para a captura automática de dados, gerenciamento, análise e apresentação das informações geradas. Estas ferramentas, surgiram em resposta à demanda de armazenamento de dados e às necessidades de análises em ambientes computacionais (STRAUCH, 1998).

Os SIGs são ferramentas cada vez mais utilizadas, pois oferece capacidade de capturar os dados de diversas fontes, armazenar, manipular, analisar e apresentar estas informações em um formato passível de ser compreendido pelo usuário (STRAUCH, 1998; MIRANDA et al.,1995).

O Geoprocessamento representa atualmente um excelente instrumento de apoio e viabilização de projetos, nas mais diferentes áreas do conhecimento, uma vez que gera novas informações úteis ao planejamento e gestão do espaço geográfico. Apenas para ilustrar, cita-se: estudos de uso atual das terras; zoneamentos agroambientais e socioeconômicos; classificações técnicas (aptidão agrícola, capacidade de uso e terras para irrigação); cálculo de equações de perda de solo, representado pela EUPS, MEUPS, REUPS, WEEP e EPIC; planejamento ambiental integrado (microbacia hidrográfica, município, região e Estados), monitoramento e estudos de impactos ambientais, diagnóstico e prognósticos envolvendo análises ambientais, dentre outros.

Um exemplo foi o trabalho de PINTO (1991), que no estudo sobre a identificação e caracterização de erosão do solo, na região de Casa Branca (SP), desenvolveu uma abordagem metodológica, a partir de técnicas de sensoriamento remoto e do uso de SIG. O estudo foi realizado nas escalas de 1:20.000 e 1:50.000, e a metodologia básica constou do uso de imagens digitais de Landsat/TM (bandas 3, 5 e 7) e pancromática do SPOT/HRV, bem como da USLE. Como resultado final, obteve o potencial natural de erosão (PNE), as perdas relativas de erosão do solo (PR) e o índice de criticidade de perdas relativas (ICPR) que foram comparados e analisados. Esta abordagem metodológica foi adequada para a análise da erosão, utilizando-se imagens orbitais e técnicas de análise em ambiente de SIG.

Com o objetivo de estabelecer as possibilidades e limitações de uso agrícola, bem como estudar os riscos de degradação dos solos pela erosão hídrica, CAVALIÉRI (1998) utilizou, na metodologia, técnicas de sensoriamento remoto e de SIG. O estudo foi realizado ao nível de quadrícula (Moji Mirim, SP), e para a avaliação das terras foram empregados os sistemas de capacidade de uso e de aptidão agrícola, além da EUPS. Dentre suas conclusões, a autora menciona que os SIGs são ferramentas bastante eficientes na manipulação de mapas relacionados ao planejamento e diagnóstico do meio físico, ressaltando o bom desempenho do IDRISI para uma área relativamente grande (196.000 ha).

FERNANDES (1997), com o objetivo de desenvolver uma metodologia de avaliação de impacto ambiental das atividades agrícolas sobre o solo, utilizou um conjunto de técnicas de SIG, de sistema especialista (SE) e de modelagem matemática, de forma integrada. Como resultado principal, obteve o sistema EROSYS (sistema inteligente de apoio à decisão). Este sistema permite a avaliação da aptidão agrícola das terras, a quantificação das perdas de solo por erosão e perda de fertilizantes na área. Para demonstração da aplicabilidade do sistema EROSYS, foi selecionado como área piloto uma bacia hidrográfica (bacia do Córrego Taquara Branca), situada nos municípios de Sumaré e Hortolândia (SP). Nas conclusões, destacam-se: 66% da área encontram-se com a sustentabilidade comprometida (taxa de erosão acima do limite de tolerância); e a associação de SE e SIG mostrou-se eficaz na avaliação de impacto ambiental, facilitando substancialmente a aquisição, manipulação e processamento das informações.

Dada a grande abrangência das técnicas de Geoprocessamento, são encontrados trabalhos nas mais diferentes especialidades, demonstrando sua viabilidade para estudos de problemas ambientais. Tais estudos, por exemplo, referem-se à erosão e degradação do solo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990; DONZELI et al., 1992; WEILL, 1999), à automação de métodos, desenvolvimento de programas e de rotinas metodológicas (FORMAGGIO et al., 1992; LOPES ASSAD, 1995; FERNANDES FILHO, 1996), e às avaliações das terras, análises e diagnósticos (RANIERI, et al., 1998; LOPES ASSAD et al., 1998).

BECKER e EGLER (1997), em seu trabalho sobre o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) para os Estados da Amazônia, não só utilizaram técnicas de SIG, como também destacaram a importância do emprego dessa ferramenta na gestão do território. Apesar disto, procuram deixar claro suas opiniões, enfatizando que: "...a aplicação de SIGs,

assim como do sensoriamento remoto, não substitui o analista capacitado, bem como é necessário avaliar as lógicas disponíveis para agrupamento espacial de dados. Existe um relativo consenso de que os procedimentos usuais de classificação não são capazes de refletir as nuances existentes na realidade, tanto do ponto de vista dos sistemas naturais, como das formações socioeconômicas”.

Neste trabalho, tem-se também semelhante entendimento quanto a importância relativa do Geoprocessamento, em especial dos SIGs e do sensoriamento remoto. O primeiro constitui um ferramental capaz de viabilizar, agilizar e oferecer maiores oportunidades quanto ao armazenamento, manipulação, transformação, análise e exibição de dados e informações terrestres. O segundo é de grande importância no acompanhamento da dinâmica de uso das terras, uma vez que se faz necessário dispor de uma fonte de dados com agilidade temporal, de modo a acompanhar as mudanças impostas pela ocupação agrícola. Nesse particular, as imagens de satélite são de grande utilidade, pois ao mesmo tempo reúnem aspectos de temporalidade, a resposta espectral dos objetos e sua espacialidade.

As técnicas de sensoriamento remoto têm sido muito utilizadas no mapeamento de uso das terras. Essas técnicas, de maneira resumida, são subdivididas em 3 fases, a saber: *a)* o pré-processamento que compreende a preparação de imagens aplicando correções tais como geométricas e radiométricas; *b)* realce que permite a manipulação de contrastes; e *c)* classificações das imagens, as quais podem ser supervisionadas e não supervisionada (CHUVIECO, 1990; CRÓSTA, 1992; NOVO, 1989).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. Área de estudo

a) Localização

A área de estudo corresponde à quadrícula de Ribeirão Preto, localizada na região nordeste do Estado de São Paulo, com uma extensão de aproximadamente 276.451,0 ha; está circunscrita às seguintes coordenadas geográficas: 21° 00' a 21° 30' de latitude Sul; e 47° 30' a 48° 00' de longitude Oeste (Figura 2).

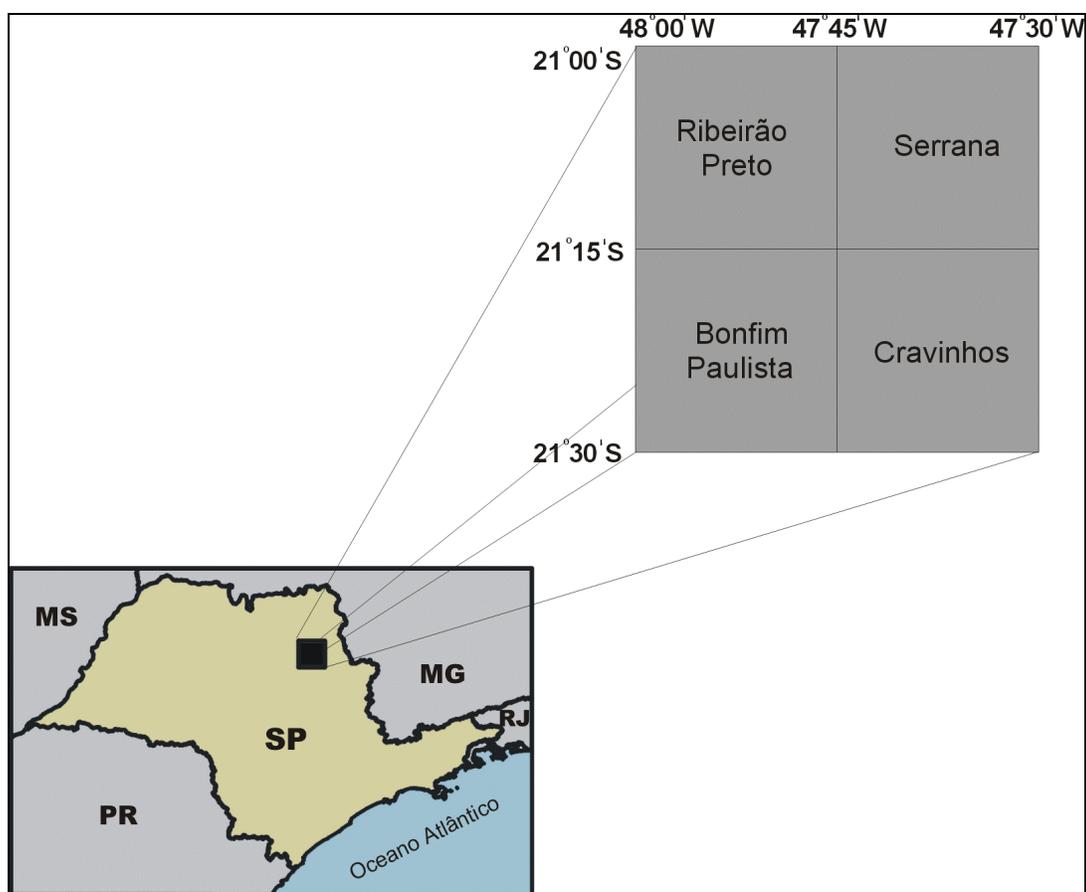


Figura 2 – Localização da área de estudo (quadrícula de Ribeirão Preto – SP).

A quadrícula de Ribeirão Preto, coberta por quatro folhas topográficas na escala 1: 50.000 (Ribeirão Preto, Serrana, Bonfim Paulista e Cravinhos), abrange 17 municípios, sendo que apenas 3 estão com suas áreas totalmente incluídas na quadrícula: Ribeirão Preto

Serrana e Cravinhos. Os demais, encontram-se com percentuais que variam de 2% a 90%, conforme Tabela 1 e Figura 3.

Tabela 1 - Municípios e suas respectivas áreas na quadrícula de Ribeirão Preto – SP.

Municípios*	Área pertencente à quadrícula	
	%	ha
- Ribeirão Preto	100,0	65.000
- Serrana	100,0	12.500
- Cravinhos	100,0	31.100
- Serra Azul	90,0	25.400
- Brodósqui	79,0	22.100
- Dumont	72,0	7.900
- Sertãozinho	55,0	22.100
- São Simão	52,0	32.100
- Guataporá	48,0	19.800
- Jardinópolis	42,0	21.100
- Luis Antônio	26,0	15.500
- Altinópolis	6,0	14.800
- Santa Cruz da Esperança	6,0	800
- Pontal	6,0	2.100
- Batatais	4,0	3.400
- Barrinha	3,0	400
- Pradópolis	2,0	300
Total		296.400

* Municípios em ordem decrescente, quanto aos seus respectivos percentuais de área na quadrícula.

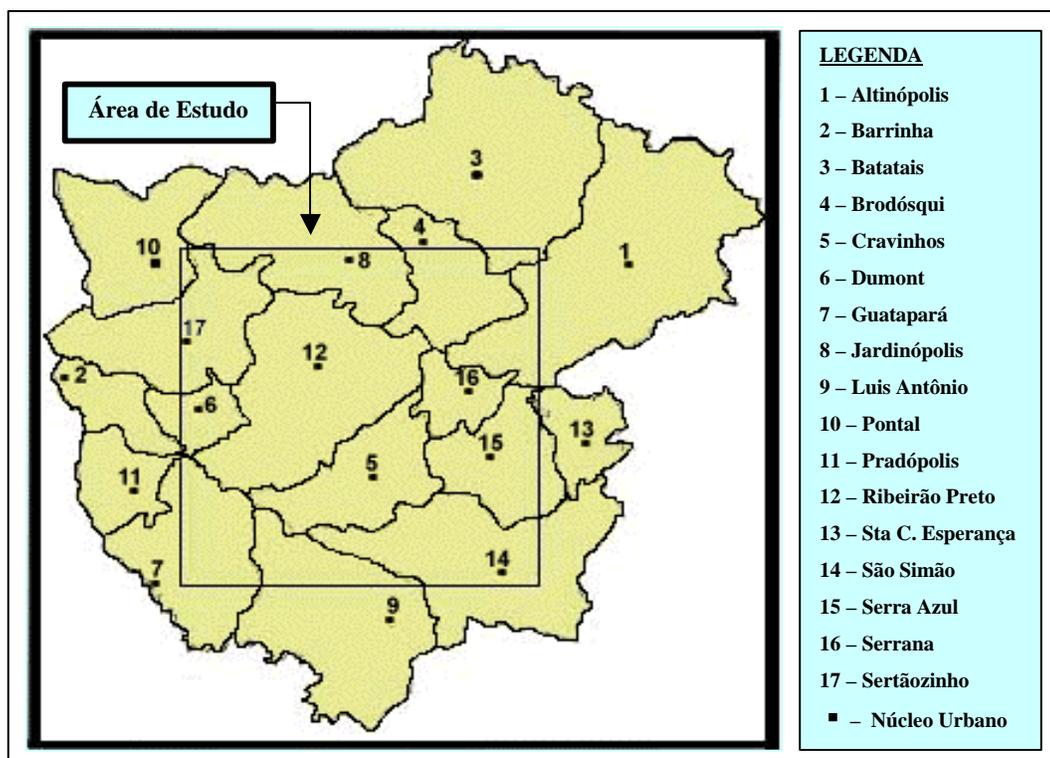


Figura 3 - Municípios que compõem a área de estudo (quadrícula de Ribeirão Preto - SP).

Fonte: FIBGE, 1997.

b) Caracterização do meio físico

b.1. Solos

A quadrícula de Ribeirão Preto, de acordo com o levantamento semidetalhado realizado por OLIVEIRA e PRADO (1987), possui uma considerável diversidade pedológica. Dentre as 14 classes de solos que compõem o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, no primeiro nível categórico, mais da metade – 8 classes – foi encontrada na área de estudo (Tabela 2 e Figura 4).

A classe dos Latossolos Vermelhos foi a mais comum e representa 67,80% da área total da quadrícula. Quanto à fertilidade, é importante destacar que apenas cerca de 10% são solos eutroféricos, enquanto que aproximadamente 31% e 26,7% são distroféricos e acriféricos, respectivamente. São solos profundos, com elevados teores de óxido ferro totais ($\text{Fe}_2\text{O}_3 > 18\%$) e forte atração pelo imã.

Tabela 2 - Classes de solos, ao nível de grande grupo categórico, com suas áreas e respectivas porcentagens na quadrícula de Ribeirão Preto (OLIVEIRA e PRADO, 1987).

Classes de Solos Classificação atualizada (EMBRAPA, 1999)	Área	
	hectare	%
Latossolos Vermelhos eutroféricos, distroféricos e acriféricos (LV)	181.897,5	67,80
Latossolos Vermelho-Amarelos álicos e distróficos (LVA)	14.240,5	5,26
Latossolos Amarelos distróficos e álicos (LA)	11.432,5	4,21
Nitossolos Vermelhos eutroféricos e distroféricos (NV)	5.152,0	1,90
Chernossolos Argilúvicos férricos (MT)	252,5	0,09
Neossolos Quartzarênicos órticos (RQ)	19.661,0	7,26
Cambissolos Háplicos distróficos (CX)	1.828,3	0,67
Neossolos Litólicos eutróficos e distróficos (RL)	15.223,0	5,61
Gleissolos Melânicos e Háplicos (GM e GX) distróficos com ou sem Organossolos Háplicos sápricos (OX)	10.651,9	3,93
Tipos de Terreno	730,5	0,27
Outras áreas	10.100	3,00
Área Total	271.169,7	100,00

Os Latossolos Vermelho-Amarelos ocorrem em 5,26% da quadrícula. São solos com elevada profundidade efetiva, álicos e distróficos, e apresentam teores de óxido de ferro variando de 8% a 18%, quando de textura argilosa. Dado o menor teor de óxidos de ferro, revelam pequena atração magnética.

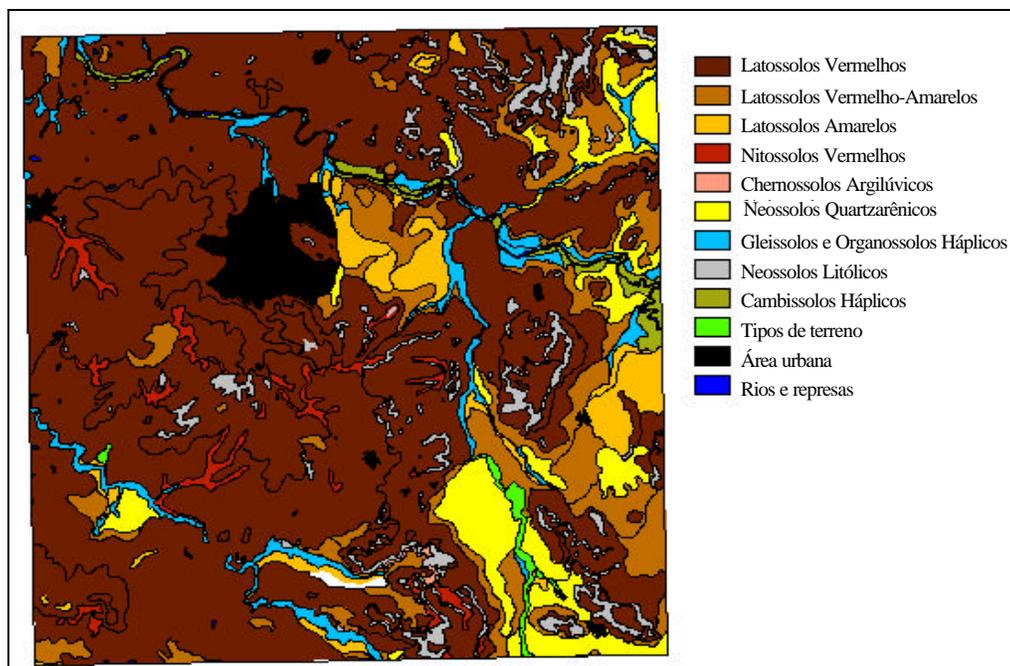


Figura 4 - Distribuição espacial das classes de solos, ao nível categórico de subordens, da quadrícula de Ribeirão Preto-SP (OLIVEIRA e PRADO, 1987; EMBRAPA-CNPS, 1999).

A classe dos Latossolos Amarelos ocupa 4,21% da área mapeada e apresenta baixos teores de óxido de ferro (inferior a 9% para solos de textura argilosa). São solos profundos, com textura média predominante e, apesar das boas características morfológicas, apresentam baixa a muito baixa fertilidade natural, além de limitada capacidade de retenção de água.

Os Nitossolos Vermelhos correspondem espacialmente a 1,9% da área da quadrícula. São solos profundos, predominantemente eutroféricos e apresentam horizonte B textural. Apesar da textura argilosa ou muito argilosa, possuem elevada macroporosidade e, conseqüentemente, boa drenagem. São aptos às atividades agropecuárias, porém têm no relevo (ondulado e forte ondulado) sua maior restrição.

A classe dos Chernossolos Argilúvicos férricos tem a menor representação espacial na área de estudo, correspondendo a apenas 0,09% da mesma. Apesar disso, são solos de elevado potencial nutricional. Apresentam horizonte B textural, com argila de atividade alta e moderada profundidade efetiva. Ocorrem em relevo forte ondulado e ondulado.

Os Neossolos Quartzarênicos correspondem à segunda maior classe, em extensão, com 7,26% da quadrícula. São solos profundos, essencialmente álicos ou distróficos, com sérias limitações quanto à retenção de água e nutrientes, além de acentuada erodibilidade.

Os Cambissolos Háplicos representam espacialmente 0,67% da área estudada. São geneticamente pouco desenvolvidos, caracterizados pela presença de horizonte B incipiente (B câmbico). Possuem textura descontínua, dada a estratificação do material. As limitações mais importantes ao uso agrícola são: drenagem interna e/ou fertilidade e, ocasionalmente, riscos de inundação.

A classe dos Neossolos Litólicos é caracterizada por solos de pequena espessura, jovens, com horizonte A sobreposto diretamente à rocha (A, R) ou sobre um horizonte C pouco espesso (A, C, R). Espacialmente, representam 5,61% da quadrícula. São predominantemente eutróficos, com grande reserva de nutrientes, porém a reduzida profundidade efetiva, associada ao relevo movimentado e à presença de pedras e/ou rochas, geralmente impedem seu uso com culturas agrícolas.

Os Gleissolos Melânicos e Háplicos encontram-se associados, ou não, aos Organossolos Háplicos. Representam 3,93% da área estudada. Tratam-se de solos hidromórficos, situados geralmente em planícies aluvionais, muito mal drenados.

b.2. Relevo e geologia

O relevo da área é bastante diversificado. Em grande parte da área ele é ondulado e suave ondulado, constituído por colinas amplas e médias, cujas rampas podem ultrapassar 3.000 m. Nessas áreas a declividade varia de 3% a 10%. Compondo essa paisagem, é comum a ocorrência de pequenos testemunhos tabuliformes, isolados, que se destacam pela cobertura de matas ou pastagem, contrastando com a intensa ocupação agrícola dos solos circunvizinhos. As áreas mais dissecadas, com relevo forte ondulado e escarpado, situam-se a nordeste e sudeste da quadrícula. Em termos geológicos, a área acha-se representada por quatro unidades litoestratigráficas: Grupo São Bento, que representa cerca de 85% da área da quadrícula; Sedimentos Aluvionais; Sedimentos Continentais Indiferenciados; e Grupo Bauru (IPT, 1995; OLIVEIRA e PRADO, 1987).

b.3. Vegetação, clima e hidrografia

O panorama atual da cobertura vegetal na quadrícula encontra-se muito diferente daquele que era proporcionado pela vegetação primitiva, representada por grandes extensões de floresta tropical subperenifólia, cerrado e cerradão, em solos de terra firme, de textura

variando de argilosa a arenosa. As matas ciliares e campos higrófilos completavam a fitofisionomia, ocupando as margens de rios e córregos em áreas inundáveis, mal drenadas.

Entretanto, dada a intensa dinâmica de uso das terras, ocorreu uma profunda substituição da vegetação primária, resultando em um novo cenário, dominado por extensas plantações de cana-de-açúcar, seguidas pelas culturas de café, citros e culturas anuais (milho, feijão, soja...), além de pastagens e reflorestamentos (eucaliptos e pinus). Atualmente, portanto, restam apenas alguns fragmentos remanescentes da vegetação primitiva, representados por cerrados, cerradões e campos higrófilos (OLIVEIRA e PRADO, 1987).

Quanto ao clima, a quadrícula insere-se no domínio tropical, enquadrando-se, de acordo com a classificação de Köppen, nos tipos Aw e Cwb. O primeiro tipo abrange as partes de menor altitude (500m a 700m), que corresponde à maior parte da área estudada. Apresenta verão chuvoso e inverno seco, com temperatura média do mês mais frio superior a 18° C. O segundo tipo, Cwb, representa as partes mais elevadas da paisagem regional (áreas serranas), caracterizando um clima temperado com verão chuvoso e inverno seco. A temperatura do mês mais quente é inferior a 22° C. A hidrografia da área está representada por uma vasta rede composta de rios, córregos, açudes ou represas e lagos. Os rios e córregos de maior importância espacial, são: rios Pardo, Tamanduá, Onça e Pântano, além dos córregos Guataparazinho, Serra Azul e Espreado (OLIVEIRA e PRADO, 1987).

b.4. Uso das terras e sistemas de manejo

Dentre os 17 municípios que integram a área de estudo, 5 não foram aqui considerados, por apresentarem extensões desprezíveis na quadrícula (superfícies variando de 6% a 2%). Para efeito de análise global, os 12 municípios restantes foram considerados como se estivessem com 100% de suas áreas na quadrícula.

O uso das terras na quadrícula foi dividido em: uso agrícola, que está caracterizado pelas lavouras perenes (café, citros, banana, abacate, manga e abacaxi); semi-perenes (cana-de-açúcar); e anuais (milho, feijão, arroz, soja, amendoim, algodão, e batata-inglesa); uso silvipastoril, representado pelas atividades de reflorestamento e pastagem; além de vegetação natural. No anexo 2 encontram-se as ilustrações referentes às principais atividades desenvolvidas na área, considerando-se também os níveis de manejo B e C.

Numa visão sinótica, com base em dados do Levantamento Censitário de Unidades de Produção Agropecuária – LUPA (SAA/IEA/CATI, 1995/1996), verificou-se que:

Uso agrícola : as terras ocupadas com lavoura semi-perene, em comparação com as lavouras perenes e anuais, são muito maiores em todos os 12 municípios, denotando que a cultura da cana-de-açúcar assume elevada importância socioeconômica para a região. A cultura semi-perene ocupa a maior área, com 232.470 ha (cerca de 86% da área total da quadrícula). Os municípios de Altinópolis, com 34.470 ha, Ribeirão Preto e Sertãozinho, com áreas de 34.087 ha e 31.462 ha, respectivamente, foram os mais expressivos (Tabela 3 e Figura 5). As lavouras perenes, ocupando uma área de 15.503 ha, na soma total dos municípios, representam a menor área de uso na quadrícula. Altinópolis, com 7.184 ha, e Luís Antônio, com 2.791 ha, apresentaram maiores áreas ocupadas com esse tipo de uso. Quanto às lavouras anuais, com área total na quadrícula de 15.827 ha, tiveram as maiores extensões ocupadas nos municípios de Jardinópolis, com 4.887 ha, e de Ribeirão Preto, com 2.330 ha.

Tabela 3 - Uso das terras na quadrícula de Ribeirão Preto – SP.

Municípios	Uso agrícola das terras			Uso silvipastoril		Vegetação natural (ha)
	Lavoura perene (ha)	Lavoura semi-perene (ha)	Lavoura Anual (ha)	Pastagem (ha)	Reflorestamento (ha)	
Altinópolis	7.184	16.601	4.887	25.809	15.911	12.111
Brodósqui	795	12.076	2.015	9.974	234	1.635
Cravinhos	1.437	20.058	1.639	4.323	90	825
Dumont	60	9.261	23	208	36	75
Guatapar	302	27.858	1.218	4.638	3.954	4.553
Jardinópolis	1.079	34.470	1.244	5.792	160	2.342
Luis Antnio	2.791	6.292	495	5.312	5.417	13.945
Ribeirão Preto	975	34.087	2.330	5.538	326	1.189
São Simão	494	18.936	1.110	11.394	12.126	8.347
Serra Azul	298	14.048	200	4.890	1.575	2.639
Serrana	54	7.321	280	747	18	135
Sertãozinho	34	31.462	386	1.689	267	1.437
Total	15.503	232.470	15.827	80.314	40.114	49.233

Fonte: SAA/IEA/CATI (1995/1996).

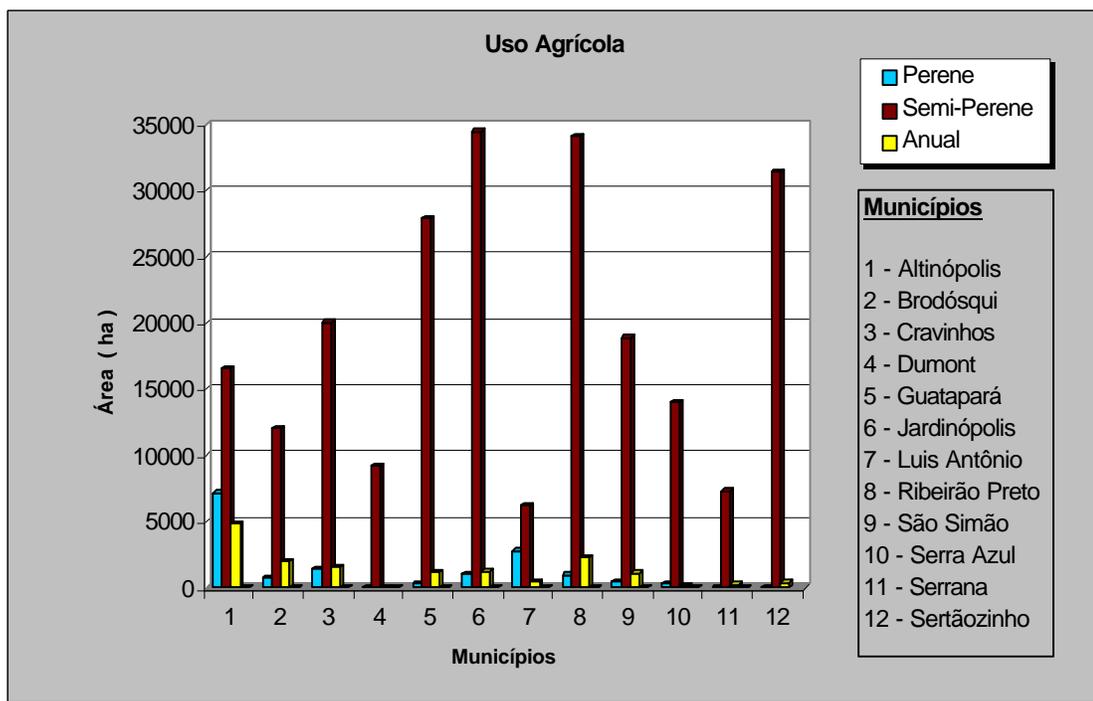


Figura 5 – Áreas com lavouras perene, semiperene e anuais, nos principais municípios da quadrícula de Ribeirão Preto – SP.

Uso silvipastoril : a área total ocupada com reflorestamento corresponde à 40.114 ha. Nesta atividade há nitidamente dois blocos de municípios, ou seja, um de maior relevância e outro de menor, praticamente sem expressão. No primeiro caso, estão: Altinópolis e São Simão, com áreas reflorestadas de 15.911 ha e 12.126 ha, respectivamente, seguidos por Luís Antônio, com 5.417 ha, Guataporá, com 3.954 ha, e Serra Azul, com 1575 há (Tabela 3). No segundo caso, encontram-se os demais municípios (Figura 6). A área ocupada com pastagens, mostrou-se como a segunda maior da quadrícula, em extensão, totalizando 80.314 ha. A maioria dos municípios apresenta extensões acima de 5 mil hectares, com esse uso; porém, os de maiores destaques foram: Altinópolis, com 25.809 há, São Simão, com 11.394 ha e Brodósqui, com 9.974 ha (Tabela 3 e Figura 6).

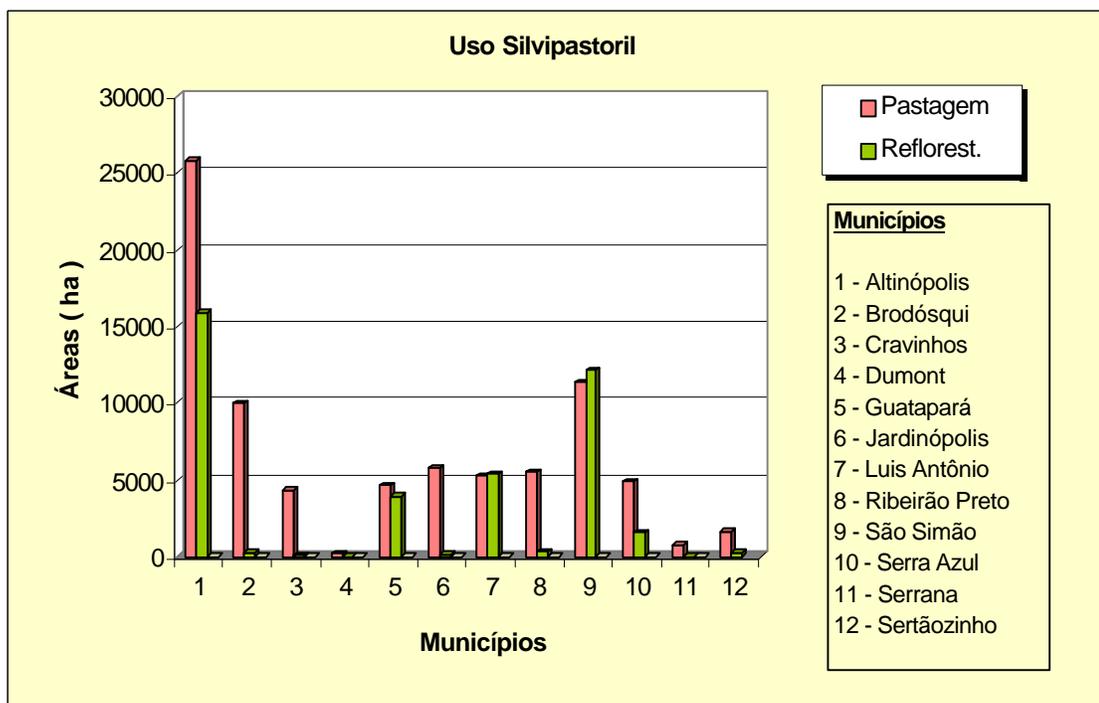


Figura 6 – Áreas com Pastagem e Silvicultura nos principais municípios da quadrícula de Ribeirão Preto – SP.

Vegetação natural : este tipo de vegetação abrange 49.233 ha (correspondente a cerca de 18% da área da quadrícula). Os municípios com maiores extensões de vegetação natural correspondem aos mais reflorestados. Os municípios com maiores áreas sob vegetação primária foram: Luís Antônio, com 13.945 ha; Altinópolis, com 12.111 ha; e São Simão, com 8.324 ha. Deve-se destacar também que os Municípios de Dumont e Serrana, opostamente aos demais, apresentaram-se quase que totalmente desprovidos de cobertura vegetal natural, possuindo apenas 75 ha e 135 ha, respectivamente, segundo dados de 1996 (Tabela 3).

Quanto às práticas de uso e manejo, verifica-se que a grande maioria das unidades de produção agrícola (UPAs) de cada município da área de estudo utiliza-se de análises de solos e de calagem. Os municípios com menor percentagem de UPAs realizando esses procedimentos técnicos foram Guatapar, Ribeirão Preto, São Simão e Brodosqui, cujos percentuais de UPAs variaram na faixa de 40% a 60%. Já nos demais municípios, os percentuais estiveram quase sempre em torno de 80%, atingindo até 97%, em Dumont (Figura 7).

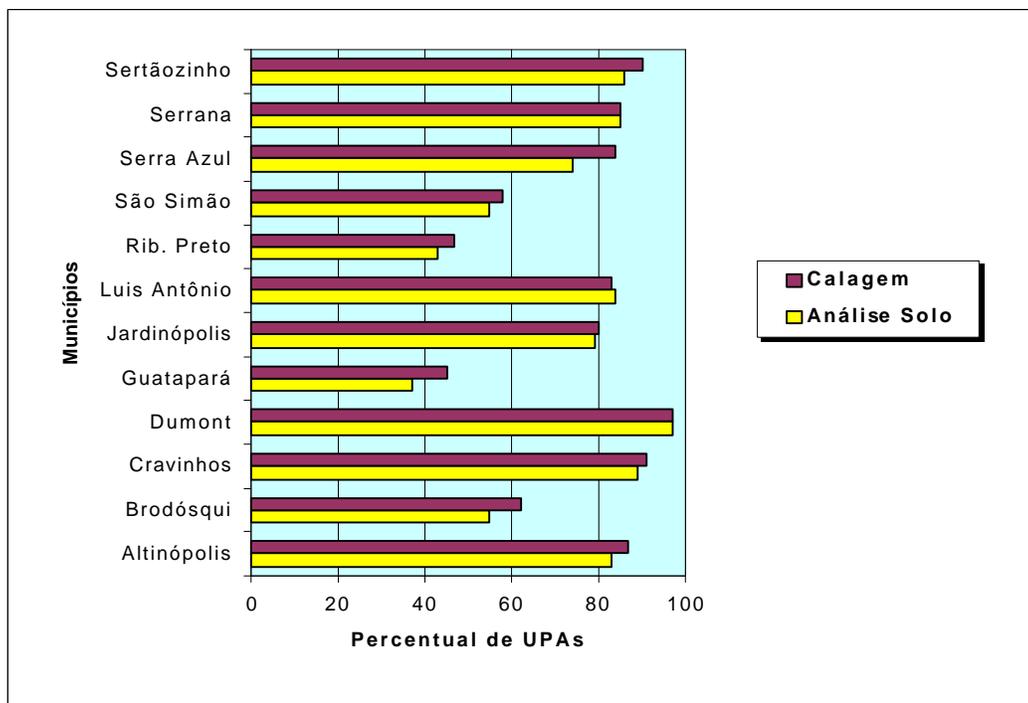


Figura 7 – Práticas de manejo (calagem e análise de solo) nas UPAs dos principais municípios da quadrícula de Ribeirão Preto – SP.

As práticas de conservao do solo (mecânicas = terraceamento; vegetativas = plantio em faixa e manejo de mato, nas culturas perenes) têm sido muito adotadas, visto que 80% a 90% de UPAs da maioria dos municípios realizam essas práticas. Dentre os municípios com menores percentuais de UPAs que adotam esse procedimento, visando  conservao do solo, estão Ribeirão Preto e São Simão, com apenas 54% e 59%, respectivamente (Figura 8).

A variao relacionada  utilizao de análise de solos, calagem e práticas de conservao, tanto entre municípios quanto nas próprias UPAs, dentro de cada município, mostra que sistemas de manejo e tecnologia distintos coexistem numa mesma comunidade, município ou região.

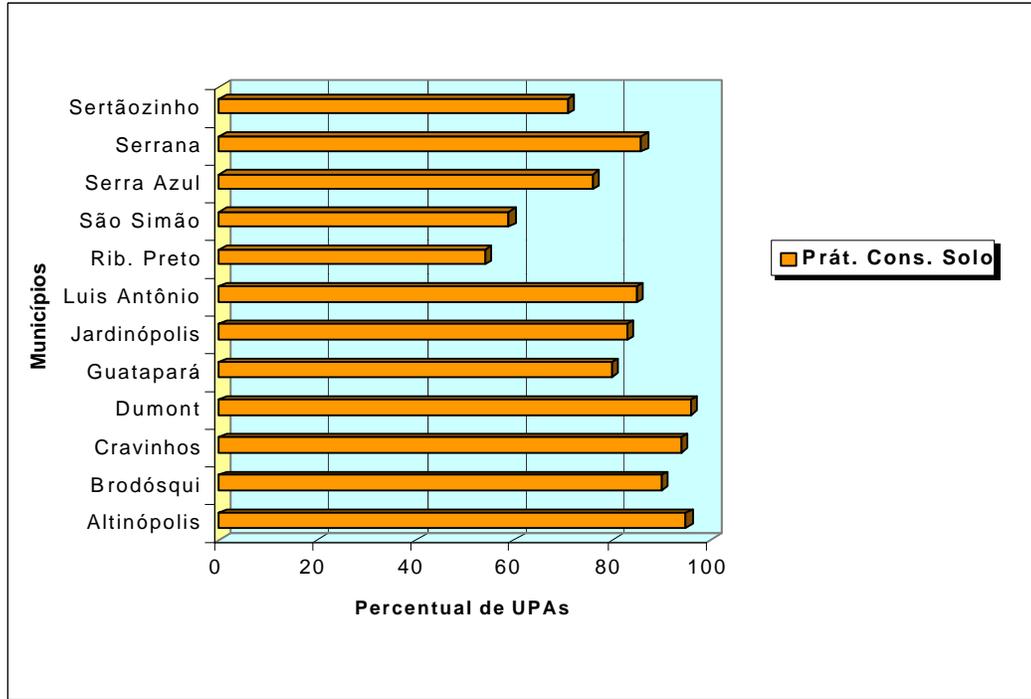


Figura 8 – Práticas de conservação do solo nas UPAs dos principais municípios da quadrícula de Ribeirão Preto - SP

b.5. Unidades de Conservação Ambiental

Com base no Atlas das Unidades de Conservação Ambiental, verificou-se que a quadrícula de Ribeirão Preto conta com 3 Estações Ecológicas e uma Reserva Biológica (SEMA, 2000):

Unidade de Proteção Integral

Estação Ecológica Estadual

- **Estação Ecológica de Jataí** (“Conde Augusto Ribeiro do Valle”)
 - Criação: Decreto Estadual nº 18.997 de 15 de junho de 1982.
 - Localização: Município de Luís Antônio.
 - Área: 4.532,18 ha.
 - Objetivo: proteção de amostras representativas da vegetação de cerrado, floresta de galeria ou ciliares, ao longo do Rio Moji-Guaçu; e um conjunto de 15 lagoas, vitais à reprodução de peixes.
 - Obs: integra a Estação Experimental de Luis Antônio.
- **Estação Ecológica de Ribeirão Preto** (“Mata de Santa Teresa”)
 - Criação: Decreto Estadual nº 22.691 de 13 de setembro de 1984.

- Localização: Município de Ribeirão Preto.
- Área: 154,16 ha.
- Objetivo: proteger um dos últimos remanescentes florestais do território paulista sobre solo de Terra Roxa Estruturada (atualmente Nitossolo Vermelho).
- Obs: apesar da pequena extensão, possui importante função em termos paisagísticos, culturais, científico e educacional, além do valor como banco genético.

• **Estação Ecológica de Santa Maria**

- Criação: Decreto Estadual nº 23.792 de 13 de agosto de 1985.
- Localização: Município de São Simão.
- Área: 113,05 ha (78,42 ha faz divisa com a Estação Experimental de São Simão)
- Objetivo: não especificado.
- Obs: acesso somente para professores e pesquisadores, com autorização do órgão responsável.

Reserva Biológica Estadual

• **Reserva Biológica de Sertãozinho**

- Criação: Lei Estadual nº 4.557 de 17 de abril de 1985.
- Localização: Município de Sertãozinho.
- Área: 720 ha.
- Objetivo: preservar a fauna e flora locais.

3.1.2. Materiais utilizados

Os materiais utilizados referem-se à documentação cartográfica e aos produtos de sensoriamento remoto, ou seja:

- Cartas Planialtimétricas do IBGE, na escala 1:50.000. Folhas utilizadas: Ribeirão Preto, Serrana, Bonfim Paulista e Cravinhos (Datum Horizontal: Córrego Alegre; Projeção Universal Transversa de Mercator - Zona – 23 S).
- Imagem de satélite LANDSAT/TM, Órbita/Pontos – 220/74 e 220/75, datada de julho de 1997.

3.1.3. Dados pedológicos

- Levantamento Pedológico Semidetalhado da quadrícula de Ribeirão Preto – SP (mapa de solos na escala 1:100.000, juntamente com o respectivo memorial descritivo), realizado por OLIVEIRA e PRADO (1987).

Como o referido levantamento ocorreu em data anterior à adoção oficial do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, procedeu-se a atualização de nomenclaturas e simbologias das classes de solos, de acordo com o preconizado por EMBRAPA-CNPS (1999), conforme o Anexo 3.

3.1.4. Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos para a área de estudo referem-se à série histórica normal (média de 30 anos) do período 1962 a 1992, oriunda da base de dados do Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE. A listagem dos postos pluviométricos, com suas respectivas identificações, encontra-se no Tabela 4.

Dados de temperatura média do ar (°C) e chuva (mm) médios normais foram utilizados para a estimativa de disponibilidade hídrica do solo, segundo o modelo proposto por THORNTHWAITE e MATHER (1955). Segundo PEREIRA et al. (1997), esse balanço hídrico permite monitorar o armazenamento de água no solo, partindo-se do seu suprimento natural, simbolizado pelas chuvas (P) da demanda atmosférica, pela evapotranspiração potencial (EP) e pela capacidade de água disponível (CAD). O balanço fornece estimativas da evapotranspiração real (ER), deficiência hídrica (DEF), excedente hídrico (EXC) e armazenamento de água no solo (ARM).

Para o cálculo do balanço hídrico climatológico utilizou-se o programa para microcomputador (DOURADO NETO e VAN LIER, 1991), o qual requer informações das coordenadas geográficas do local e dados de precipitação pluvial e temperatura média do ar. Adotou-se 100 mm como capacidade de água disponível (CAD) no solo.

A elaboração do balanço hídrico visou a obtenção do comportamento da deficiência hídrica na região. Para uma idéia mais adequada, calculou-se o índice de aridez ($I_a = 100x \text{ def/EP}$), uma vez que ele relaciona a deficiência hídrica com a evapotranspiração potencial do período.

Tabela 4 - Postos Pluviométricos utilizados na quadrícula de Ribeirão Preto – SP.

N °	Postos Pluviométricos (Município)	Prefixo	Alt. (m)	Lat. (S)	Long. (W)
1	Altinópolis	B4-005	720	20°50'	47°18'
2	Araraquara	C5-016	440	21°51'	48°30'
3	Bebedouro	B5-024	540	20°49'	48°29'
4	Casa Branca	C4-072	720	21°47'	47°04'
5	Cravinhos	C4-032	700	21°22'	47°43'
6	Descalvado	C4-071	780	21°58'	47°42'
7	Jaboticabal	C5-096	490	21°11'	48°11'
8	Matão	C5-074	560	21°36'	48°21'
9	Mococa	C4-IAC01	665	21°28'	47°01'
10	Monte Alto	C5-070	720	21°16'	48°30'
11	Orlandia	B4-015	680	20°44'	47°53'
12	Ribeirão Preto	C4-IAC02	621	21°11'	47°48'
13	São Joaquim da Barra	B4-018	590	20°31'	47°58'
14	Santa Rita do Passa Quatro	C4-041	700	21°43'	47°30'
15	São Carlos	D4-015	820	22°01'	47°54'
16	São Simão	C4-052	580	21°22'	47°26'

Alt. = Altitude; Lat. = Latitude; Long. = Longitude.

Fonte: DAEE.

3.1.5. Equipamentos e softwares

- Softwares utilizados:
 - SURFER, versão 6.0;
 - AutoCAD, versão 12.0;
 - IDRISI, versões 2.0;
 - EXCELL – 97;
 - Programa computacional para ajustes de equações em dados experimentais, conforme ZULLO e ARRUDA (1986);
 - Aplicativo DXFCON (conversor do formato altimetria – DXF para texto – XYZ), de acordo com SANTOS (1998);

- Programa computacional para elaboração de Balanço hídrico – BHCLIMA, versão 1.0 (DOURADO NETO e VAN LIER, 1991).

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Equação Universal de Perda de Solo – EUPS

Para a classificação da sensibilidade ambiental foi utilizada a Equação Universal de Perda de Solo – EUPS, proposta por WISCHMEIER e SMITH (1978) e modificada por BERTONI e LOMBARDI NETO (1990).

A EUPS ($A = R.K.L.S.C.P$ ∴ A = Perda de solo, em t/ha) é a combinação de seis fatores condicionantes da erosão, sendo 4 de ordem natural e 2 antrópica (Figura 9), conforme detalhes a seguir.

3.2.1.1. Fatores naturais

Os fatores naturais, são também conhecidos como Potencial Natural de Erosão (PNE), estão representados por:

$$\mathbf{PNE = R. K. L. S} \quad (2)$$

Onde:

R = fator erosividade (MJ.mm / ha.h)

K = fator erodibilidade (Mg.h / MJ.mm)

L = fator comprimento do declive

S = fator grau do declive

a) Fator erosividade (fator R)

Os valores de erosividade foram obtidos do trabalho de LOMBARDI NETO et al., (2000), conforme o plano amostral (Figura 10) e tabela de localização dos referidos pontos (Tabela 5).

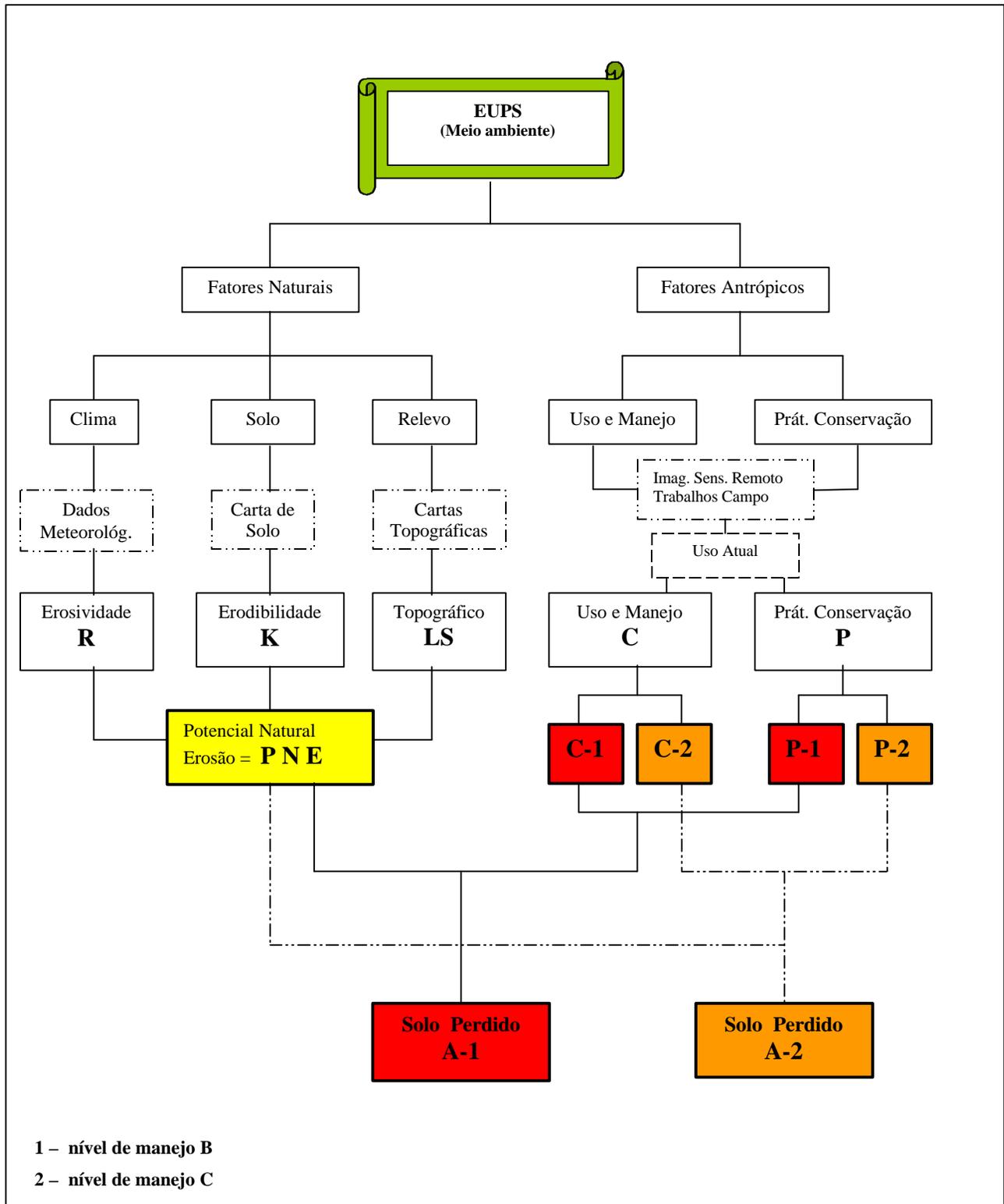


Figura 9 - Ilustrograma do Processo Erosivo – EUPS.

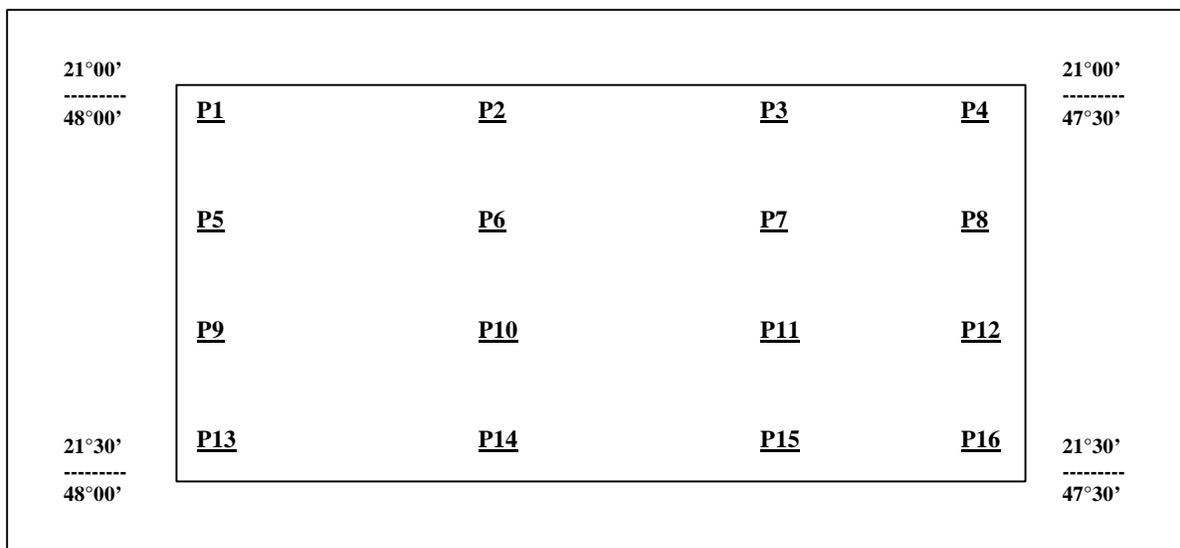


Figura 10 – Plano amostral dos pontos de erosividade, na quadrícula de Ribeirão Preto, obtidos do trabalho de LOMBARDI NETO, et al. (2000).

Tabela 5 – Pontos da quadrícula de Ribeirão Preto e seus respectivos valores de erosividade.

Pontos	Lat (S)	Long (W)	Lat (S)	Long (W)	UTM		Erosividade (Fator R)
					X	Y	
P1	21° 00'	48° 00'	-21.000000	-48.000000	188106	7.674.924	7501
P2	21° 00'	47° 50'	-21.000000	-47.833333	205445	7.675.240	7617
P3	21° 00'	47° 40'	-21.000000	-47.666666	222781	7.675.539	7772
P4	21° 00'	47° 30'	-21.000000	-47.500000	240116	7.675.819	7678
P5	21° 10'	48° 00'	-21.166666	-48.000000	188455	7.656.459	7451
P6	21° 10'	47° 50'	-21.166666	-47.833333	205773	7.656.778	7764
P7	21° 10'	47° 40'	-21.166666	-47.666666	223090	7.657.078	7579
P8	21° 10'	47° 30'	-21.166666	-47.500000	240406	7.657.360	7555
P9	21° 20'	48° 00'	-21.333333	-48.000000	188805	7.637.995	7379
P10	21° 20'	47° 50'	-21.333333	-47.833333	206105	7.638.315	7420
P11	21° 20'	47° 40'	-21.333333	-47.666666	223402	7.638.617	7313
P12	21° 20'	47° 30'	-21.333333	-47.500000	240698	7.638.901	7502
P13	21° 30'	48° 00'	-21.500000	-48.000000	189159	7.619.529	7301
P14	21° 30'	47° 50'	-21.500000	-47.833333	206438	7.619.852	7345
P15	21° 30'	47° 40'	-21.500000	-47.666666	223716	7.620.156	7379
P16	21° 30'	47° 30'	-21.500000	-47.500000	240992	7.620.442	7473

b) Fator erodibilidade (fator K) e tolerância de perda de solo (T)

A erodibilidade reflete a suscetibilidade do solo à erosão, sendo, portanto, um dado obtido a partir das características pedológicas. Para a quadrícula, estes valores foram calculados por BERTONI e LOMBARDI NETO (1990), conforme os valores na Tabela 6.

A tolerância, que significa a intensidade máxima de erosão que um solo pode sofrer, mantendo-se ainda com elevado nível de produtividade, econômica e indefinidamente, também é um dado obtido a partir das características do solo. Para a área de estudo, foram considerados os valores calculados a partir de diferentes métodos ajustados às condições tropicais (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990), conforme Tabela 6.

c) Fator topográfico (Fator LS)

O fator topográfico reúne os fatores comprimento e o grau do declive, sendo calculado pela equação desenvolvida por BERTONI e LOMBARDI NETO (1990):

$$L S = 0,00984 * L^{0,63} * S^{1,18} \quad (3)$$

Onde:

L = comprimento do declive (m)

S = grau do declive (%)

Os valores de L e S são atribuídos a cada pixel por cálculos realizados pelo programa computacional IDRISI, conforme a metodologia de VALERIANO (1999).

Tabela 6 - Erodibilidade e tolerância dos solos da quadrícula de Ribeirão Preto - SP.

Classificação atualizada - EMBRAPA-CNPS (1999)	Erodibilidade (Mg.ha / MJ.mm)	Tolerância (Mg/ha /ano)
Latossolo Vermelho eutroférico típico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado.	0,0098	13,0
Latossolo Vermelho distroférico típico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado.	0,0128	13,0
Latossolo Vermelho distroférico típico, textura argilosa, A moderado.	0,0128	13,0
Latossolo Vermelho acriférico típico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado.	0,0157	13,0
Latossolo Vermelho acriférico típico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado, ou Latossolo Vermelho distroférico típico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado.	0,0211	13,0
Latossolo Vermelho eutroférico câmbico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado, Latossolo Vermelho distroférico câmbico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado, ou Latossolo Vermelho acriférico câmbico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado.	0,0128	13,0
Latossolo Vermelho acriférico típico, textura argilosa, concrecionário, A moderado.	0,0273	13,0
Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, álico, textura média, A moderado.	0,0175	15,0
Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, álico, textura média, A moderado, ou Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, textura média, A moderado.	0,0175	15,0
Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, álico, textura argilosa, A moderado, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, textura argilosa, A moderado, ou Latossolo Vermelho-Amarelo ácrico típico, textura argilosa, A moderado.	0,0167	12,3
Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, álico, textura argilosa, A moderado, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, textura argilosa, A moderado, ou Latossolo Vermelho-Amarelo ácrico típico, textura argilosa, A moderado.	0,0167	12,3
Latossolo Amarelo distrófico típico, álico, textura média, A moderado.	0,0132	14,2
Latossolo Amarelo distrófico típico, álico, textura média, A moderado.	0,0132	14,2
Latossolo Amarelo distrófico típicos, álico, textura argilosa, A moderado.	0,0172	11,6
Latossolo Amarelo distrófico típico, álico, textura muito argilosa, A proeminente.	0,0246	12,6
Latossolo Amarelo distrófico típico, álico, textura argilosa, A moderado.	0,246	12,6
Nitossolo Vermelho eutroférico típico, textura argilosa ou muito argilosa A moderado, ou Nitossolo Vermelho distroférico típico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado.	0,0181	13,4
Chernossolo Argilúvico férrico típico, textura argilosa ou muito argilosa.	0,0258	12,7
Neossolo Quartzarênico órtico típico, A moderado.	0,0296	8,2
Associação de Gleissolo Melânico distrófico típico, textura arenosa até argilosa, A proeminente e Gleissolo Háplico distrófico típico, textura arenosa até argilosa, A moderado, com ou sem Organossolo Háplico sáprico típico.	0,0561	5,5
Associação de Gleissolo Háplico Ta distrófico típico, textura arenosa até argilosa, A moderado, e Gleissolo Melânico distrófico típico, textura arenosa até argilosa, A proeminente, com ou sem Organossolo Háplico sáprico típico.	0,0561	5,5
Organossolo Háplico sáprico típico.	0,0561	5,5
Neossolo Litólico eutrófico chernossólico, textura argilosa com ou sem cascalho, substrato basalto ou diabásio, A chernozêmico, ou Neossolo Litólicos distrófico típico, textura argilosa com ou sem cascalho, substrato basalto ou diabásio, A proeminente ou A moderado.	0,0442	6,7
Cambissolo Háplico distrófico, textura indiscriminada, A moderado ou A proeminente.	0,0350	6,7

Fonte: BERTONI e LOMBARDI NETO (1990).

3.2.1.2. Fatores antrópicos

A ação antrópica no uso das terras é representado pelos **fatores C e P**. O fator C expressa as diferentes combinações das práticas de manejo passíveis de aplicação a cada cultura, tais como os tipos de preparo do solo, a incorporação de resíduos, os diferentes tipos de cultivos e rotação de culturas. As condições biofísicas da cultura, isto é, densidade, índice foliar e cobertura do solo, também são considerados (VALERIANO, 1999). Para cada classe de uso da terra atribuiu-se um valor para o fator C, segundo BERTONI e LOMBARDI NETO (1995). Os valores de C, neste trabalho, foram considerados sob dois níveis de manejo (Níveis B e C, correspondentes ao semidesenvolvido e desenvolvido, respectivamente), resultando em C1 e C2, conforme relacionados na Tabela 7.

Quanto ao fator P, que refere-se às práticas conservacionistas, adotou-se semelhante critério do fator C, sendo considerado sob os dois níveis de manejo citados, resultando em P1 e P2 (Tabela 7).

Tabela 7 – Uso da terra e valores do Fator CP para dois níveis de manejo (níveis B e C) .

Uso da terra	Fator C		Fator P	
	Nível B (C1)	Nível C (C2)	Nível B (P1)	Nível C (P2)
1. Cana-de-açúcar	0.0756	0.0378	0,5	0,5
2. Solo exposto	1.0000	0.7000	0,5	0,5
3. Palha (restos culturas anuais)	0.2330	0.0932	0,5	0,5
4. Pasto limpo/cultura anual	0.0050	0.0010	1,0	0,5
5. Pasto sujo	0.0100	0,0100	1,0	1,0
6. Reflorestamento	0.0491	0.0147	1,0	0,5
7. Mata natural	0.0004	0.0004	1,0	1,0

Fonte: BERTONI e LOMBARDI NETO (1990).

Uso e manejo (sob os níveis de manejo B e C) :

1. Cana-de-açúcar: cana-de-açúcar de 18 meses, com plantio de adubo verde no período de novembro a janeiro, plantio da cana em fevereiro e com cinco cortes.

- **Nível B :** preparo de solo convencional (grade pesada e gradagem), análise de solo (calagem e adubação), plantio em nível.

- Nível C : sistemas conservacionistas de preparo do solo (preparo reduzido ou plantio direto), análise de solo (adubação e calagem), plantio em nível, terraceamento, manejo de restos culturais, sem práticas de queima. Redução de 50% do fator C, em relação ao nível de manejo B.
- 2. Solo exposto:** solo desprovido de culturas, possuindo ou não resíduos vegetais na superfície.
- Nível B: solo exposto, sem resíduos culturais na superfície (restos queimados ou incorporados), culturas anuais ou semiperene (cana-de-açúcar).
 - Nível C: solo com resíduos culturais semincorporados ou na superfície. Redução de 30% do fator C, em relação ao nível de manejo B.
- 3. Palha (restos culturais anuais):** resíduos culturais na superfície do solo. Fator C determinado pela média ponderada das culturas do milho (37%), soja (34%), amendoim (26%) e outras (3%), com preparo de solo em 15/08, plantio em 15/10 e colheita em 01.04.
- Nível B : preparo do solo convencional (arado de disco e gradagem), análise de solo (adubação e calagem), plantio em nível.
 - Nível C : sistemas conservacionistas de preparo de solo (preparo reduzido ou plantio direto), análise de solo (adubação e calagem), plantio em nível, terraceamento, manejo de restos culturais, sem prática de queimadas. Redução de 60% do fator C, em relação ao nível de manejo B.
- 4. Pasto limpo (culturas anuais) :** área coberta de gramínea e com poucos (ou nenhum) arbustos ou árvores.
- Nível B : aplicação de corretivos e fertilizantes, limpeza mecânica, dotação adequada de animais por unidade de área, controle de pragas e doenças.
 - Nível C : aplicação de corretivos e fertilizantes, limpeza mecânica, dotação adequada de animais por unidade de área, controle de pragas e doenças, rotação pasto com cultura, pastoreio rotacional. Redução de 80% do fator C, em relação ao nível de manejo B.

5. **Pasto sujo** : área onde a gramínea se mistura com muitos arbustos. Há um predomínio da vegetação herbácea, sendo a atividade mais freqüente a pecuária extensiva.
- Nível B : limpeza manual uma vez ao ano ou a cada dois anos.
6. **Reflorestamento** : recomposição da cobertura florestal de uma determinada área. Atividade realizada com objetivos econômicos (introdução de espécies de rápido crescimento e qualidade adequada) ou de recuperação de ecossistemas originais (adoção de espécies nativas ou exóticas).
- Nível B : aplicação de corretivos e fertilizantes, plantio em nível e preparo do solo mecanizado.
 - Nível C : aplicação de corretivos e fertilizantes, plantio em nível, sem preparo do solo (plantio em covas ou plantio mínimo). Corte dirigido. Redução do fator C em 70% em relação ao nível de manejo B.
7. **Mata** : ecossistema complexo, no qual as árvores são a forma vegetal predominante que protege o solo contra o impacto direto do sol, dos ventos e das precipitações.

3.2.2. Índice de fragilidade ambiental (IF)

A partir dos conceitos de fragilidade ambiental e sustentabilidade (“item 2.1.1”), fez-se uma adaptação do risco de erosão, comumente utilizado nos trabalhos envolvendo a EUPS, de maneira a transformá-lo num “Índice de fragilidade”.

O Índice de fragilidade foi obtido pela superposição (divisão) dos mapas de perda de solo (A) e o mapa de tolerância à perda de solo (T), conforme equação a seguir:

$$\mathbf{IF = A / T} \quad (4)$$

Onde:

IF = Índice de fragilidade

A = Perda de solo (Mg.ha⁻¹)

T = Tolerância à perda de solo (Mg.ha⁻¹)

3.2.3. Classificação da sensibilidade ambiental

Com base nos resultados do Índice de fragilidade (IF) e considerando o grau de tolerância dos solos do Estado de São Paulo, foram estabelecidas 5 classes de sensibilidade ambiental:

- Muito Estável IF < 1 vez a tolerância de perda de solo
- Estável IF = 1 a 2 vezes a tolerância de perda de solo
- Moderadamente Estável IF = 2 a 5 vezes a tolerância de perda de solo
- Frágil IF = 5 a 10 vezes a tolerância de perda de solo
- Muito Frágil IF > 10 vezes a tolerância de perda de solo

Os valores do “IF”, além de pre-estabelecerem as classes de sensibilidade ambiental, possibilitam uma caracterização sobre: limitação ao uso, condições de solo e relevo, bem como de riscos ambientais para cada classe identificada no mapa. Pode-se, também, servir como instrumento de subsídios ao planejamento agroambiental sustentável e gestão ambiental (Tabela 8).

Tabela 8 – Classes de sensibilidade ambiental da quadrícula de Ribeirão Preto - SP

IF	Classe de Sensibilidade Ambiental	Grau Lim. Uso	Riscos ambientais	Cores no mapa
<1	Muito estável	0: Nulo	Muito baixo	Verde escuro
1 a 2	Estável	1: Ligeiro	Baixo	Verde claro
2 a 5	Mod. estável	2: Moderado	Médio	Amarela
5 a 10	Frágil	3: Forte	Alto	Alaranjada
>10	Muito frágil	4: Muito Forte	Muito alto	Vermelha

3.2.4. Uso das Terras

Para a classificação do uso da terra foram utilizadas imagens de satélite LANDSAT/TM, correspondente à Órbita/Pontos – 220/74 e 220/75, datada de julho de 1997.

A partir de conhecimentos sobre resposta espectral de alvos terrestres, complementados por princípios de fotointerpretação (textura, drenagem, relevo) e dados do LUPA, realizou-se uma interpretação preliminar das imagens, procurando-se identificar áreas com padrões semelhantes quanto aos aspectos de uso e cobertura do solo. Nesta análise, utilizou-se a composição colorida 4R 5G 3B, que apresentou melhor desempenho em termos de possibilitar a discriminação das categorias de uso da terra.

Com base nos padrões levantados fez-se os trabalhos de campo que, dado o tamanho da área e a escala básica do trabalho (1:100.000), optou-se pela seleção prévia de pontos onde foram estabelecidos correlações entre os padrões de imagem e os principais tipos de uso da terra.

Para a classificação final das imagens, foi estabelecida uma legenda com as categorias de uso, o que possibilitou a seleção de áreas de treinamento para a realização da classificação supervisionada, utilizando-se o método da máxima verossimilhança (MaxVer). Este método é de uso bastante comum na análise de imagens de sensoriamento remoto e as áreas de treinamento representam subamostras de cada categoria de uso considerada (CRÓSTA, 1993; CHUVIECO, 1990).

A classificação de uso das terras resultou em sete categorias: cana-de-açúcar, solo exposto, solo com palha, pasto/culturas anuais, pasto sujo, reflorestamento e mata. Duas outras classes complementam a área total: área urbana e corpos d'água.

3.2.5. Aptidão agrícola das terras

Na avaliação da aptidão agrícola das terras, foi adotada uma adaptação da metodologia original do Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995), com uma proposta de atualização e modificação a partir de incorporação de parâmetros (fator de limitação e atributos diagnósticos, isolados ou combinados) e estabelecimento de “tabelas de critérios” para todos os atributos considerados na avaliação. Para uma melhor visualização da estrutura do método, é apresentado o diagrama exposto na Figura 11.

Com isto, tem-se em mente uma melhor adequação do método à escala de mapeamento (levantamento semidetalhado, escala 1:100.000), prevendo um maior aprimoramento e atualização, além da ampliação do caráter quantitativo da avaliação; e redução do grau de subjetividade nas avaliações.

Existem outras classificações técnicas, que também poderiam atender às finalidades deste trabalho. Entretanto, optou-se pelo método de Avaliação da Aptidão Agrícola devido algumas vantagens, como: a) maior utilização ao nível nacional; b) considera, na sua estrutura, diferentes níveis de manejo; c) permite seu ajustamento e atualizações frente a novos conhecimentos; d) aceita adaptações e aplicações em diferentes escalas de mapeamento; e) considera a viabilidade de redução de limitações, pelo uso de capital e tecnologia, distinguindo o pequeno e o grande agricultor.

Na seleção dos parâmetros, visando à incorporação de forma direta ao método, foram considerados os seguintes aspectos:

- importância agrônômica e ambiental - todos estão intimamente relacionados com o uso, manejo e qualidade do ambiente;
- disponibilidade nos levantamentos de solos/facilidade de obtenção – extraídos diretamente dos levantamentos de solos, ou obtidos por meio de cálculos simples;
- custo financeiro – a inclusão não implicou em custo financeiro adicional algum, ao contrário, otimizou as informações disponíveis;
- qualidade dos dados/informação – critério sempre necessário, garantido pela idoneidade das instituições que atuam no âmbito da ciência do solo (EMBRAPA, IAC, FIBGE, Universidades, Institutos Estaduais, dentre outros); e
- facilidade de processamento – a incorporação dos parâmetros considerados, não alterou a rotina de processamento da metodologia original.

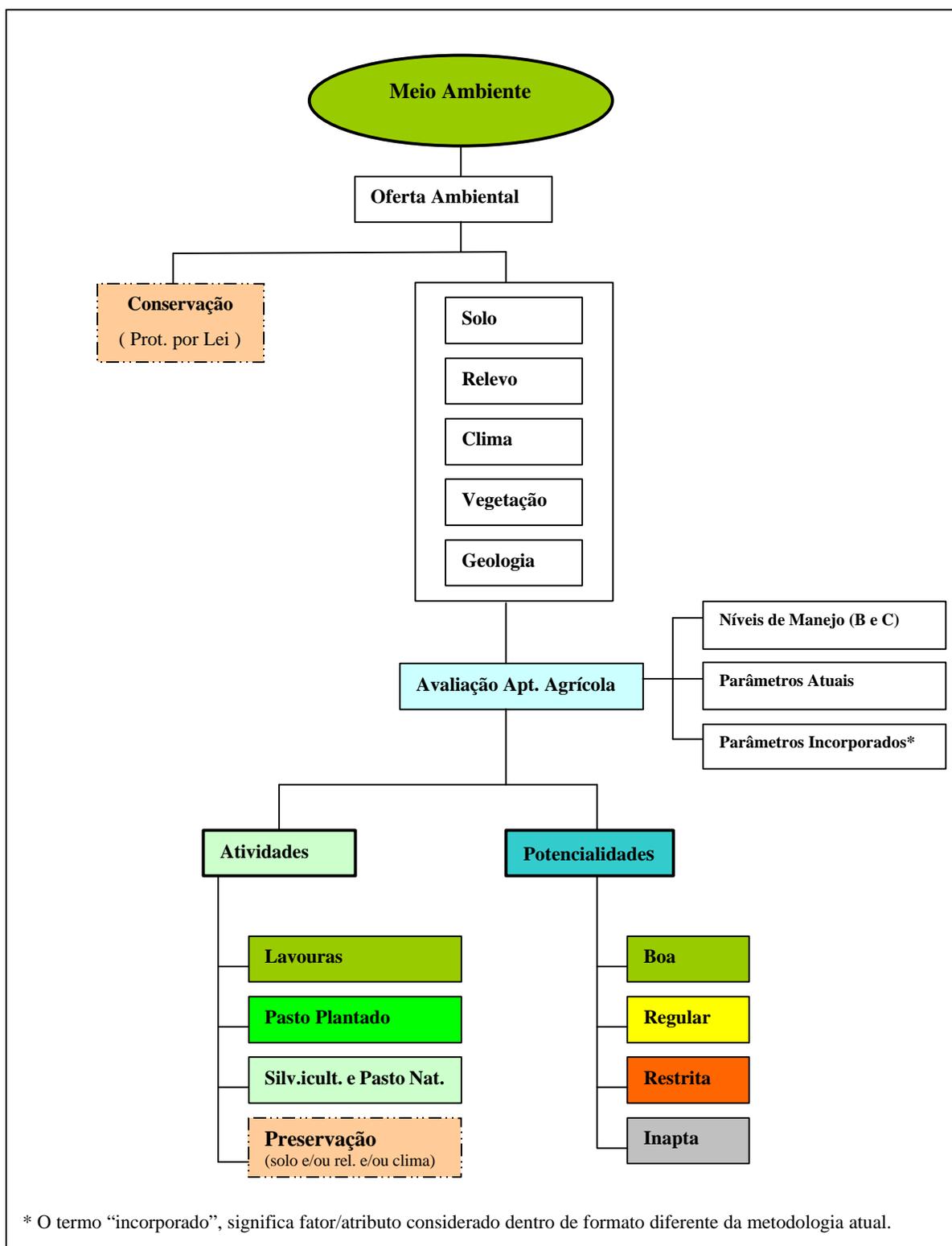


Figura 11 - Diagrama referente à estrutura do método de avaliação da aptidão agrícola das terras (quadrícula de Ribeirão Preto – SP).

3.2.5.1 Condições Agrícolas das Terras

Para a análise das condições agrícolas das terras, foram considerados os seguintes atributos diagnósticos:

- n = nutrientes ----- (deficiência de)
- a = alumínio ----- (toxicidade por)
- f = fósforo ----- (fixação de)
- w = água ----- (deficiência de)
- o = oxigênio ----- (deficiência de)
- e = erosão ----- (suscetibilidade à)
- m = mecanização ----- (impedimento à)
- c = climático ----- (índice)
- p = profundidade ----- (profundidade efetiva)
- K = fator K ----- (erodibilidade do solo)
- r = roch./pedreg. ----- (rochosidade e/ou pedregosidade)

Os atributos índice climático, profundidade efetiva, fator K e rochosidade e/ou pedregosidade foram avaliados de forma isolada ou combinada dentro do processo metodológico proposto, não aparecendo na simbologia final, conforme demonstrado na Tabela 9.

Tabela 9 - Fatores de limitação e atributos diagnósticos

Fator de limitação	Atributo diagnóstico	Símbolo*
• Deficiência de fertilidade	nutrientes, alumínio e fósforo	n, a, f
• Deficiência de água	água disponível	w
• Deficiência de oxigênio ou excesso de água	oxigênio	o
• Suscetibilidade à erosão	erosão	e
• Impedimento à mecanização	mecanização	m

Fonte: adaptado de RAMALHO FILHO e BEEK (1995).

* símbolos: n = nutriente; a = alumínio; f = fósforo; w = água; o = oxigênio; e = erosão; m = mecanização.

Os fatores de limitação, com seus respectivos atributos diagnósticos, utilizados na avaliação das terras, encontram-se avaliados a partir de “tabelas de critérios” pré-estabelecidas com base na bibliografia disponível (Anexo 4).

Todos os atributos foram avaliados com base em cinco graus de limitação: 0 = Nulo; 1 = Ligeiro; 2 = Moderado; 3 = Forte; e 4 = Muito Forte (Anexo 4).

Deve ser ressaltado de que o tabelamento (parametrização) dos fatores e atributos diagnósticos dos solos (conforme Anexo 4 – tabela de critérios), não exclui a possibilidade de exames complementares de outros parâmetros correlacionados. Significa que outros atributos limitantes (ex: riscos de inundação, permeabilidade, atividade de argila,....., atributos estes raramente disponíveis em levantamentos de solos menos detalhados), podem ser considerados por ocasião do julgamento das limitações, em cada caso, como é mencionado na metodologia original (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995).

3.2.5.2. Fatores de limitação

a) Deficiência de fertilidade

O fator deficiência de fertilidade foi avaliado com base em três atributos diagnósticos. Isto facilita tanto a identificação do eventual atributo de maior limitação, quanto as recomendações de práticas de manejo mais adequadas. Os atributos diagnósticos considerados foram:

- a) Disponibilidade de nutrientes : **n**
- b) Toxicidade por alumínio : **a**
- c) Fixação de fósforo : **f**

a.1) Disponibilidade de nutrientes : n

O critério adotado para determinar os graus de limitação referentes à disponibilidade de nutrientes foi o de OLIVEIRA e BERG (1985), que relacionaram a saturação por bases (V%) com a capacidade de troca catiônica (CTC). Esses autores justificam que este critério reflete melhor o grau de trofismo, ressaltando que em dois solos com a mesma saturação por bases, o que tiver CTC mais elevada apresenta maior reserva de nutrientes. Também, solos com CTC muito baixa, mesmo apresentando $V\% > 50$, foram considerados como tendo limitação forte, no tocante à disponibilidade de nutrientes (Anexo 4).

a.2) Toxicidade por alumínio : a

Na avaliação do atributo toxicidade por alumínio, OLIVEIRA e BERG (1985) introduziram, além do índice “m%” (saturação por alumínio), valores de CTC. Segundo os autores, um solo com CTC mais elevada apresentará, para um mesmo valor de m%, maior reserva de alumínio trocável e, conseqüentemente, exigirá maior quantidade de corretivo para eliminar ou reduzir a concentração de alumínio. Com isto, além da indicação mais precisa sobre a intensidade da limitação, este critério auxilia numa melhor discriminação de unidades de manejo (Anexo 4).

a.3) Fixação de fósforo : f

Os solos das regiões tropicais e subtropicais são, de um modo geral, pobres em fósforo. Segundo MALAVOLTA (1980), o fósforo disponível é o elemento, cuja carência no solo, mais freqüentemente limita a produção agrícola, principalmente das culturas anuais.

O termo fixação diz respeito à conversão do fósforo solúvel ou disponível em formas insolúveis ou pouco solúveis. Com base no trabalho de OLIVEIRA e SOSA (1995), que considera a textura, a cor e a atração eletromagnética na estimativa da fixação do fósforo no solo, foram estabelecidos os graus de limitação referentes a esse atributo. Trata-se de um método com característica um tanto empírica, devendo seus resultados ser considerados como uma potencialidade relativa de fixação de fósforo (Anexo 4).

b) Deficiência de água : w

No cálculo de água disponível (w) utilizou-se a equação de ARRUDA et al (1987), que consideram os parâmetros referentes à capacidade de campo e ponto de murcha permanente associados ao volume de solo (profundidade e densidade do solo), conforme a equação:

$$AD (cm) = \frac{\% CC - \% PM}{10} \times \text{espessura (cm)} \times da \quad (5)$$

Onde :

- AD = água disponível ; CC = capacidade de campo ; PM = ponto de murcha permanente; da = densidade do solo.

- CC : $Y = 3,07439 + 0,629239 x - 0,00343813 x^2 \therefore (x = \% \text{ silte} + \% \text{ argila})$

- PM : $Y = \frac{398,889 x}{(1308,09 x)} \therefore (x = \% \text{ silte} + \% \text{ argila})$

- No cálculo de água disponível (AD) para cada perfil de solo, foi considerada a profundidade até 100 cm, com os seguintes fatores de correção:

- 0 a 50 cm = 100%
- 50 a 80 cm = 80%
- 80 a 100 cm = 50%

- Devido à falta de dados sobre densidade do solo, nas fichas de análise do levantamento utilizado, considerou-se o valor de uma unidade para todos os solos.

Com base na soma das frações “silte e argila”, foi calculada a água disponível, para três profundidades (50 cm; 80 cm; e 100 cm), além da profundidade acumulada, conforme demonstrado na Figura 12.

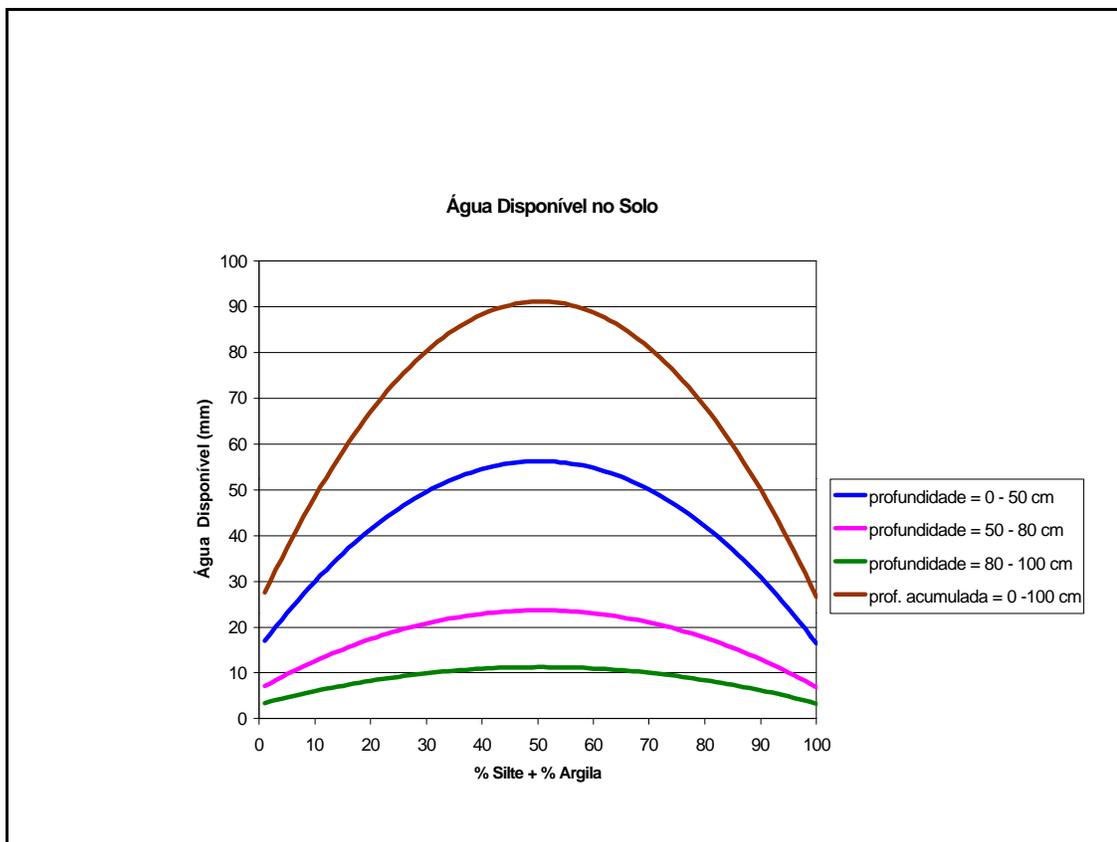


Figura 12 – Curvas representativas de variações da água disponível no solo (mm), em função da profundidade e da soma das frações silte e argila.

A metodologia não considera a prática de irrigação na avaliação da aptidão agrícola das terras, significando que a limitação referente ao atributo capacidade de água disponível afeta igualmente a utilização dos solos, sob os níveis de manejo B e C.

A partir dos valores de água disponível (até a profundidade de 100cm), obtido para os diferentes percentuais de silte + argila, foram estabelecidos os graus de limitação para os solos, de acordo com os grupamentos texturais (arenosa, média, argilosa e muito argilosa), conforme o Anexo 4.

c) Excesso de água ou deficiência de oxigênio : o

A limitação referente ao excesso de água ou deficiência de oxigênio foi estabelecida a partir das classes de drenagem extraídas de EMBRAPA-CNPS (1999), com adequações na metodologia original (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995). Ver Anexo 4.

d) Suscetibilidade à erosão : e

A suscetibilidade à erosão diz respeito à facilidade com que o solo é removido, por ação do vento e/ou da água (considerou-se, neste trabalho, apenas a erosão hídrica dada a pequena importância da erosão eólica na região).

Alguns solos sofrem mais erosão do que outros, mesmo que as condições de declividade, chuva, cobertura vegetal e práticas de manejo sejam idênticas. Essa diferença, devida à natureza do próprio solo, é denominada erodibilidade (fator K), também conhecida como vulnerabilidade ou suscetibilidade à erosão (BERTONI e LOMBARDI, 1990).

Na avaliação do atributo suscetibilidade à erosão, considerou-se a declividade (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995), usualmente utilizada nos estudos de erosão, associada ao fator K – erodibilidade (GIBOSHI, 1999), estabelecendo-se assim, os graus de limitação, conforme demonstrado no Anexo 4.

e) Impedimento à mecanização : m

Na avaliação das terras, referente ao impedimento à mecanização, considerou-se a combinação “pedregosidade/rochosidade x declividade”, dada a grande importância desses atributos, no que tange ao uso e manejo das terras.

Os critérios adotados para pedregosidade/rochosidade, foram com base em LEPSCH, et al. (1991) e LEMOS e SANTOS (1996) que definem pedregosidade como a proporção de

fragmentos grosseiros (calhaus: 2 - 20 cm de diâmetro; matacões: 20 - 100 cm de diâmetro) sobre a superfície e/ou na massa do solo; e rochosidade diz respeito a exposição de rochas (>100 cm de diâmetro). Ver Anexo 4.

Na avaliação do atributo impedimento à mecanização foi considerada a declividade (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995), associada à pedregosidade/rochosidade, estabelecendo-se assim os graus de limitação (Anexo 4).

A análise do fator impedimento à mecanização tem maior relevância no nível de manejo C, uma vez que este nível avançado contempla o uso de máquinas e implementos agrícolas nas diversas fases de preparo e uso das terras (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995).

3.2.5.3. Profundidade efetiva

Atributo diagnóstico, também utilizado na avaliação de vários outros atributos. Refere-se à profundidade máxima que as raízes penetram livremente no corpo do solo, em razoável número, sem impedimentos, propiciando às plantas suporte físico e condições para absorção de água e nutrientes. É chamada atenção para o fato de que a profundidade efetiva nem sempre se limita à profundidade do *sólum* (horizontes A + B), podendo, inclusive, ultrapassá-la (MARQUES, 1971; LEPSCH et al., 1991; CURI, 1993).

Na profundidade efetiva leva-se em conta basicamente o aspecto biológico, onde seu limite inferior está definido pelos limites da ação das forças biológicas e climáticas. Na avaliação desse atributo diagnóstico, foram utilizadas as classificações de profundidade estabelecidas por LEPSCH, et al. 1991) e EMBRAPA-CNPS (1999), conforme demonstrdo no Anexo 4.

3.2.5.4. Fator Climático

O clima tem importante significado em quase todas as fases das atividades agrícolas. Pode auxiliar desde a seleção de áreas para instalação de culturas e experimentos agrícolas até o planejamento a curto ou a longo prazo das atividades agrícolas, inclusive de manejo e conservação do solo (MOREIRA, 1992).

As limitações climáticas (c) para a área de estudo, foram avaliadas a partir da análise de seus dados meteorológicos. Dentre os diversos atributos que poderiam ser utilizados para a caracterização climática, optou-se pelo índice de aridez (Ia), o qual representa um dado de síntese expressando a relação entre a deficiência hídrica e a evapotranspiração potencial do período, ou seja, é a deficiência hídrica expressa em percentagem da evapotranspiração potencial (necessidade). Foi obtido pela fórmula:

$$Ia = \frac{100 \text{ def}}{EP} \quad (6)$$

Onde :

Ia (%) = índice de aridez (no período considerado)

def (mm) = deficiência hídrica

EP (mm) = evapotranspiração potencial

O índice de aridez (Ia) varia entre 0 e 100. É 0 (zero) quando não existe deficit, e 100 quando a deficiência iguala-se à evapotranspiração potencial.

Utilizou-se este índice, visando aprimorar a avaliação das terras. Os graus de limitação foram estabelecidos a partir de uma análise combinada entre o “Ia” e o número de meses com deficiência hídrica, conforme Anexo 4. Com isto, além de apresentar uma informação mais precisa, evitou-se que regiões com idênticos número de meses secos (porém, com “Ia” diferentes, ou vice-versa), fossem avaliadas com o mesmo grau de restrição. Foi considerado o valor de 5mm, como limite mínimo para caracterizar um mês com deficiência hídrica.

3.2.5.5. Declividade

No mapa de curvas de nível (formato DXF), extraído das cartas planialtimétricas do IBGE, na escala 1:50.000 (equidistância de curvas de nível de 20 m), foi feita a conversão para o formato ASCII, mediante o aplicativo DXFCON (SANTOS, 1998). Esse arquivo foi importado para o SURFER, onde se procedeu à interpolação pelo método de Curvatura

Mínima, obtendo-se o Modelo Digital de Terreno (MDT). O MDT foi posteriormente importado para o software IDRISI, tornando possível gerar as classes de declividade, conforme Tabela 10.

Tabela 10 – Classes de declividade e tipo de relevo da quadrícula de Ribeirão Preto – SP.

Declividade		Relevo
Classe	(%)	Tipo
A	0 a 3	Plano
B	3 a 8	Suave ondulado
C	8 a 13	Moderadamente ondulado
D	13 a 20	Ondulado
E	20 a 45	Forte ondulado
F	> 45	Montanhoso e escarpado

Fonte: adaptado de RAMALHO FILHO e BEEK (1995).

3.2.6. Avaliação da aptidão agrícola das terras

A avaliação da aptidão agrícola das terras, referente aos atributos pedológicos, foi feita mediante estudo comparativo entre os graus de limitação atribuídos às terras e os pré-estabelecidos no quadro-guia (Anexo 3 – Quadro 4), à semelhança do método original (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995).

Para a avaliação da aptidão agrícola das terras, referente às condições de relevo, a metodologia admite duas formas de avaliação: uma em que pode ser utilizada as classes de relevo extraídas do próprio levantamento de solos e a outra, em que pode ser utilizada as classes de relevo geradas a partir do Modelo Digital de Terreno (MDT).

Para este trabalho, utilizou-se o mapa de classes de declive gerado a partir do MDT, que foi cruzado com o mapa de solos, oriundo de CAVALIÉRI (1997), resultando nas classes de aptidão agrícola: Boa, Regular e Restrita, considerando as atividades Lavouras, Pastagem Plantada, Silvicultura e Pastagem Natural, e Preservação da Fauna e Flora. Após o cruzamento, desconsiderou-se todas as manchas com área ≤ 40 ha, conforme procedimentos normativos de levantamento de solos (EMBRAPA-CNPS, 1995). Como ilustração, é

apresentado na Figura 12 as adequações e inadequações de informações, relacionadas à cartografia e à taxonomia.

Para a avaliação da aptidão agrícola das terras, referente ao clima, utilizou-se os graus de limitação pré-estabelecidos para os atributos deficiência hídrica e índice de aridez, conforme Anexo 4.

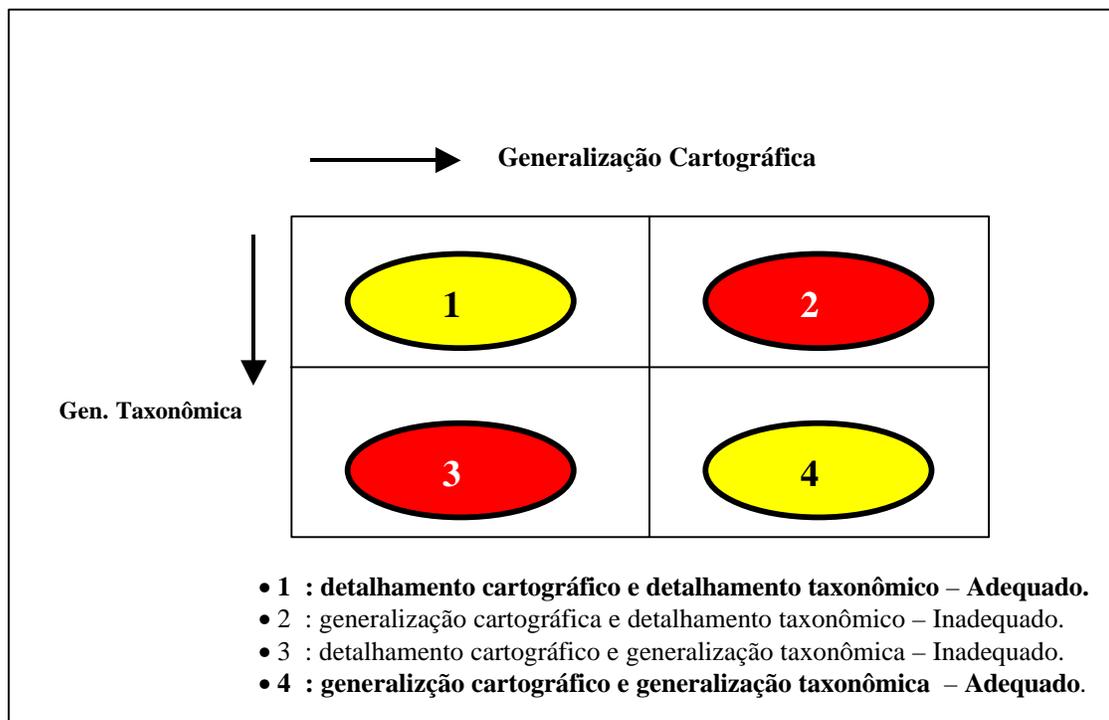


Figura 13 – Adequação e inadequação de informações, considerando-se os aspectos cartográficos e taxonômicos.

O quadro-guia (Anexo 5), também chamado de quadro de conversão, foi adaptado para o formato numérico, de maneira que os graus de limitação Nulo, Ligeiro, Moderado, Forte e Muito Forte, estão representados pelos números: 0, 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente. Dentre as vantagens, ressalta-se a possibilidade de identificação do grau de limitação, que aparece na simbologia, junto ao atributo limitante, permitindo mais facilmente a recomendação de manejo para cada caso encontrado. O quadro-guia constitui-se numa orientação geral para classificação da aptidão agrícola das terras.

O grupo 6, correspondente à preservação da fauna e flora, possui duas formas de representação, de acordo com seus significados específicos, a saber: a) áreas protegidas por Lei – possui simbologia “6 FF” ; e b) áreas que devem ser preservadas por fragilidade ambiental, decorrente de condições especiais de solo e/ou relevo e/ou clima – possui simbologia “6 ff”.

3.2.7. Viabilidade de melhoramento

A viabilidade de melhoramento das condições agrícolas das terras, em suas condições naturais, é feita somente para os níveis de manejo B e C. Este melhoramento refere-se às classes 1 (melhoramento viável com práticas simples e pequeno emprego de capital) e 2 (melhoramento viável com práticas intensivas e mais sofisticadas, além de considerável aplicação de capital), conforme previsto na metodologia original (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995).

Os graus de limitação são atribuídos às terras, tanto em condições naturais quanto após o emprego de práticas de melhoramento previstas para os níveis de manejo B e C. A irrigação não está contemplada nas práticas de melhoramento consideradas para os referidos níveis de manejo.

A viabilidade de melhoramento das condições agrícolas das terras abrange os fatores: deficiência de fertilidade, excesso de água e suscetibilidade à erosão, e seguem os padrões preconizados pela metodologia original (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação da aptidão agrícola das terras

Na avaliação da aptidão agrícola, apesar de se manter a estrutura da metodologia de RAMALHO FILHO e BEEK (1995), promoveu-se várias modificações, visando principalmente sua atualização, melhor adequação à escala do trabalho, além de maior aprimoramento na avaliação e aumento do caráter quantitativo dos atributos diagnósticos considerados na mesma.

Dentre as modificações propostas, são evidenciadas as seguintes: estabelecimento de valores e/ou intervalos de valores à todos os atributos considerados na avaliação (conforme Anexo 4 – Tabela de critérios); introdução de forma direta de atributos como erodibilidade do solo (fator K), água disponível, fixação de fósforo, rochosidade/pedregosidade, além da profundidade efetiva dos solos e índice de aridez. Em várias situações, adotou-se uma avaliação combinada entre dois ou mais atributos diagnósticos, como foi o caso da avaliação do fator suscetibilidade à erosão, onde associou-se a declividade com a erodibilidade dos solos. Também promoveu-se alteração na simbologia do grupo 6 (passando para “6FF” ou “6ff”, conforme o caso) e do Quadro-guia de avaliação das terras (Anexo 5).

É importante destacar que não foi realizado dois tipos de avaliação da aptidão agrícola (metodologia original e metodologia com modificações), visto que a comparação de métodos não fazia parte dos objetivos deste trabalho. Além disso, tais alterações devem ser entendidas como uma primeira aproximação, necessitando de maiores discussões e ajustes, visando o aperfeiçoamento contínuo do método.

Na avaliação da aptidão agrícola das terras, portanto, foram considerados um conjunto de fatores ambientais, notadamente os que se referem ao clima, declividade e solo.

4.1.1. Fator Clima

Na caracterização climática da área, observou-se que ocorre um período de deficiência hídrica variando entre 1 a 5 meses e que os totais dessa carência hídrica, no geral, foram

predominantemente baixos. Quanto ao índice de aridez (Ia), este apresentou-se variando entre 13 a 31%, conforme Tabela 11.

Tabela 11 – Deficiência hídrica e Índice de aridez na região da quadrícula de Ribeirão Preto – SP.

Nº Postos	Postos pluviométricos (Municípios)	Deficiência hídrica		Índice de aridez Ia (%)
		Nº meses	Valor (mm)	
1	Altinópolis	2	20	18
2	Araraquara	2	31	21
3	Bebedouro	5	102	26
4	Casa Branca	3	27	14
5	Cravinhos	2	19	13
6	Descalvado	2	20	18
7	Jaboticabal	4	78	29
8	Matão	4	81	31
9	Mococa	3	45	21
10	Monte Alto	3	36	18
11	Orlandia	4	81	27
12	Ribeirão Preto	3	57	26
13	Santa R. Passa Quatro	1	12	19
14	São Carlos	1	8	14
15	São Joaquim da Barra	4	76	28
16	São Simão	3	39	18

Diante dessa caracterização, verificou-se que o fator climático não teve influência na avaliação da aptidão agrícola das terras. Por essa razão, os seus atributos (número de meses com deficiência x Ia) não foram incorporados na avaliação.

Todavia, é importante salientar que a combinação dos atributos meses de deficiência x Ia (Anexo 4) traduz-se num valioso critério de avaliação das terras, não somente pela importância do clima, mas também porque pode-se evitar que regiões de diferentes Ia (índice que revela a deficiência em relação à evapotranspiração potencial) sejam avaliadas como iguais, como é comum ocorrer nos casos em que leva-se em conta somente o número de meses de deficiência hídrica.

4.1.2. Fator Declividade

A área de estudo, embora apresente uma declividade bastante diversificada, possui um grande predomínio de terras na classe de relevo plano (0-3%) e suave ondulado (3-8%), as

quais totalizam cerca de 68% da área total. As áreas de relevo moderadamente ondulado (8-13%) representam cerca de 16%, enquanto as áreas mais movimentadas, caracterizadas por relevos ondulado (13-20%), forte ondulado (20-45%) e montanhoso/escarpado (45%), corresponderam à menor parte da área estudada (Tabela 12 e Figura 14).

Tabela 12 - Classes de declividade e suas respectivas áreas, na quadrícula de Ribeirão Preto – SP.

Classes de declividade (%)	Área	
	Hectare	%
0 a 3	80.832,9	29,24
3 a 8	108.058,6	39,09
8 a 13	44.164,0	15,97
13 a 20	19.837,1	7,17
20 a 45	12.253,8	4,44
> 45	944,1	0,34
Área urbana	8.893,4	3,22
Corpos d'água	1.467,4	0,53
Total	276.451,3	100,00

Verifica-se que, em termos de relevo, a área possui um enorme potencial de utilização agrícola, permitindo a adoção de diferentes práticas de uso e manejo, com grandes possibilidades de sucesso.

4.1.3. Aptidão agrícola das terras

Dentre os atributos diagnósticos referentes à solos, observou-se que a profundidade efetiva está relacionada com maior ou menor intensidade a todos os outros atributos pedológicos considerados. Influencia desde a fertilidade até à mecanização agrícola, referindo-se a aspectos vitais quanto ao uso das terras, como favorabilidade ao desenvolvimento do sistema radicular e disponibilidade de água no solo. Como ilustração, pode-se dizer que em dois solos igualmente férteis (saturação em bases, V%, iguais), aquele de maior profundidade efetiva terá maior reserva de nutrientes. O mesmo raciocínio, para efeito de qualidade entre dois ou mais solos, pode ser extrapolado para os casos de uso da mecanização agrícola,

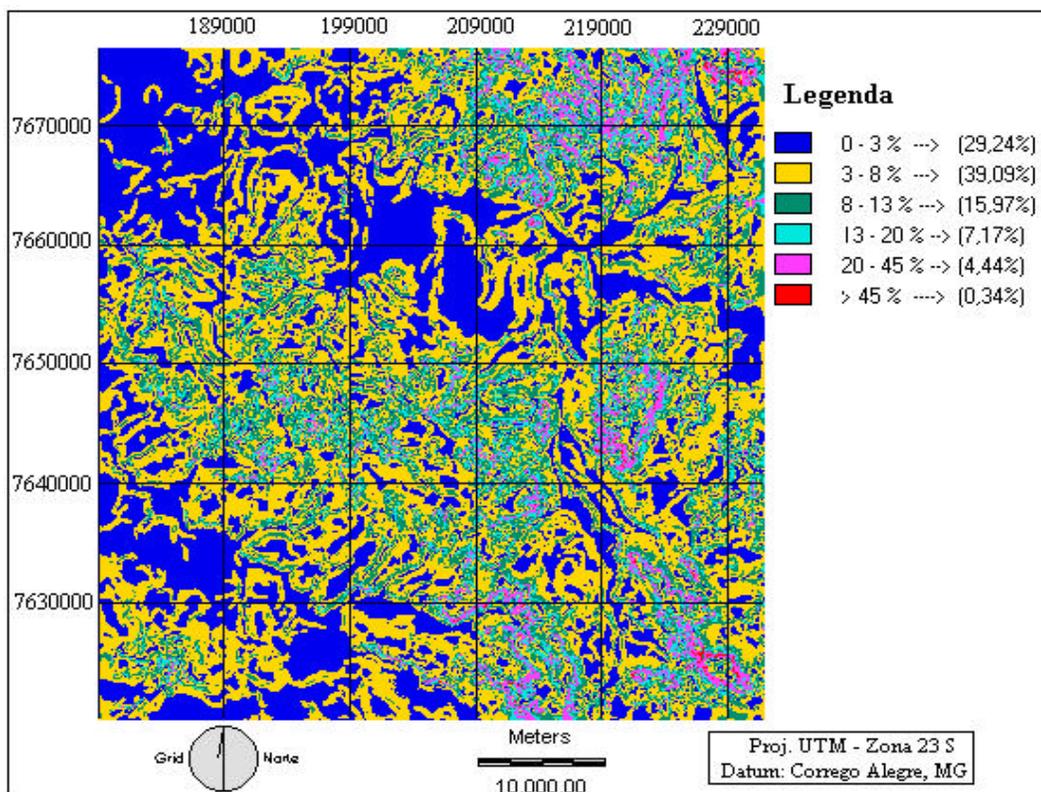


Figura 14 – Mapa de declividade da área de estudo.

avaliação da quantidade de água disponível, dentre outros. Portanto, dada essa importância generalizada da profundidade efetiva, preferiu-se utilizá-la como atributo geral, considerando-a associada aos demais atributos diagnósticos utilizados na avaliação.

Para o caso da quadrícula de Ribeirão Preto, ocorreram apenas duas classes de solos (LVef e RLe) com problemas quanto à profundidade efetiva. Embora ambos possuam fertilidade elevada (eutróficos), a avaliação da aptidão agrícola indicou para o LVef e o RLe o uso com pastagem plantada (nas áreas de relevo mais suaves) e para pastagem natural nas áreas de relevo mais movimentado.

A avaliação da aptidão agrícola das terras encontra-se no Anexo 5. Na tabela 13 está o resumo da avaliação da aptidão agrícola, onde pode ser visto o cenário quantitativo da potencialidade agrícola da área de estudo.

Tabela 13 - Classes de aptidão agrícola das terras, com suas respectivas áreas, na quadrícula de Ribeirão Preto – SP (níveis de manejo B e C).

Classe de aptidão	Área	
	Hectare	%
1BC	6.853,9	2,48
1bC	74.515,0	26,95
1(b)C	91.226,5	33,00
2(b)c	32.296,3	11,69
3(bc)	9.984,8	3,61
4P	330,8	0,12
4p	6.998,5	2,53
4(p)	11.397,4	4,12
5N	92,9	0,04
5n	14.499,5	5,24
5(sn)	4.738,7	1,71
5(n)	4.944,0	1,79
6 ff	8.212,2	2,97
Área urbana	8.893,4	3,22
Corpos d'água	1.467,4	0,53
Área Total	276.451,3	100,00

Com base nos resultados da avaliação da aptidão agrícola, verificou-se que a área de estudo apresentou-se com elevada potencialidade agrícola, onde 77,73% (214.876,5 ha) de suas terras são adequadas para o uso com lavouras. Para uso com atividades menos intensivas, encontrou-se um total de 15,55%, sendo 6,77% (18.726,7 ha) indicadas para pastagem plantada e 8,78% (24.275 ha) para as atividades de silvicultura e/ou pastagem natural. As áreas sem aptidão agrosilvipastoril, devendo ser destinadas à preservação da fauna e da flora, representam 2,97% (8.212,2). As demais áreas da quadrícula são representadas pelas áreas urbanas (3,22% ou 8.893,4 ha) e corpos d'água (0,53% ou 1.467,4 ha), conforme a Figura 15.

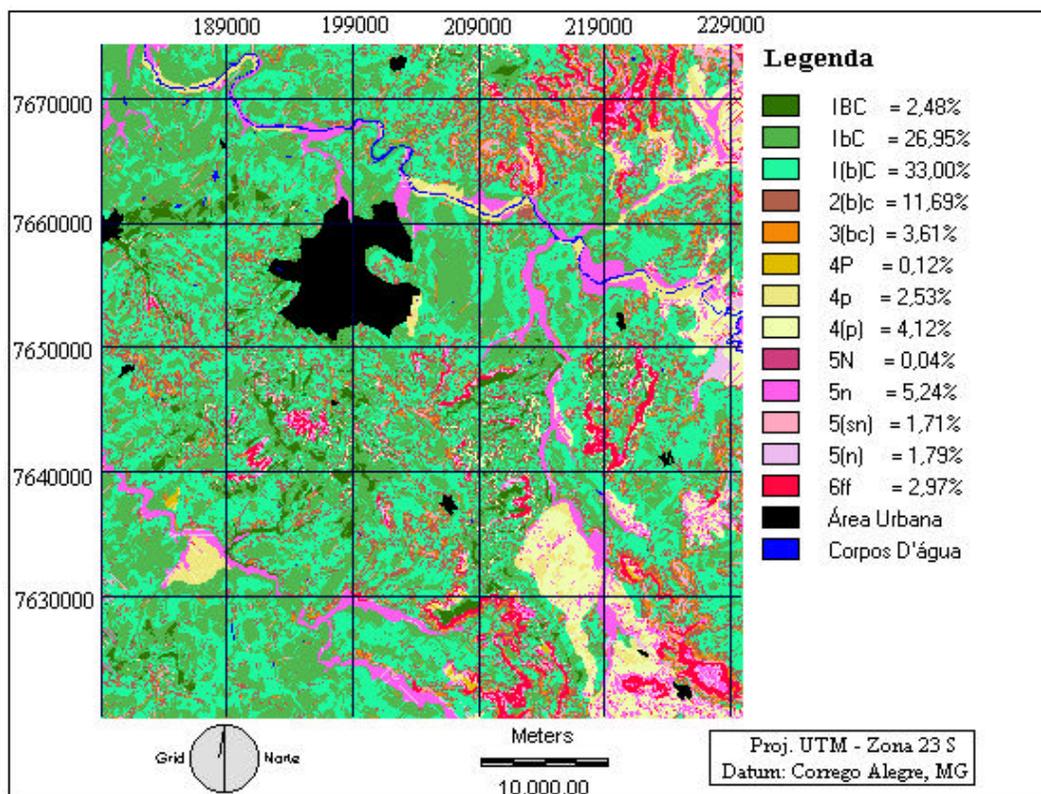


Figura 15 – Mapa de aptidão agrícola das terras da área de estudo (níveis de manejo B e C).

Este cenário, quando analisado a partir de comparações entre os níveis de manejo, apresenta-se com outra configuração, em termos de disponibilidade de área para lavouras.

No nível de manejo B, há uma forte redução das áreas de potencial mais elevado, tendo-se apenas 2,48% (6.853,9 ha) na classe de aptidão boa, seguido por 26,95% (74.515,0) na classe regular e uma grande predominância de áreas com aptidão restrita, correspondentes à 48,30% (133.507,6 ha). Isto pode ser explicado, em grande parte, pela baixa fertilidade natural predominante dos solos, onde cerca de 10% da área total possuem fertilidade natural elevada (solos eutróficos). Além disso, há uma grande quantidade de solos ácidos (cerca de 26% ou 71.850,0 ha), que, à semelhança dos solos distróficos, necessitam de uso intensivo de insumos e tecnologias (aspectos estes, não prevalecentes no nível de manejo B), a fim de possibilitar um uso agrícola sustentável.

Por outro lado, no nível de manejo C, ocorre aproximadamente o inverso, ou seja, tem-se uma grande predominância de terras na classe de aptidão boa, equivalente à 62,43% (172.595,4 ha), seguido por 11,69% (32.296,3 ha) na classe regular e apenas 3,61% (9.984,8 ha) pertencentes à classe de aptidão restrita. Neste sistema de manejo, caracterizado pela

adoção intensiva de tecnologia, capital e insumos, a maioria das limitações existentes podem ser contornadas, o que possibilita um aumento de áreas que podem ser incorporadas ao processo produtivo da região.

Na simbologia das classes de aptidão agrícola, tanto no texto quanto no mapa, não foi utilizada a convenção correspondente ao traço contínuo ou interrompido sob o símbolo, pois todas as classes de solos avaliadas carregam componentes, em associação, com classe de aptidão superior e/ou inferior à representada pela classe de solo dominante.

4.2. Avaliação das perdas de solo utilizando-se a EUPS

4.2.1. Fatores naturais

Os fatores naturais da EUPS correspondem : à erosividade (fator R); à erodibilidade (fator K) e ao fator topográfico (fator LS).

a) Fator R (erosividade)

A erosividade na área de estudo apresentou-se bastante homogênea, variando entre 7300 e 7800 (Tabela 14). A área de menor representatividade, em termos de extensão (8,10% ou 22.497,6 ha), foi a faixa com valores mais elevados (7700 – 7800), significando que mais de 80% da área situam-se em faixas de erosividade de 7300 - 7700 (Figura 16).

Tabela 14 - Classes de erosividade na quadrícula de Ribeirão Preto – SP

Classe de Erosividade (MJ.mm ha h ⁻¹ . ano ⁻¹)	Área	
	Hectare	%
7300 – 7400	77.427,7	27,88
7400 – 7500	65.815,4	23,70
7500 – 7600	56.416,0	20,32
7600 – 7700	55.511,4	20,00
7700 – 7800	22.497,6	8,10
Total	277.668,1	100,00

b) Fator K (erodibilidade)

A erodibilidade da área de estudo apresentou-se predominantemente nas classes baixa e muito baixa. Estas classes totalizaram 83,20%, o que corresponde a 227.199,0 ha (Tabela 15). Estes resultados demonstram que grande parte da área possui solos de boas condições físicas e morfológicas e que apresentam baixo risco de erosão. O restante da área, caracterizado por grau de erodibilidade mais elevado, totalizou cerca de 17% da área total, distribuído nas classes média, alta e muito alta, conforme a Figura 17.

Tabela 15 - Classes de erodibilidade na quadrícula de Ribeirão Preto – SP.

Fator K (t h MJ ⁻¹ mm ⁻¹)	Classe de Erodibilidade	Área	
		Hectare	%
< 0,010	Muito baixa	38.284,2	14,02
0,010 – 0,020	Baixa	188.914,8	69,18
0,020 – 0,030	Média	22.520,6	8,25
0,030 – 0,040	Alta	1.566,1	0,57
> 0,040	Muito alta	21.781,4	7,98
Total		273.067,1	100,00

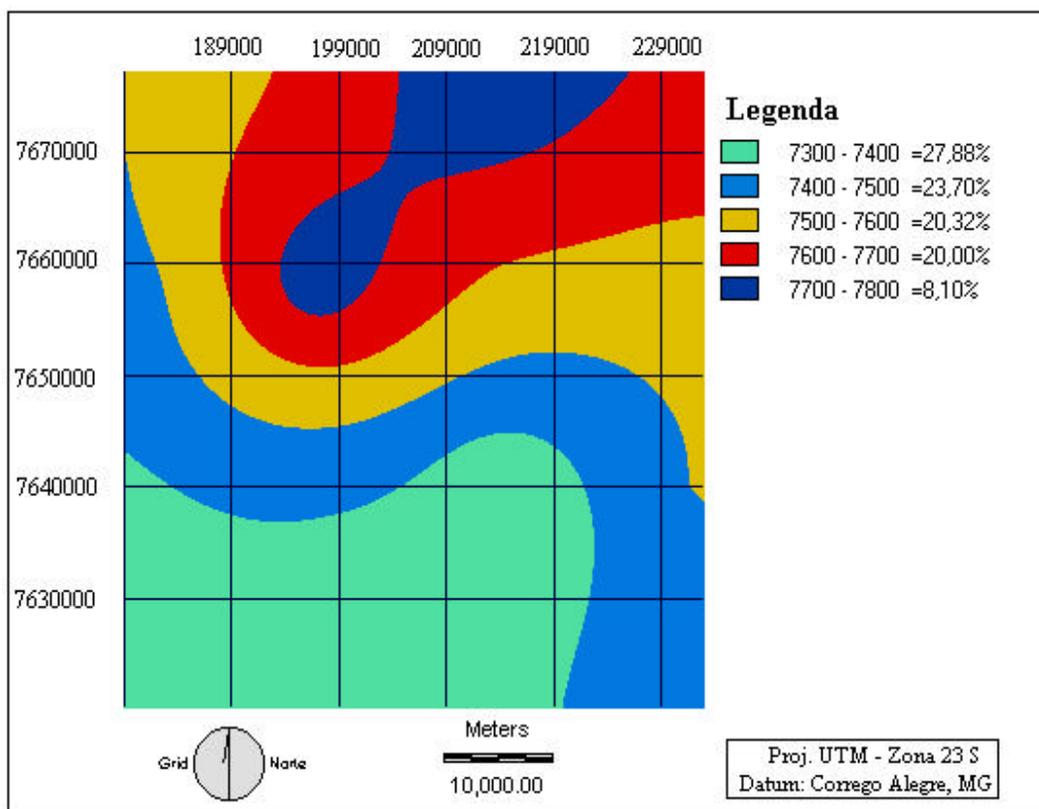


Figura 16 - Mapa de erosividade da chuva na área de estudo.

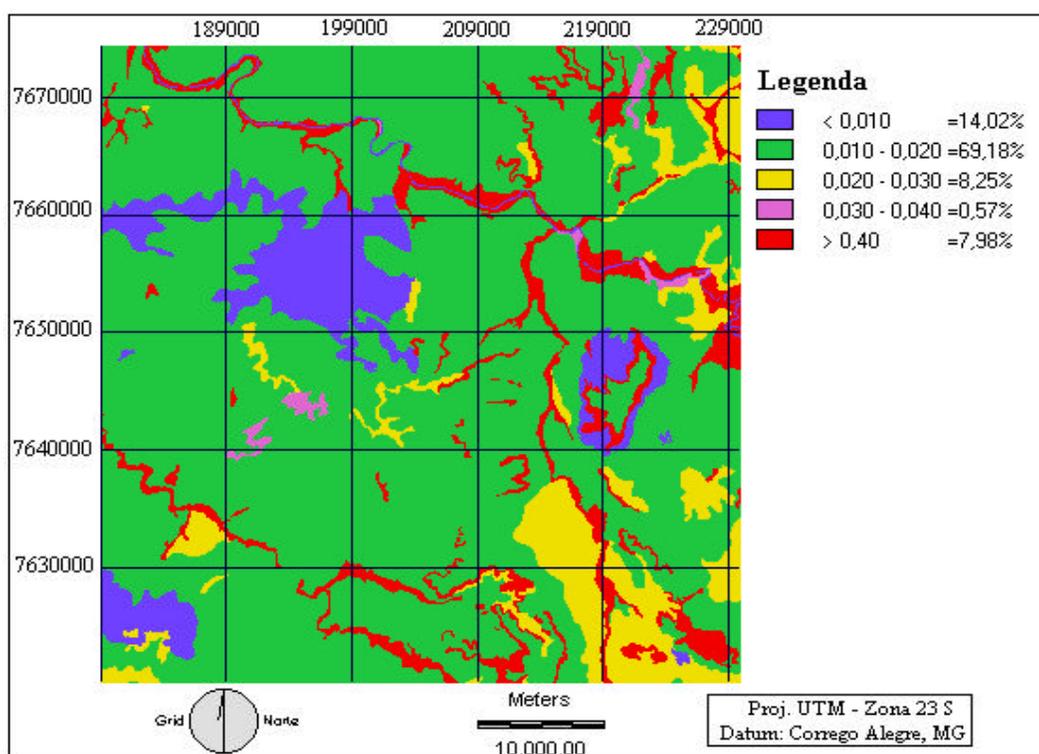


Figura 17 - Mapa de erodibilidade da área de estudo.

c) Fator topográfico (LS)

Este fator, representado pelo comprimento do declive (L) e grau de declive (S) da EUPS, foi obtido a partir da interpolação de dados altimétricos não constituindo mapa ou tabela. Seus valores identificados em cada pixel da área de estudo, foram utilizados para obtenção do PNE, do cálculo de perdas de solo e avaliação da sensibilidade ambiental.

4.2.2. Fatores antrópicos

a) Uso da terra

Na avaliação do uso da terra da quadrícula de Ribeirão Preto (SP), foram identificados as seguintes categorias de uso: cana-de-açúcar, solo exposto, palha (restos de culturas), reflorestamento, pasto/cultura anual, e pasto sujo (Tabela 16).

Dentre esses tipos de uso, verificou-se uma grande predominância da cana-de-açúcar, que representou 35,27% (97.505,7 ha) da área total, seguida pelo pasto sujo, com 28,48% (78.725,6 ha), e solo exposto, com 15,29% (42.264,2 ha). As demais categorias de uso, apresentaram-se distribuídas por áreas com extensões menores e que, juntas, correspondem a 12,43% (34.375,5 ha) da área total, conforme ilustrado na Figura 18.

Tabela 16 - Categorias de uso das terras com suas respectivas áreas, na quadrícula de Ribeirão Preto – SP.

Categorias de uso	Área	
	hectare	%
Cana de açúcar	97.505,7	35,27
Solo exposto	42.264,2	15,29
Palha (restos de culturas)	8.923,5	3,23
Mata natural	6.927,1	2,50
Reflorestamento	10.989,5	3,97
Pasto/cultura anual	7.535,4	2,73
Pasto sujo	78.725,6	28,48
Área urbana	8.893,4	3,22
Corpos d'água	1.467,4	0,53
Área não classificada	13.219,5	4,78
Total	276.451,3	100,00

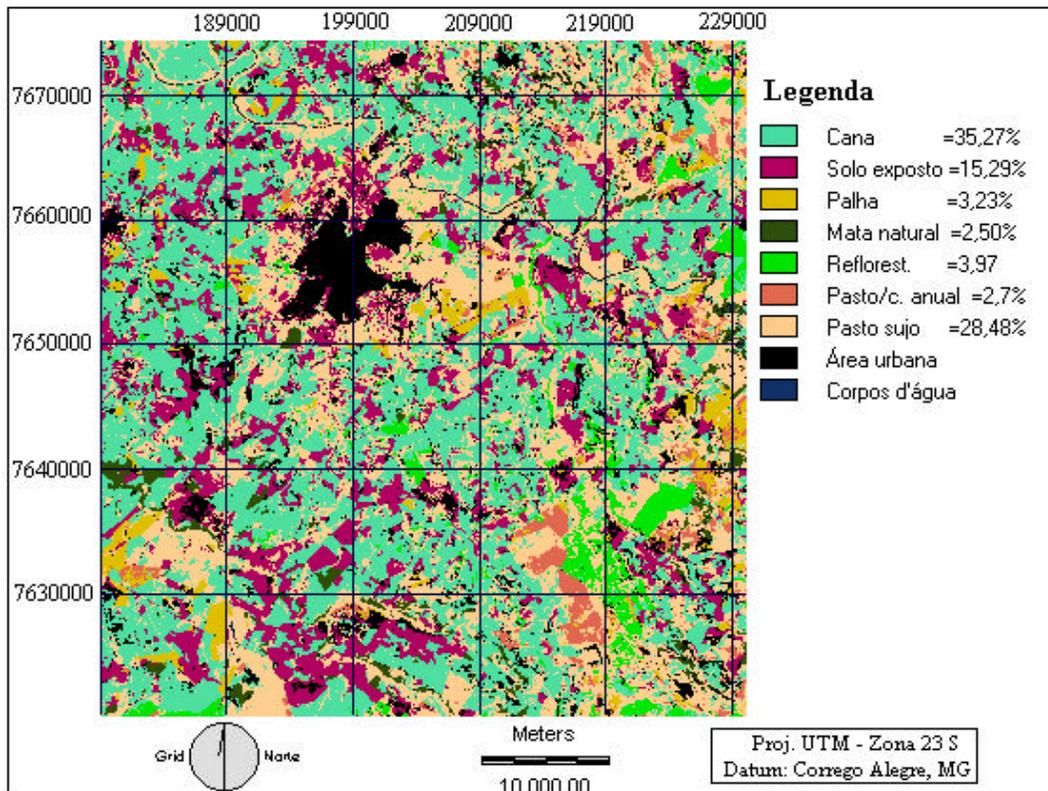


Figura 18 - Mapa de uso das terras da área de estudo

Verifica-se que trata-se de uma área com intensa atividade agrícola. As áreas de mata e de reflorestamento, apesar de pouco representativas, podem ser ampliadas, tanto pela implantação de novos reflorestamentos, quanto pela preservação dos remanescentes de mata que ainda existem.

Por outro lado, chama-se atenção para o caso de confrontar estes dados com aqueles do item “3.1.1”, sub-item “ b.4”, onde foi feita uma caracterização da área, com enfoque no uso das terras e sistemas de manejo, baseado nos dados do LUPA. As diferenças de valores existentes, decorrem do fato de que os dados do LUPA foram apresentados e discutidos como se todos os municípios pertencessem integralmente à área da quadrícula.

b) Fator C P

Para a obtenção do fator C (uso e manejo), considerando-se dois níveis de manejo (níveis semidesenvolvido e desenvolvido, respectivamente B e C), o que resultou nos fatores C1 e C2, conforme o item “3.2.1.2” da metodologia sobre a EUPS, Tabela 17.

Para o fator P (práticas conservacionistas), também foi considerado sob dois níveis de manejo, resultando nos fatores P1 e P2 (correspondentes aos níveis de manejo B e C, respectivamente), conforme a Tabela 16.

4.2.3. Perdas de solo nos níveis de manejo B e C

a) Perdas de solo no nível de Manejo B

$$A_1 = (PNE) . C_1 . P_1 \quad (7)$$

Onde:

A₁ = Perdas de solo, no nível de manejo B;

PNE = Potencial Natural de Erosão (fatores naturais: R K L S);

C₁ P₁ = Fatores antrópicos (caracterizado pelo nível de manejo B).

Para o nível de manejo B, verificou-se que a maior parte da área estudada (44,05% ou 121.799,6 ha) apresentou perda de solo muito baixa, com valores inferiores a 10 toneladas

(Tabela 17 e Figura 19). Dada as características do nível B, que contempla apenas padrões médios de tecnologia, insumos e capital, é provável que esta perda muito baixa ocorrida em grandes extensões da quadrícula, se deva muito mais às boas condições do solo (profundos, baixa erodibilidade, boa drenagem), associadas ao relevo predominantemente plano e suave ondulados, do que propriamente ao manejo implementado nas referidas áreas.

As perdas de solo muito baixa e baixa corresponderam à 57,45%, sendo que as perdas alta e muito alta ocorreram em 22,93% da área, devidos à problemas de relevo (ondulado e forte ondulado), solos (rasos e alta erodibilidade) e também ao uso inadequado.

Tabela 17 - Perda de solos na quadrícula de Ribeirão Preto – SP (nível de manejo B).

Perda de Solo	Classe	Área	
		hectare	%
< 10 t	Muito baixa	121.799,6	44,05
10 – 20 t	Baixa	37.047,4	13,40
20 – 50 t	Média	43.836,6	15,87
50 – 100 t	Alta	20.019,7	7,24
> 100 t	Muito alta	43.387,2	15,69
Área urbana		8.893,4	3,22
Corpos d'água		1.467,4	0,53
Área Total		276.451,3	100,00

b) Perda de solos no nível de Manejo C

$$A_2 = (PNE) \cdot C_2 \cdot P_2 \quad (8)$$

Onde:

A₂ = Perda de solo, no nível de manejo C;

PNE = Potencial Natural de Erosão (fatores naturais: RKLS);

C₂ P₂ = Fator antrópico (caracterizado pelo nível de manejo C);

No nível de manejo C, as perdas de solo classificadas como muito baixa ocorreram em 54,88% da área da quadrícula, o que corresponde a 151.722,5 ha. Como pode ser observado, a mudança do nível de manejo contribuiu para um incremento de quase 25% de

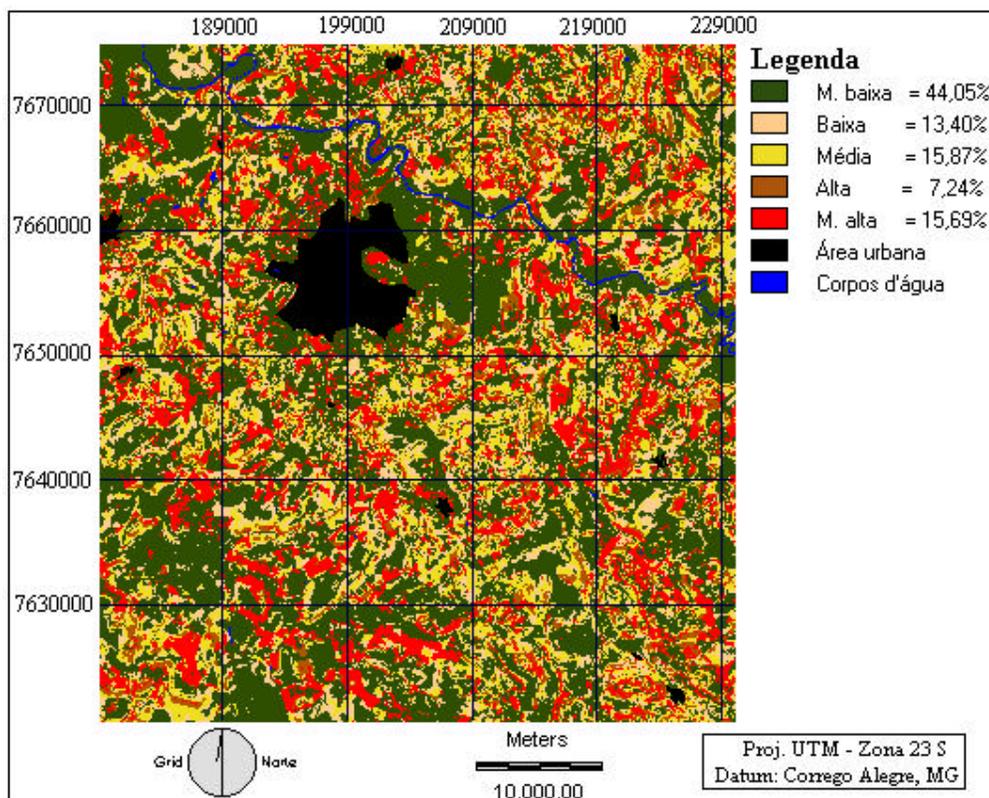


Figura 19 – Mapa de perdas de solo na área de estudo (nível de manejo B).

áreas com perdas de solo muito baixa, ocasionada, provavelmente, pela maior proteção do nível de manejo C (Tabela 18 e Figura 20).

Por outro lado, foi observado também que a soma das áreas com perdas de solo alta e muito alta, no nível de manejo C, apresentou-se muito semelhante ao total encontrado para estas mesmas classes de perdas, no nível de manejo B, parecendo que a mudança de nível de manejo nas classes de perdas mais elevadas não teve influência. Porém, quando as perdas entre os dois níveis de manejo são comparadas, somente na classe muito alta, verifica-se que as perdas no nível C foi aproximadamente 45% menor, ressaltando a importância da adoção nível tecnológico mais avançado.

Tabela 18 - Perda de solos na quadrícula de Ribeirão Preto – SP (nível de manejo C).

Perda de Solo	Classe	Área	
		Hectare	%
< 10 t	Muito baixa	151.722,5	54,88
10 – 20 t	Baixa	40.090,0	14,50
20 – 50 t	Média	32.562,3	15,87
50 – 100 t	Alta	12.984,7	11,78
> 100 t	Muito alta	28.731,0	10,39
Área urbana		8.893,4	3,22
Corpos d'água		1.467,4	0,53
Área Total		276.451,3	100,00

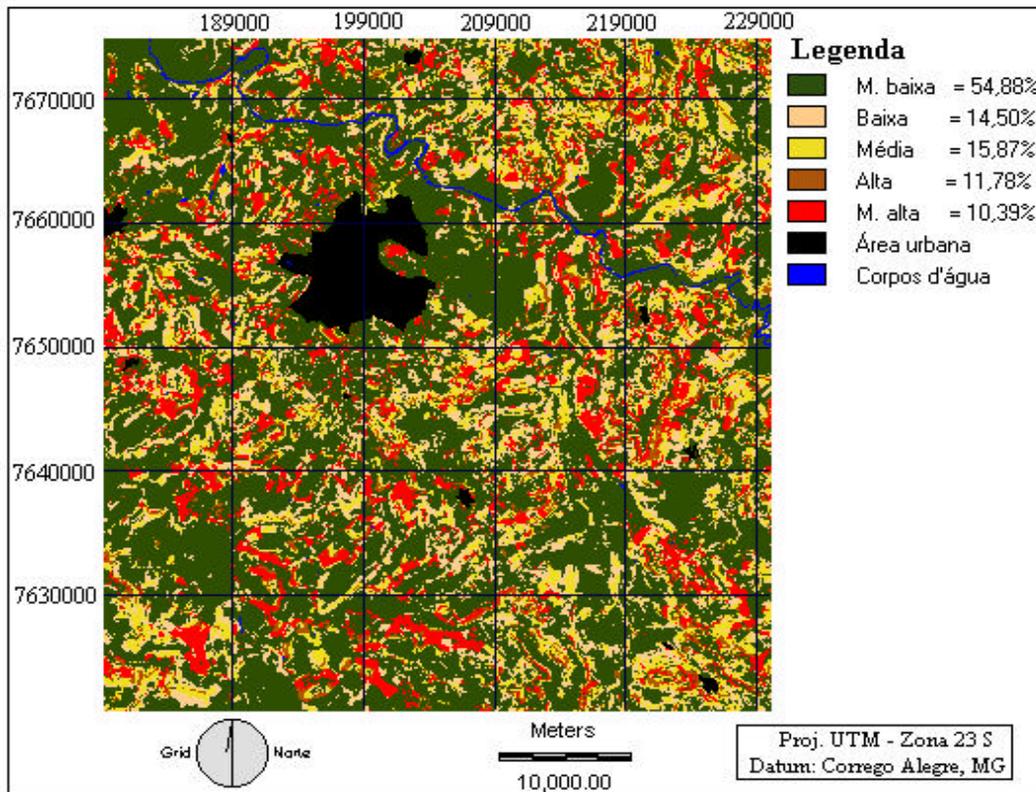


Figura 20 – Mapa de perdas de solo da área de estudo (nível de manejo C).

4.3. Classificação da Sensibilidade ambiental

A sensibilidade ambiental foi obtida a partir da superposição (divisão) dos mapas de perdas, correspondentes ao nível de manejo B e C (A1 e A2, respectivamente), pelo mapa de tolerância (T) à perda de solo. Esta divisão resultou no Índice de Fragilidade (IF). Dada a existência, neste trabalho, de duas modalidades de perdas de solo (de acordo com os dois níveis manejo), foram calculados dois mapas de sensibilidade ambiental (MSA-1 e MSA-2) para a área estudada.

4.3.1 Sensibilidade ambiental – nível de manejo B

No nível de manejo B, verificou-se que 75,34% da área total (ou 207.276,7 ha) apresentaram estabilidade ambiental variando de moderadamente estável a muito estável. Nessas áreas, 47,70% foram classificadas como muito estáveis, 13,42% como áreas estáveis, e 14,22% corresponderam à classe moderadamente estável (Tabela 19). Isto significa que trata-se de uma área em que os riscos ambientais são muito baixos, sendo caracterizada por solos profundos, de boas características morfológicas e associados a relevos planos a suave ondulados. No mapa de sensibilidade ambiental (MSA), estas classes apresentam-se nas cores verde escuro (classe muito estável), verde claro (classe estável) e amarela (classe moderadamente estável), conforme a Figura 21.

Tabela 19 - Índice de Fragilidade (IF) dos solos e sensibilidade ambiental na quadrícula de Ribeirão Preto – SP (nível de manejo B).

Índice de Fragilidade	Classe de Sensib. Ambiental	Riscos Ambientais	Grau limitação ao Uso	Cor no Mapa	Área	
					Hectare	%
< 1 vez a tolerância	Muito Estável	Muito baixo	0: Nulo	Verde escuro	131.854,8	47,70
1 – 2 vezes a tolerância	Estável	Baixo	1: Ligeiro	Verde claro	37.090,3	13,42
2 – 5 vezes a tolerância	Mod. Estável	Médio	2: Moderado	Amarela	39.331,6	14,22
5 – 10 vezes a tolerância	Frágil	Alto	3: Forte	Laranja	16.215,7	5,86
> 10 vezes a tolerância	Muito Frágil	Muito alto	4: Muito forte	Vermelha	41.598,1	15,05
Área urbana					8.893,4	3,22
Corpos d'água					1.467,4	0,53
Área Total					276.451,3	100,00

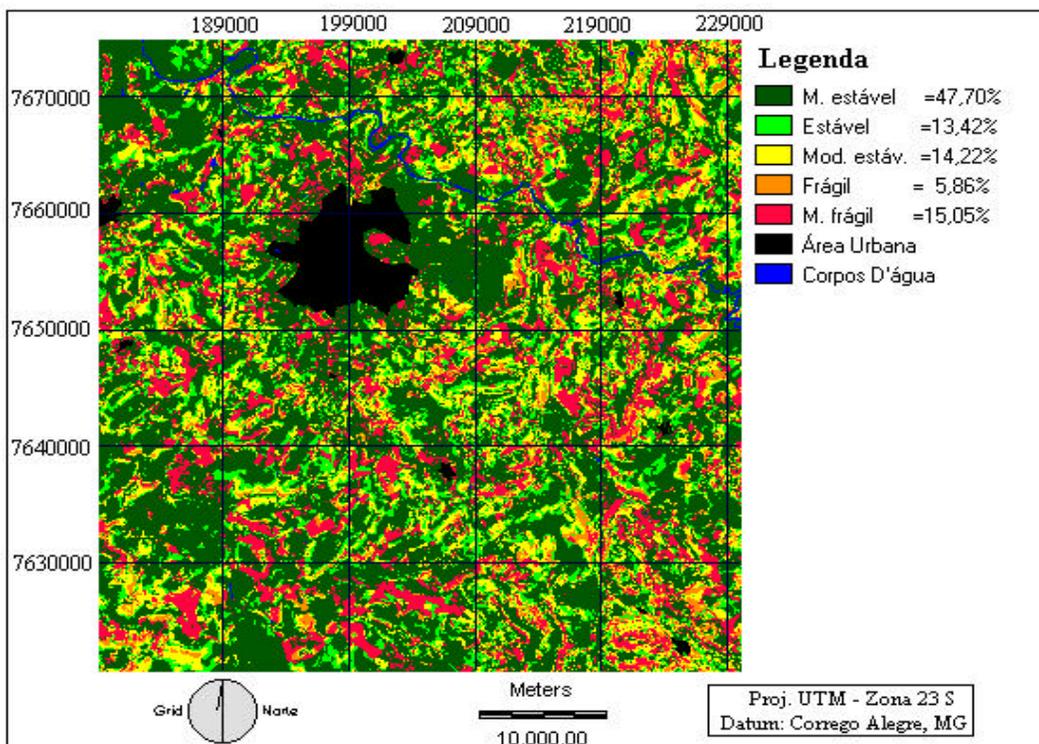


Figura 21 - Mapa de sensibilidade ambiental (MSA) da área de estudo (nível de manejo B).

O restante da área, correspondendo 20,91% ou 57.813,8 ha, apresentou-se com elevada fragilidade ambiental, sendo 5,86% classificadas como frágeis e 15,05% como muito frágeis. Em geral possuem solos suscetíveis à erosão, associados ao relevo forte ondulado. Estas áreas possuem elevado índice de fragilidade (IF), significando que as mesmas estão perdendo solos em quantidades maiores do que 5 vezes a sua tolerância. Portanto, são áreas com sérios problemas ambientais e que dentro de um planejamento conservacionista, devem merecer atenção especial. No mapa apresentam-se com as cores laranja (classe frágil) e vermelha (classe muito frágil).

4.3.2. Sensibilidade ambiental – nível de manejo C

A avaliação da sensibilidade ambiental no nível de manejo C, quando comparada com o nível B, demonstrou uma redução na quantidade de áreas com fragilidade ambiental e, ao mesmo tempo, revelou um aumento das áreas com estabilidade ambiental. Nessa avaliação, verificou-se que 82,03% da área total (ou 226.769,8 ha) apresentaram estabilidade ambiental variando de moderadamente estável a muito estável, onde 59,15% foram identificadas como

muito estáveis (valor que foi cerca de 22% superior ao que foi encontrado para a mesma classe, no nível de manejo B), 13,26% como áreas estáveis e 9,62% corresponderam às áreas moderadamente estáveis (Tabela 20). Este incremento de áreas com boa estabilidade ambiental (variando de moderada à muito estável), provavelmente se deva à maior proteção oferecida pela alta tecnologia que caracteriza o nível C. Estas áreas possuem predominância de solos com boas características físicas e morfológicas, profundos e muito profundos, bem drenados e que apresentam baixa suscetibilidade à erosão. Apresentam relevo plano e suave ondulado, baixo índice de fragilidade (IF) e, conseqüentemente, baixo risco ambiental.

Tabela 20 - Índice de Fragilidade (IF) de solos e sensibilidade ambiental, com suas respectivas áreas, na quadrícula de Ribeirão Preto – SP (nível de manejo C).

Índice de Fragilidade	Classe de Sensib. Ambiental	Riscos Ambientais	Grau limitação ao Uso	Cor no Mapa	Área	
					Hectare	%
< 1 vez a tolerância	Muito Estável	Muito baixo	0: Nulo	Verde escuro	163.512,4	59,15
1 – 2 vezes a tolerância	Estável	Baixo	1: Ligeiro	Verde claro	36.663,1	13,26
2 – 5 vezes a tolerância	Mod. Estável	Médio	2: Moderado	Amarelo	26.594,3	9,62
5 – 10 vezes a tolerância	Frágil	Alto	3: Forte	Laranja	12.489,4	4,51
> 10 vezes a tolerância	Muito Frágil	Muito alto	4: Muito forte	Vermelho	26.831,4	9,71
Área urbana					8.893,4	3,22
Corpos d'água					1.467,4	0,53
Área Total					276.451,3	100,00

No mapa de sensibilidade ambiental (MSA), essas áreas aparecem com as cores verde escuro (classe muito estável), verde claro (classe estável), e amarela (classe moderadamente estável).

As áreas com fragilidade ambiental corresponderam a 14,22% da área estudada, sendo que 4,51% foram classificados como áreas frágeis e 9,71% como muito frágeis. Conforme foi visto para o nível de manejo B, estas áreas se caracterizam por um IF bastante elevado, solos rasos, relevo ondulado e forte ondulado que, mesmo com a adoção do nível C de manejo, não evitou que determinadas áreas apresentassem perdas de solo muito acima de sua tolerância, o que pode significar erosão intensa, perda da capacidade produtiva e, mais grave, desarmonia ambiental. No mapa, estas classe estão representadas pela cor laranja (classe frágil) e cor vermelha (classe muito frágil), conforme Figura 22.

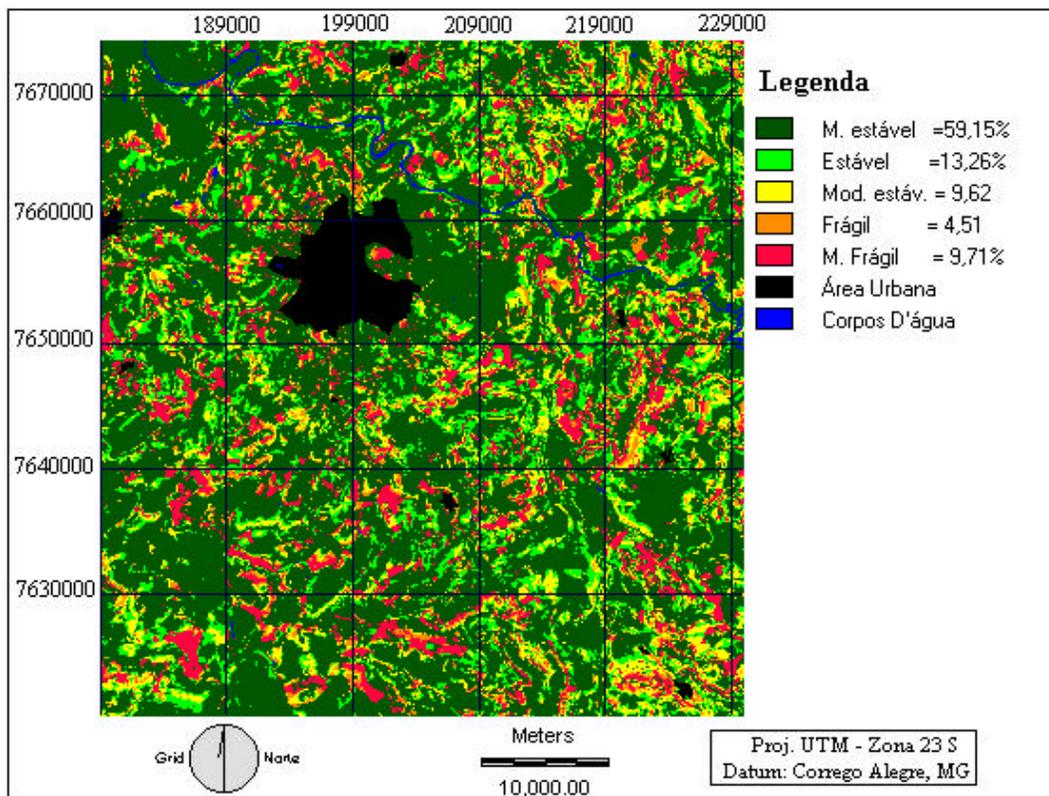


Figura 22 - Mapa de sensibilidade ambiental (MSA) da área de estudo (nível de manejo C).

5. CONCLUSÕES

De acordo com os métodos e técnicas utilizados no presente trabalho e levando-se em conta os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- A introdução de dois níveis de manejo na EUPS permitiu um ganho de qualidade nas estimativas de perda de solo. Verificou-se que, embora as condições físico-ambiental da área tenham favorecido a classe de menor perda (classes baixa), houve uma nítida diferença entre os dois níveis considerados.
- As perdas de solo, de acordo com os níveis de manejo, foram melhor visualizadas nas classes baixa (perda <10t) e muito baixa (perda >100t). No nível tecnológico B, as classes baixa e muito alta representaram, respectivamente, 44,05% e 15,69% da área estudada, ao passo que estas mesmas classes, para o nível C, foram de 54,88% e 10,39%. Ou seja, com a mudança do nível tecnológico houve um incremento de áreas na classe muito baixa e uma redução na classe muito alta, ressaltando a importância da adoção do nível tecnológico mais avançado.
- A partir da EUPS foi possível estabelecer um Índice de Fragilidade (IF) que permitiu a definição de cinco classes de sensibilidade ambiental, sendo duas com menor risco de degradação (classes estável e muito estável) e três com risco de degradação mais elevado (classes muito frágil, frágil e moderada).
- A classificação da sensibilidade ambiental da área revelou predominância das classes com menor risco de degradação (classes estável e muito estável) que, juntas, representaram 61,12% e 72,41% da área total, para os níveis de manejo B e C, respectivamente. Com relação às classes com maior risco de degradação (classes muito frágil, frágil e moderada), os valores encontrados foram de 35,13% e 23,84% da área total, para os níveis de manejo B e C, respectivamente. Isto demonstra a importância do uso da tecnologia mais intensiva, pois com a mudança do nível de manejo, verificou-se um incremento nas de áreas com baixo risco de degradação e reduções nas classes de riscos mais elevado.
- Com a avaliação da aptidão agrícola, após a incorporação e ajustes de atributos diagnóstico, verificou-se que a área possui elevada potencialidade de uso, favorecida pela boas condições de solo e relevo, principalmente. A maior parte de suas terras (77,73%) são

adequadas para o uso com lavouras. O restante da área teve como melhor indicação de uso as atividades menos intensivas, correspondentes á ntensivas, à pastagem plantada (6,77%) e silvicultura e/ou pastagem natural (8,78%). Como áreas de presevação da flora e fauna, por restrição de solo e relevo (6 ff), foram indicadas 2,97% da área total.

- Numa análise sobre as condições globais da área, verificou-se que trata-se de um ambiente com boas qualidades agoambientais. Estas condições são expressadas principalmente pela elevada extensão de terras aptas ao uso agrícola, bem como pela dominância de áreas classificadas como estáveis e muito estáveis, com baixo riscos de degradação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACIESP. ACADEMIA DE CIÊNCIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Glossário de Ecologia**. 2ed. São Paulo: CNPq/ FAPESP. 1997. 352p.
- ARAÚJO, A. G. de; LOPES ASSAD, M. L. Zoneamento pedoclimático por cultura a partir de levantamento de solos de baixa intensidade. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, 25:103-111, 2001.
- ARRUDA, F. B.; ZULLO JR., J.; OLIVEIRA, J. B. de. Parâmetros de solo para o cálculo da água disponível com base na textura do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 11:11-15, 1987.
- ART, H. W. (Ed.) **Dicionário de ecologia e ciências ambientais**. 2ed. São Paulo: UNESP, 2001. 583p.
- BECKER, B. K.; EGLER, C. A. G. **Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos Estados da Amazônia Legal**. Brasília: MMA-SAE, 1997. 43p.
- BEEK, K. J. **Recursos naturais e estudos prospectivos a longo prazo: notas metodológicas**. Brasília: SUPLAN, 1975. 69p. Mimeografado.
- BENNEMA, J.; BEEK, K. J.; CAMARGO, M. N. **Um sistema de classificação de capacidade de uso da terra para levantamento de reconhecimento de solos**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura/FAO, 1964. 49p. Mimeografado.
- BERTHA, K. B.; EGLER, C. A. G. **Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos Estados da Amazônia Legal**. MMA-SCA-SAE. Brasília, 1997, 43p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JR, R. **Equação de perdas de solo**. Instituto Agrônomo, Campinas, SP, 1975. 25p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3ed. São Paulo: Icone, 1990. 355p.
- BUENO, C. R. P. **Zoneamento da suscetibilidade à erosão dos solos da alta e média bacia do Rio Jacaré-Pepira, SP, com vistas ao planejamento ambiental**. 137p. Tese (Doutorado em Geociência e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1994.

- CAVALIÉRI, A. **Estimativa da adequação de uso das terras na quadrícula de Moji Mirim (SP) utilizando diferentes métodos.** 112p. Tese (Doutorado em Água e Solo) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 1998.
- CAVALIÉRI, A.; ROCHA, J. V.; ESPÍNDOLA, C. R.; SANTOS, M. A. dos. **Avaliação das limitações dos solos da quadrícula de Ribeirão Preto.** Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 26. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS/SBCS, jul. 1997, CD-Rom.
- CHUVIECO, E. **Fundamentos de teledetección espacial.** Madrid, 1990. 453p.
- CLINE, M. G. Basic principles of soil classification. **Soil Science**, v.67:81-92, 1949.
- CORRÊA, A. A. M. Conservação do solo, solo ideal e eco 92. **B. Inf. da SBCS**, v.15, n.2, p. 56-60, maio/ago., 1990.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico.** Relatório INPE, São José dos Campos, 1998.
- CRÓSTA, Á. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto.** Campinas, SP: IG/UNICAMP, 1992. 170p.
- CURI, N.; CARMO, D. N. do; BAHIA, V. G.; FERREIRA, M. M.; SANTANA, D. P. Problemas relativos ao uso, manejo e conservação do solo em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v.16, n.176, p.5-16, 1992.
- CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KÄMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. **Vocabulário de ciência do solo.** Campinas: SBCS, 1993. 90p.
- DONZELI, P. L.; VALÉRIO FILHO, M.; PINTO, S. A. F. Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao diagnóstico básico para planejamento e monitoramento de microbacias hidrográficas. In: LOMBARDI NETO, F.; CAMARGO, O. A. (Ed.) **Microbacia do Córrego São Joaquim, Município de Pirassununga, SP.** Campinas: Instituto Agrônômico, 1992. 138p. (Documentos IAC, n° 29).
- DOURADO NETO, D.; VAN LIER, Q. de J. **Balanço hídrico e classificação climática.** BHCLIMA, versão 1.0, 1991. Departamento de Agricultura, ESALQ – USP. Piracicaba.
- EASTMAN, J. R. **Idrisi for Windows User's Guide.** Clark University, MA, EUA, 1997.

- EMBRAPA-CNPMA. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental. Agricultura e o desenvolvimento sustentável. **Agricultura Sustentável**. Jaguariúna-SP, v.1, n.1, p. 27-32, jan./abr. 1994.
- EMBRAPA-CNPS. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Brasília: Embrapa -SPI, 1995. 101p.
- EMBRAPA-CNPS. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa -SPI, 1999. 412p.
- EMBRAPA-CPP. Centro de Pesquisas Pedológicas. **Mapa esquemático dos solos das regiões Norte, Meio-Norte e Centro-Oeste do Brasil**; texto explicativo. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CPP, 1975. 553p. (Boletim Técnico, 41).
- EMBRAPA-SNLCS. **Delineamento macro-agroecológico do Brasil**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1991. 114p (Boletim de Pesquisa, 37).
- FEEMA. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE. **Vocabulário básico de meio ambiente**. 3ed. Rio de Janeiro: Petrobrás, 1991. 246p.
- FERNANDES FILHO, E. I. **Desenvolvimento de um sistema especialista para determinação da aptidão agrícola das terras de duas bacias hidrográficas**. 71p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), 1996.
- FERNANDES, E. N. **Sistema inteligente de apoio ao processo de avaliação de impactos ambientais de atividades agropecuárias**. 122p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG). 1997.
- FORMAGGIO, A. R.; ALVES, D. S.; EPIPHANIO, 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.
- FREIRE, O. **Apontamentos de edafologia**. Piracicaba-SP: s. ed. 1984. 317p.
- GALLOPIN, G. **El ambiente humano y planificación ambiental**. Madrid. Centro Internacional de Formación en Ciencias del Ambiente, 1981. 30p. apud FEEMA.
- GIBOSHI, M. L. **Desenvolvimento de um sistema especialista para determinar a capacidade de uso da terra**. 77p. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Produção Agropecuária) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 1999.

- HURTUBIA, J. Ecologia y desarrollo: evolución y perspectivas del pensamiento ecológico. In: Estilos de desarrollo y medio ambiente. México, Fondo de Cultura Económica. 1980.159p apud FEEMA. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE. **Vocabulário básico de meio ambiente**. 3ed. Rio de Janeiro: Petrobrás, 1991. 246p.
- IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha municipal digital do Brasil, situação em 1997**. <http://www1.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>, 05/11/2001.
- IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Controle de erosão**. São Paulo: DAEE, 1989. 92p.
- IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapa de erosão do Estado de São Paulo. 1.ed. Paulo**. São Paulo, IPT. Mapa, escala 1:1.000.000. 1995.
- IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Mapa geológico do Estado de São Paulo. São Paulo, IPT. v.1, Mapa, escala 1:500.000, 1981 apud OLIVEIRA, J. B. de; PRADO, H. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de Ribeirão Preto. II. Memorial descritivo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1987. 133p. (Boletim Científico, 7).
- ITO, H. K. **Previsão de erosão e demarcação de talhões para plantação de Eucaliptos na microbacia hidrográfica do rio Itupeva (São Paulo), com base num sistema de informação geo-referenciada**. 88p. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Produção Agropecuária) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 1998.
- LAKER, M. C. Relationships between potential and soil properties. In: Soil Resource Inventories, Proceedings of a workshop. Ithaca, Cornell University, Agronomy mimeo, p. 325-335. 1977 apud OLIVEIRA, J. B. de. **Pedologia aplicada**. Jaboticabal: Funep, 2001. 398p.
- LARACH, J. O. I. Estudos integrados e ordenamento territorial. **B. Inf. da SBCS**, v.15, n.3, p. 100-101, set./dez. 1990.
- LEMO, R. C. de; SANTOS, R. D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3.ed. Campinas: SBCS, 1996. 84p.

- LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, Carlos Roberto **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso.** 4^a aproximação. Campinas: SBCS, 1991. 175p.
- LEPSCH, I. F.; SARAIVA, I. R.; DONZELI, P. M. de A.; SAKAI, E.; GUILLAUMON, J. R.; PFEIFER, R. M.; MATTOS, L. F. de A.; ANDRADE, W. J. de; SILVA, C. E. F. da. **Macrozoneamento das terras da região do Rio Ribeira de Iguape, SP.** Campinas: Instituto Agrônômico, 1990. 181p (Boletim do Instituto Agrônômico de Campinas, 19).
- LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. **Tolerância de perdas de terra para alguns solos do Estado de São Paulo.** Campinas, Instituto Agrônômico, SP, 1975. 12p. (Boletim Técnico, 28).
- LOMBARDI NETO, F. ; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas, SP. **Bragantia**, Campinas, 51(2): 189-196, 1992.
- LOMBARDI NETO, F.; PRUSKI, F. F.; TEIXEIRA, A. de F. **Sistema para o cálculo da erosividade da chuva para o Estado de São Paulo.** Viçosa. 2000 (CD-Rom).
- LOPES ASSAD, M. L. Uso de um sistema de informações geográficas na determinação da aptidão agrícola de terras. **R. bras. Ci. Solo.** Campinas, 19:133-139, 1995.
- LOPES ASSAD, M. L.; HAMADA, E.; CAVALIÉRI, A. Sistema de informações geográficas na avaliação de terra para agricultura. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Ed.) **Sistema de de Informações Geográficas.** 2ed. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 1998. 434p.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas.** São Paulo: Ed. Agrônômica Ceres, 1980. 251p.
- MARQUES, J. Q. de A. **Manual brasileiro para levantamento da capacidade de uso da terra:** 3^a aproximação. Rio de Janeiro: Escritório Técnico Brasil-EUA, 1971. 433p.
- MARTORANO, L. G. **Zoneamento agroecológico da quadrícula de Ribeirão Preto, SP, com base em características de solo, relevo e clima.** 77p. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

- MIRANDA, E. E. de; DORADO, A. J.; GUIMARÃES, M.; MANGABEIRA, J. A.; MIRANDA, J. R. **Impacto ambiental Y sostenibilidad agrícola**. Chile: RIMISP, 1995. 89p.
- MOREIRA, H. J. da C. **Sistema agroclimatológico para o acompanhamento das culturas irrigadas**. Brasília: Secretaria Nacional de Irrigação, 1992.90p.
- MOTTA, P. E. F. da; CURI, N.; SILVA, M. L. N.; MARQUES, J. J. G. de S. e M.; PRADO, N. J. S.; FONSECA, E. M. B. **Levantamento pedológico detalhado, erosão dos solos, uso atual e aptidão agrícola das terras de microbacia piloto na região sob influência do reservatório da hidrelétrica de Itutinga/Camargos-MG**. Belo Horizonte: CEMIG; Lavras: UFLA, 2001. 51 p. Mimeografado.
- NASCIMENTO, M. A. L. S. do. **Bacia do rio João Leite: influência das condições ambientais naturais e antrópicas na perda de terra por erosão laminar**. 176p. Tese (Doutorado em Organização do Espaço) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 1998.
- NOGUEIRA, F. P. **Uso agrícola sustentado das terras do município de Vera Cruz, SP: proposta metodológica**. 84p. Tese (Doutorado em Geociência e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2000.
- NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1989. 308p.
- OLIVEIRA, J. B. de. **Pedologia aplicada**. Jaboticabal: Funep, 2001. 398p.
- OLIVEIRA, J. B. de; BERG, M. van den. **Aptidão agrícola das terras do Estado de São Paulo: quadrícula de Araras. II. Memorial descritivo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1985. 60p. (Boletim Técnico, 102).
- OLIVEIRA, J. B. de; PRADO, H. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de Ribeirão Preto. II. Memorial descritivo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1987. 133p. (Boletim Científico, 7)
- OLIVEIRA, J. B. de; SOSA, S. M. B. **Sistema de clasificación de la aptitud agroecológica de la tierra (S. C. A. A. T.) para la región oriental del Paraguay (1ª aproximación)**. Assunción, Paraguay: UNA.FCA.CIF.GTZ, 1995. 77p.

- ORVEDAL, A. C.; EDWARDS, M. J. General principles of grouping of soils. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.** 6:386-391, 1941.
- PADCT. Project Appraisal for Development Control. **Objectives and principles of environmental impact assessment.** Aberden, University of Aberdeen, 1980. 25p apud VEROCAI, I. **Dicionário básico de meio ambiente.** http://www.redeambientalrj.org.br/dic_amb 08.12.2001.
- PECHE FILHO, A. **Metodologia para avaliação da fragilidade de terras em função da mecanização do preparo de solo.** 66p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 1998.
- PENTEADO, M. M. **Fundamentos de geomorfologia.** 3.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1980. 186p.
- PEREIRA, A. R.; VILA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração.** Piracicaba. FEALQ, 1997. 183p.
- PINTO, S. dos A. F. **Sensoriamento remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão dos solos:** uma contribuição metodológica. 134p. Tese (Doutorado em Ciências/Geografia Física). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- PUNDEK, M. Utilização prática da equação universal de perdas de solo para as condições de Santa Catarina. In: Santa Catarina. Secretaria de Estado da agricultura e Abastecimento. **Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água.** Florianópolis: EPAGRI, 1994. p..99-129.
- RAMALHO FILHO, A.; TOMASI, J. M. G.; CAMARGO, M. N.; ALMEIDA, N. da C.; ROSATELLI, J. S.; MOTCHI, E. P.; AMARAL, J. A. M. do; FREITAS, F. G. de; MOURA, E. M.; PALMIERI, F.; SANTOS, H. G dos; FAUSTINO NETO, M. **Interpretação para uso agrícola dos solos da zona de Iguatemi, Mato Grosso.** Rio de Janeiro: EPFS.EPE-Ministério da Agricultura, 1970 (Boletim Técnico, 10).
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras.** 3.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65p.
- RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, L. C. Avaliação da aptidão agrícola das terras do Brasil: potencial das terras e análise crítica dos principais métodos de avaliação. **CONGRESSO**

- LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO**. 13, Águas de Lindóia. Piracicaba: SBCS/SLCS, ago. 1996, CD-Room.
- RAMALHO FILHO, A.; OLIVEIRA, R. P. de; PEREIRA, L. C. Use of geographic information systems in (planning) sustainable land management in Brazil: potentialities and user needs. **ITC Journal**, Enschede, The Netherland, 3:295-301, 1997.
- RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, E. G.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. Brasília: SUPLAN/EMBRAPA-SNLCS, 1978. 70p.
- RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, E. G.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1983. 57p.
- RANIERI, S. B. L.; SPAROVEK, G.; SOUZA, M. P.; DOURADO NETO, D. Aplicação de índice comparativo na avaliação do risco de degradação das terras. **R. bras. Ci. Solo**. Campinas, 22:751-760, 1998.
- REICHARDT, K. **A água na produção agrícola**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978. 119p.
- RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S. B. de; CORRÊA, G. F. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. Viçosa: NEPUT, 1995. 304p.
- ROSS, J. L. S. **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. 5. ed. São Paulo. Contexto. 2000. 84p. (Repensando a geografia).
- SAA/IEA/CATI. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Instituto de Economia Agrícola. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo**. Projeto LUPA. São Paulo: SAA/IEA/CATI, 1995/1996.
- SANTOS, M. **DXFCON v.2.0, conversor de dados planialtimétricos (AUTOCAD – SURFER)**. Campinas, FEAGRI-UNICAMP, 1998.
- SEMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Atlas das unidades de conservação ambiental do Estado de São Paulo**. São Paulo: SEMA. 2000.
- STEELE, J. G. **Soil survey interpretation and its use**. Roma, FAO, 1967. 68p (Soil Bulletin, 8).
- STRAUCH, J. C. M. **Integração de bases de dados geográficos heterogêneas e distribuídas**. 342p. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistema de Computação)_ COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998.

- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, N. J. 1955, 104p. (Publications in Climatology, v.8, n.1).
- TOMASI, J. M. G.; RAMALHO FILHO, A. **Aptidão agrícola dos solos do sul do Estado de Mato Grosso**. Rio de Janeiro: DNPEA-DPP- Ministério da Agricultura, 1971. 72p (Boletim Técnico, 19).
- TRICARD, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE-SUPREN,1977. 97p. (Recursos Naturais e Meio Ambiente, 1).
- VALERIANO, M. de M. **Estimativa de variáveis topográficas por geoprocessamento para modelagem da perda de solos**. 146p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 1999.
- VEROCAI, I. **Dicionário básico de meio ambiente**.
http://www.redeambientalrj.org.br/dic_amb 08.12.2001.
- WEILL, M. A. M. **Estimativa da erosão do solo e avaliação de seu impacto na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP), através do índice de tempo de vida**. 100p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1999.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses from cropland East of the Rocky Mountains**. Washington: USDA, 1965. 47p. (Handbook, 282).
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to a conservation planning**. Washington: USDA, 1978. 58p. (Agriculture Handbook, 537).
- ZULLO JR., J.; ARRUDA, F. B. **Programa computacional para ajuste de equações em dados experimentais**. Campinas, Instituto Agrônômico, 1986. 23p. (Boletim Técnico, n° 113).

ANEXO 1 – Glossário

GLOSSÁRIO

- ✓ **ABIÓTICO** – sem vida; termo aplicado geralmente às características físicas dos ecossistemas, como umidade, nutrientes, solos, radiação solar (ART, 2001).
- ✓ **AGROECOLOGIA** – ramo da ecologia que estuda as condições ambientais abióticas, bióticas e noóticas dos agroecossistemas (ACIESP, 1997).
- ✓ **AGROECOSSISTEMAS** – sistemas utilizados na produção agrícola ou pecuária, segundo diferentes tipos e níveis de manejo (ACIESP, 1997).
- ✓ **AMBIENTE** (ver meio ambiente) – conjunto de condições que envolvem e sustentam os seres vivos, incluindo clima, solo, recursos hídricos e organismos (ACIESP, 1997).
- ✓ **APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS** – adaptabilidade da terra para um tipo específico de utilização agrícola, pressupondo-se um ou mais distintos níveis de manejo (CURI et al., 1993; ACIESP, 1997).
- ✓ **ATRIBUTOS DIAGNÓSTICOS** – são aquelas características e propriedades do solo e do meio físico ambiental que interferem na aptidão agrícola, pastoril, florestal e de preservação ambiental (OLIVEIRA e SOSA, 1995).
- ✓ **BIÓTICO** – referente aos organismos vivos ou produzido por eles, como os fatores ambientais criados pelas plantas ou microorganismos (ART, 2001).
- ✓ **CAPACIDADE DE USO DA TERRA** – vocação da terra para determinados tipos de usos agrários. Sinônimo de Uso potencial do solo, potencial de utilização. Adaptabilidade de um terreno, segundo fins agrícolas diversos, em função de uma susceptibilidade ao depauperamento, principalmente pela erosão acelerada do solo, explorado com cultivos anuais, perenes, pastagens ou reflorestamentos. No sistema de classificação de capacidade de uso da terra são reconhecidas oito classes de capacidade de uso, representadas pelos algarismos romanos de I a VIII (ACIESP, 1997; CURI et al., 1993).
- ✓ **CONSERVAÇÃO AMBIENTAL** – é o uso apropriado do meio ambiente dentro dos limites capazes de manter sua qualidade e seu equilíbrio, em níveis aceitáveis (FEEMA, 1991).
- ✓ **CONSERVAÇÃO DO SOLO** – conjunto de atividades que propicia um equilíbrio entre as condições resultantes do manejo e uso e a ação dos agentes erosivos, preservando-lhes a potencialidade produtiva (CORRÊA, 1990; FEEMA, 1991).
- ✓ **CRITICIDADE** – este conceito foi desenvolvido para qualificar um sistema ambiental (uma área geográfica, um ecossistema) em relação à situação de um ou mais de seus componentes ou recursos ambientais, face aos padrões estabelecidos para os usos a que se destinam (FEEMA, 1991).
- ✓ **DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL** - desenvolvimento que satisfaz às necessidades da geração presente sem comprometer as possibilidades das futuras gerações em satisfazer suas necessidades (ART, 2001; VEROCAI, 2001).
- ✓ **DESERTIFICAÇÃO** – Processo de degradação do solo, natural ou provocado por remoção da cobertura vegetal ou utilização predatória, que, devido aS condições climáticas e edáficas peculiares, acaba por transformá-lo em um deserto (VEROCAI, 2001).

- ✓ **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL** – conhecimento dos componentes ambientais de uma área (país, estado, município, bacia hidrográfica...) para a caracterização de sua qualidade ambiental. Um dos objetivos dessa caracterização é o de servir de base para o conhecimento e o exame da situação ambiental, visando traçar linhas de ação (planejamento) ou tomada de decisões para prevenção, controle e correção de problemas ambientais – políticas ambientais (FEEMA, 1991; VEROCAI, 2001).
- ✓ **ECOLOGIA** – ciência que trata das inter-relações dos organismos com seu meio (CORRÊA, 1990; FEEMA, 1991).
- ✓ **ECOSSISTEMA** – sistemas naturais ou artificiais, limitados por um espaço físico, onde interagem fatores bióticos e abióticos, caracterizando determinadas estruturas e funções. O ecossistema forma uma unidade fundamental do meio físico e biótico, em que coexistem e interagem uma base inorgânica e uma base orgânica, gerando produtos específicos – turfeira, brejo, floresta de terra firme, cerradões, entre outras – (VEROCAI, 2001; FEEMA, 1991).
- ✓ **ECOSSISTEMA NATURAL** – expressão usada para designar genericamente os ecossistemas que não estão sujeitos à influência da atividade humana (VEROCAI, 2001).
- ✓ **ERODIBILIDADE DO SOLO** – é a sua vulnerabilidade ou suscetibilidade à erosão. Um solo com alta erodibilidade sofrerá mais erosão do que um com baixa erodibilidade, se ambos estiverem expostos a uma mesma condição (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990).
- ✓ **EROSÃO** – é o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo, causado pela ação da água e/ou do vento (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990).
- ✓ **EROSÃO TOLERÁVEL** – Medida arbitrária na pedologia, que significa o teor máximo permissível de erosão do solo (ART, 2001).
- ✓ **ESTRESSE AMBIENTAL** – qualquer fator ambiental físico que tem um impacto negativo sobre uma comunidade ou ecossistema individual, como a temperatura, a salinidade ou a poluição (ART, 2001).
- ✓ **ESTUDO DE CASO** – estudo descritivo abrangente de uma pessoa, lugar ou questões específicas (ART, 2001).
- ✓ **ÉTICA AMBIENTAL** – aplicação da ética social a questões de comportamento em relação ao ambiente (ART, 2001).
- ✓ **FATOR LIMITANTE** (ver lei dos fatores limitantes) – Variável, ou combinação de variáveis ambientais, que inibem a taxa de crescimento de um organismo ou de uma população inteira (ART, 2001).
- ✓ **FATORES FÍSICOS** (ver abiótico) – condições ambientais que não envolvem espécies vivas, tais como precipitação, tipo de solo, temperatura (ART, 2001).
- ✓ **INDICADOR AMBIENTAL** – é o que reflete uma relação significativa entre um aspecto do desenvolvimento econômico e social e um fator ou processo ambiental (FEEMA, 1991).
- ✓ **INDICADOR DE IMPACTO** – são elementos ou parâmetros de uma variável que fornecem a medida da magnitude de um impacto ambiental. Podem ser quantitativos, quando representados por uma escala numérica, ou qualitativos, quando classificados simplesmente em categorias ou níveis. Alguns indicadores, tais como os índices de morbidez ou mortalidade, ou a produção agrícola, associam-se a uma escala numérica. Outros

indicadores só podem ser classificados em escalas simples, como: “bom – melhor – ótimo” ou “aceitável – inaceitável” (VEROCAI, 2001).

✓ **LEI DE FATORES LIMITANTES** – princípio segundo o qual cada variável física num ecossistema tem níveis máximos e mínimos (limites de tolerância) fora dos quais uma espécie particular não consegue viver (ART, 2001).

✓ **MEIO AMBIENTE** (ver ambiente) – há inúmeras definições, acadêmicas e legais, algumas de escopo limitado, abrangendo apenas os componentes naturais, outras refletindo a concepção mais recente, que considera o meio ambiente como um sistema no qual interagem fatores de ordem física, biológica e socioeconômica. Definição acadêmica: conjunto de todos os fatores físicos, químicos, biológicos e socioeconômicos que atuam sobre um indivíduo, uma população ou uma comunidade. Definição legal: meio ambiente significa o ar, o solo, a água; as plantas e os animais, inclusive o homem; e as condições sociais e econômicas que influenciam a vida do homem e da comunidade (VEROCAI, 2001; FEEMA, 1991).

✓ **MONITORAMENTO** (ambiental) – coleta, para um propósito predeterminado, de medições ou observações sistemáticas e intercomparáveis, em uma série espaço-temporal, de qualquer variável ou atributo ambiental, que forneça uma visão sinóptica ou uma amostra representativa do meio ambiente, PADC (citado por VEROCAI, 2001).

✓ **MORFOGÊNESE** – origem e evolução da forma e estrutura totais de um organismo (ART, 2001).

✓ **MOSAICO AMBIENTAL** – ambiente heterogêneo no espaço, composto por manchas de habitat de diferentes tamanhos, caracterizadas por diferentes espécies, estrutura de vegetação ou de substrato, assim como por diferentes concentrações de recursos abióticos e bióticos (ACIESP, 1997).

✓ **NUTRIENTE** – algo que fornece nutrição, especialmente um elemento mineral ou composto alimentício requerido para o funcionamento normal de vegetais ou animais (ART, 2001).

✓ **PLANEJAMENTO DE BACIA** – planejamento do uso e tratamento dos solos e águas, tendo em vista a sua utilização e conservação, levando-se em conta os interesses gerais de uma bacia (ACIESP, 1997).

✓ **POLUIÇÃO DO SOLO** – contaminação do solo por qualquer um dos inúmeros poluentes derivados da agricultura, da mineração, das atividades urbanas e industriais, dos dejetos animais, do uso de herbicidas, ou dos processos de erosão (FEEMA, 1991).

✓ **RECURSOS AMBIENTAIS** – são os elementos naturais bióticos e abióticos de que dispõe o homem, para satisfazer suas necessidades econômicas, sociais e culturais (VEROCAI, 2001).

✓ **RECURSOS NATURAIS** – são os mais variados meios de subsistência que as pessoas obtêm diretamente da natureza. É o patrimônio nacional nas suas várias partes, tanto os recursos não renováveis, como jazidas minerais, quanto os renováveis, como florestas e meio de produção (VEROCAI, 2001).

✓ **RESISTÊNCIA** (ver resiliência) – capacidade de um sistema suportar variações, quando submetido a uma alteração ambiental ou perturbação (ACIESP, 1997).

✓ **TOLERÂNCIA** – Nos estudos ambientais, tolerância é a capacidade de um sistema ambiental absorver determinados impactos de duração e intensidade tais que sua qualidade e sua estabilidade não sejam afetadas, a ponto de torná-lo impróprio aos usos a que se destina (FEEMA 1991; VEROCAI, 2001).

✓ **VERTENTE** – planos de declives variados que divergem das cristas ou dos interflúvios, enquadrando o vale. Na zona de planície, geralmente, as vertentes podem ser abruptas e formarem gargantas (FEEMA, 1991).

ANEXO 2 : Uso da terra e níveis de manejo B e C



Solo exposto – nível de manejo B



Cultivos anuais em consorciação – nível de manejo B



Cultura da cana-de-açúcar (solo descoberto) – nível de manejo B



Cultura da cana-de-açúcar (solo com palhada) – nível de manejo C



Exemplo de pasto sujo, no plano à esquerda (visão aérea) – nível de manejo B



Exemplo de pasto limpo (visão aérea) – nível de manejo B ou C

ANEXO 3 : Atualização da Nomenclatura de Solos

Correlação entre a classificação anteriormente utilizada e as classes atuais do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA-CNPS, 1999).

Símbolo	Classificação Anterior	Classificação atualizada – EMBRAPA-CNPS (1999)	Símbolo*
LRe	Latossolo Roxo eutrófico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa.	Latossolo Vermelho eutroférico típico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado.	LVef
LRd-1	Latossolo Roxo distrófico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa.	Latossolo Vermelho distroférico típico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado.	LVdf
LRd-2	Latossolo Roxo distrófico, A moderado, textura argilosa.	Latossolo Vermelho distroférico típico, textura argilosa, A moderado.	LVdf
LRa	Latossolo Roxo ácrico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa.	Latossolo Vermelho acriférico típico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado.	LVwf
LRv	Latossolo Roxo ácrico ou distrófico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa.	Latossolo Vermelho acriférico típico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado, ou Latossolo Vermelho distroférico típico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado.	LVwf
LRr	Latossolo Roxo raso eutrófico, distrófico ou ácrico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa.	Latossolo Vermelho eutroférico câmbico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado, Latossolo Vermelho distroférico câmbico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado, ou Latossolo Vermelho acriférico câmbico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado.	LVef
LRc	Latossolo Roxo ácrico, concrecionário, A moderado, textura argilosa.	Latossolo Vermelho acriférico típico, textura argilosa, concrecionário, A moderado.	LVwf (c)
LE-1	Latossolo Vermelho-Escuro álico, A moderado, textura média.	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, álico, textura média, A moderado.	LVAd(a)
LE-2	Latossolo Vermelho-Escuro álico ou distrófico, A moderado, textura média.	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, álico, textura média, A moderado, ou Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, textura média, A moderado.	LVAd(a)
LE-3	Latossolo Vermelho-Escuro álico, distrófico ou ácrico, A moderado, textura argilosa.	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, álico, textura argilosa, A moderado, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, textura argilosa, A moderado, ou Latossolo Vermelho-Amarelo ácrico típico, textura argilosa, A moderado.	LVAd(a)
LE-4	Latossolo Vermelho-Escuro álico, distrófico ou ácrico, A moderado, textura argilosa.	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, álico, textura argilosa, A moderado, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, textura argilosa, A moderado, ou Latossolo Vermelho-Amarelo ácrico típico, textura argilosa, A moderado.	LVAd(a)
LV-1	Latossolo Vermelho-Amarelo álico, A moderado, textura média.	Latossolo Amarelo distrófico típico, álico, textura média, A moderado.	LAd(a)
LV-2	Latossolo Vermelho-Amarelo álico, A moderado, textura média	Latossolo Amarelo distrófico típico, álico, textura média, A moderado.	LAd(a)
LV-3	Latossolo Vermelho-Amarelo álico, A moderado, textura média.	Latossolo Amarelo distrófico típicos, álico, textura argilosa, A moderado.	LAd(a)
LV-4	Latossolo Vermelho-Amarelo álico, A proeminente, textura muito argilosa.	Latossolo Amarelo distrófico típico, álico, textura muito argilosa, A proeminente.	LAd(a)

(Continua...)

Correlação entre a classificação anteriormente utilizada e as classes atuais do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA-CNPS, 1999).

Símbolo	Classificação Anterior	Classificação atualizada – EMBRAPA-CNPS (1999)	Símbolo*
LRe	Latossolo Roxo eutrófico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa.	Latossolo Vermelho eutroférico típico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado.	LVef
LRd-1	Latossolo Roxo distrófico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa.	Latossolo Vermelho distroférico típico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado.	LVdf
LRd-2	Latossolo Roxo distrófico, A moderado, textura argilosa.	Latossolo Vermelho distroférico típico, textura argilosa, A moderado.	LVdf
LRa	Latossolo Roxo ácrico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa.	Latossolo Vermelho acriférico típico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado.	LVwf
LRv	Latossolo Roxo ácrico ou distrófico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa.	Latossolo Vermelho acriférico típico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado, ou Latossolo Vermelho distroférico típico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado.	LVwf
LRr	Latossolo Roxo raso eutrófico, distrófico ou ácrico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa.	Latossolo Vermelho eutroférico câmbico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado, Latossolo Vermelho distroférico câmbico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado, ou Latossolo Vermelho acriférico câmbico, textura argilosa ou muito argilosa, A moderado.	LVef
LRc	Latossolo Roxo ácrico, concrecionário, A moderado, textura argilosa.	Latossolo Vermelho acriférico típico, textura argilosa, concrecionário, A moderado.	LVwf (c)
LE-1	Latossolo Vermelho-Escuro álico, A moderado, textura média.	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, álico, textura média, A moderado.	LVAd(a)
LE-2	Latossolo Vermelho-Escuro álico ou distrófico, A moderado, textura média.	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, álico, textura média, A moderado, ou Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, textura média, A moderado.	LVAd(a)
LE-3	Latossolo Vermelho-Escuro álico, distrófico ou ácrico, A moderado, textura argilosa.	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, álico, textura argilosa, A moderado, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, textura argilosa, A moderado, ou Latossolo Vermelho-Amarelo ácrico típico, textura argilosa, A moderado.	LVAd(a)
LE-4	Latossolo Vermelho-Escuro álico, distrófico ou ácrico, A moderado, textura argilosa.	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, álico, textura argilosa, A moderado, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, textura argilosa, A moderado, ou Latossolo Vermelho-Amarelo ácrico típico, textura argilosa, A moderado.	LVAd(a)
LV-1	Latossolo Vermelho-Amarelo álico, A moderado, textura média.	Latossolo Amarelo distrófico típico, álico, textura média, A moderado.	LAd(a)
LV-2	Latossolo Vermelho-Amarelo álico, A moderado, textura média.	Latossolo Amarelo distrófico típico, álico, textura média, A moderado.	LAd(a)
LV-3	Latossolo Vermelho-Amarelo álico, A moderado, textura média.	Latossolo Amarelo distrófico típicos, álico, textura argilosa, A moderado.	LAd(a)
LV-4	Latossolo Vermelho-Amarelo álico, A proeminente, textura muito argilosa.	Latossolo Amarelo distrófico típico, álico, textura muito argilosa, A proeminente.	LAd(a)

(Continua...)

ANEXO 4 : Tabelas de Critérios

1. Graus de limitação por deficiência de fertilidade : n, a, f

a) Graus de limitação referentes à disponibilidade de nutrientes : n

Graus de limitação referentes à disponibilidade de nutrientes.

Saturação por Bases (V %)	Capacidade de Troca de Cátions (C T C, em $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)		
	> 5	3 - 5	2 - 3
	Graus de Limitação *		
50 - 100	0	1	2
25 - 50	1	2	2
10 - 25	3	3	4
0 - 10	4	4	4

Fonte : OLIVEIRA e BERG (1985).

* Graus de Limitação: 0 = Nulo; 1 = Ligeiro; 2 = Moderado; 3 = Forte; 4 = Muito Forte.

➤ GRAUS DE LIMITAÇÃO

- **0 : Nulo** - terras que possuem elevadas reservas de nutrientes (constituídas por solos eutróficos), que apresentam pelo menos até 80 cm de profundidade uma saturação por bases (V%) superior a 50%, conjugada a uma capacidade de troca de cátion (CTC) superior a $5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Praticamente não respondem à adubação e apresentam ótimos rendimentos durante muitos anos.
- **1 : Ligeiro** – terras com boa reserva de nutrientes, devendo apresentar pelo menos até 50 cm de profundidade uma saturação por bases (V%) maior que 50% (solos eutróficos), quando associada à moderada CTC (3-5 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). Ou, saturação por bases variando entre 25 a 50%, quando associada à CTC mais elevadas (>5 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). Essas terras têm capacidade de manter boas colheitas durante vários anos, com pequena exigência de fertilizantes para manutenção de seu estado de produção.
- **2 : Moderado** – terras com limitadas reservas de nutrientes (solos distróficos), que apresentam pelo menos até 50 cm de profundidade uma saturação por bases variando entre 25 a 100%, quando associada a valores de CTC de 2-3 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Ou, com saturação por bases variando somente entre 25 a 50%, quando conjugada com valores de CTC de 3-5 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Terras que nos primeiros anos de utilização permitem bons rendimentos, seguindo-se um rápido declínio na produção.
- **3 : Forte** – terras com reservas de nutrientes muito limitadas (solos distróficos), que apresentam saturação por bases entre 10 e 25% até pelo menos 50 cm de profundidade, mesmo que associada a valores de CTC 3-5 ou > 5 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.
- **4 : Muito Forte** - terras extremamente pobres em nutrientes (distróficos), que apresentam saturação por bases muito baixa (< 10%) até pelo menos 50 cm de profundidade, ainda que associada a valores de CTC superiores a $5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; ou com V% entre 10 e 25% e CTC de 2-3 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

b) Graus de limitação referentes à toxicidade por alumínio : a

Graus de limitação referentes à toxicidade por alumínio.

Saturação por Alumínio (m %)	Capacidade de Troca de Cátions (C T C, em cmol _c Kg ⁻¹)	
	5 - 10	1 - 5
	G r a u s de Limitação *	
0 - 10	0	0
10 - 30	1	1
30 - 50	2	1
50 - 70	3	2
70 - 100	4	3

Fonte : OLIVEIRA e BERG (1985).

* Graus de Limitação: 0 = Nulo; 1 = Ligeiro; 2 = Moderado; 3 = Forte; 4 = Muito Forte.

➤ GRAUS DE LIMITAÇÃO

- **0 : Nulo** - terras não álicas, com saturação por alumínio inferior a 10% na camada arável, conjugado com capacidade de troca catiônica (CTC) de até 10 cmol_c kg⁻¹.
- **1 : Ligeiro** – terras não álicas, com saturação por alumínio podendo variar de 10 a 50 %, quando associada à baixa CTC (1-5 cmol_c kg⁻¹), ou com saturação por alumínio variando de 10-30%, quando a CTC assume valores mais elevados (5-10 cmol_c kg⁻¹).
- **2 : Moderado** – terras não álicas, com saturação por alumínio variando de 30 a 50%, quando associadas a CTC de 5-10 cmol_c kg⁻¹. Ou, terras álicas com saturação de alumínio variando entre 50 e 70%, porém, deve estar conjugada com baixos valores de CTC (1-5 cmol_c kg⁻¹).
- **3 : Forte** – terras álicas, com saturação por alumínio variando entre 50 e 70%, associada à CTC com valores mais elevados (5-10 cmol_c kg⁻¹). Ou, terras álicas com elevada saturação por alumínio (70-100%), mas associada a valores mais baixos de CTC (1-5 cmol_c kg⁻¹).
- **4 : Muito Forte** - terras álicas, com elevada saturação por alumínio (70-100%), associada a CTC com valores variando de 5 a 10 cmol_c kg⁻¹.

c) Graus de limitação referentes à fixação de fósforo : f

Graus de limitação referentes à fixação de fósforo.

Graus de Limitação	Textura Superficial	Cor do Solo	Atração Eletromagnética
0 : Nulo	Arenosa Arenosa ****	*** Vermelho-escuro ou Vermelho-amarelo	Ausente
1 : Ligeiro	Média Argilosa ou muito argilosa	Vermelho-escuro Vermelho-amarelo	Pequena atração
2 : Moderado	Argilosa Muito argilosa	Vermelho Vermelho-escuro	Moderada atração
3 : Forte	Argilosa ou muito argilosa	Roxo	Forte atração
4 : Muito Forte	Argilosa ou muito argilosa	Roxo	Muito forte atração

Fonte : OLIVEIRA e SOSA (1995).

*** Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Regolíticos.

**** Textura superficial arenosa e subsuperficial média.

➤ GRAUS DE LIMITAÇÃO

- **0 : Nulo** - terras que apresentam solos de textura superficial arenosa (Areia Quartzosa e Regossolo) e solos de textura superficial arenosa e subsuperficial média, com cores vermelho-escuro ou vermelho-amarelo. Solos virtualmente sem atração por imã.
- **1 : Ligeiro** – terras que apresentam solos de textura superficial média, argilosa ou muito argilosa, com cores vermelho-escuro ou vermelho-amarelo. Solos com baixa atração magnética.
- **2 : Moderado** – terras que apresentam solos de textura superficial argilosa ou muito argilosa, com cores vermelho ou vermelho-escuro. Solos com moderada atração magnética.
- **3 : Forte** – terras que apresentam solos de textura superficial argilosa ou muito argilosa, com cores roxa. Solos com forte atração magnética.
- **4 : Muito Forte** – terras que apresentam solos de textura superficial argilosa ou muito argilosa, com cores roxa. Solos com muito forte atração magnética.

2. Graus de limitação por deficiência de água : w

Graus de limitação referentes à água disponível (profundidade = 100 cm)

% Silte + % argila	Grupamentos texturais do solo*		
	Textura arenosa	Textura média e Textura argilosa	Textura muito argilosa
	Graus de Limitação**		
< 5	4	–	–
5 – 10	3	–	–
10 – 15	2	–	–
15 – 25	1	–	–
25 – 30	0	–	–
30 – 60	–	0	–
60 – 75	–	0	0
75 – 85	–	1	1
85 – 90	–	2	2
90 – 95	–	3	3
> 95	–	4	4

* Grupamentos texturais extraídos de EMBRAPA-CNPS (1999)

** Graus de Limitação: 0 = Nulo ; 1 = Ligeiro ; 2 = Moderado ; 3 = Forte; e 4 = Muito Forte.

✓ Grupamentos Texturais (EMBRAPA-CNPS, 1999)

- Textura arenosa : compreende as classes texturais areia e areia franca.
- Textura média : compreende classes texturais ou parte delas, tendo na sua granulometria menos de 35% de argila e mais de 15% de areia, excluídas as classes texturais areia e areia franca.
- Textura argilosa : compreende classes texturais ou parte delas, tendo na composição granulométrica de 35% a 60% de argila.
- Textura muito argilosa : compreende classe textural com mais de 60% de argila.

Obs: devido a ausência de solos com textura siltosa, esta classe não foi considerada.

➤ GRAUS DE LIMITAÇÃO

- **0 : Nulo** - terras que em todo o ano apresentam água disponível em boa quantidade, de modo a promover o desenvolvimento normal das plantas e oferecer múltiplas opções de uso. Essas terras possuem solos em que a

soma de %silte + %argila está na faixa de 25% a 30% (o que corresponde, respectivamente, à 74 mm – 80 mm de água disponível), para o caso dos arenosos; de 30% a 75% (correspondente à 80 mm – 75 mm de água disponível, respectivamente) para os solos de textura média e de textura argilosa; e de 60% a 75% (correspondente à 89 mm – 75 mm de água disponível, respectivamente), quando tratar-se de solos de textura muito argilosa.

- **1 : Ligeiro** – terras com solos que apresentam discreta limitação quanto à disponibilidade de água, influenciando ligeiramente no desenvolvimento das espécies cultivadas mais sensíveis. Tais solos apresentam soma de %silte + %argila na faixa de 15% a 25% (correspondente à 58 mm – 74 mm de água disponível, respectivamente) para os de textura arenosa; e de 75% a 85% (equivalente à 75 mm – 60 mm de água disponível, respectivamente) para os solos de textura média ou argilosa, ou muito argilosa.
- **2 : Moderado** – terras com solos que apresentam nítida limitação referente à disponibilidade de água, influenciando sensivelmente no desenvolvimento das espécies cultivadas, diminuindo assim as opções de uso das terras. Essas terras apresentam solos com soma de %silte + %argila na faixa de 10% a 15% (correspondente à 49 mm – 58 mm de água disponível, respectivamente), para os de textura arenosa; e de 85% a 90% (60 mm – 50 mm de água disponível, respectivamente) para os solos de textura média ou argilosa, ou muito argilosa.
- **3 : Forte** – terras com solos que apresentam fortes limitações relacionadas à disponibilidade de água para promover o desenvolvimento normal das plantas. Tais solos possuem soma de %silte + %argila na faixa de 5% a 10% (correspondente à 37 mm – 49 mm de água disponível, respectivamente) para os de textura arenosa; e de 90% a 95% (equivalente à 50 mm – 39 mm de água disponível, respectivamente) para os solos de textura média ou argilosa, ou muito argilosa.
- **4: Muito Forte** – terras com solos que apresentam limitações muito forte quanto à disponibilidade de água para promover o bom desenvolvimento das plantas. Estes solos possuem soma de %silte + %argila inferior a 5% (o que corresponde à valores de água disponível inferiores a 37 mm) para os de textura arenosa; e superior a 95% (equivalente à valores de água disponível inferiores à 39 mm) para os solos de textura média ou argilosa, ou muito argilosa.

3. Graus de limitação por excesso de água ou deficiência de oxigênio : o

Graus de limitação referentes à deficiência de oxigênio e/ou excesso de água.

Graus de Limitação	Classe de Drenagem *
0 : Nulo	Excessivamente; Fortemente; Acentuadamente; e Bem Drenado
1 : Ligeiro	Moderadamente Drenado
2 : Moderado	Imperfeitamente Drenado
3 : Forte	Mal Drenado
4 : Muito Forte	Muito Mal Drenado

Fonte : OLIVEIRA e SOSA (1995); adaptação de RAMALHO FILHO e BEEK (1995).

* Classes de drenagem, segundo EMBRAPA (1999).

➤ GRAUS DE LIMITAÇÃO

- **0 : Nulo** – terras que não apresentam problemas de aeração ao sistema radicular da maioria das culturas, durante todo o ano. Compreendem terras muito porosas e permeáveis, abrangendo as classes de drenagem que variam de excessivamente drenado à bem drenado.
- **1 : Ligeiro** – terras que apresentam discreta deficiência de aeração durante curto período do ano. São classificadas como moderadamente drenadas.
- **2 : Moderado** – terras que apresentam moderada deficiência de aeração durante a estação chuvosa. A deficiência de oxigênio pode ser causada, tanto pelo lençol freático relativamente elevado, quanto pela baixa condutividade hidráulica. São solos imperfeitamente drenados.
- **3 : Forte** – terras que apresentam sérias deficiências de oxigênio durante grande parte do ano, de modo que os cultivos não adaptados demandam trabalhos de drenagem artificial para obtenção de colheitas satisfatórias. São solos da classe mal drenada, apresentando condições propícias para a existência de horizonte gleizado.
- **4 : Muito Forte** - terras que apresentam restrições de uso muito fortes, devido à deficiência de oxigênio durante praticamente todo o ano. Os solos são classificados como muito mal drenados.

4. Graus de limitação por suscetibilidade à erosão : e

O fator suscetibilidade à erosão foi avaliado com base em dois atributos diagnósticos (erodibilidade e declividade), conforme tabelas de critérios e as descrições de seus respectivos graus de limitação, a seguir:

a) Graus de limitação referentes à erodibilidade

Graus de limitação devidos à erodibilidade.

Graus de Limitação	Erodibilidade (t..h.MJ ⁻¹ . mm ⁻¹)
0 : Nulo	< 0,010
1 : Ligeiro	0,010 a 0,020
2 : Moderado	0,020 a 0,030
3 : Forte	0,030 a 0,040
4 : Muito Forte	> 0,040

Fonte: Adaptado de GIBOSHI (1999).

b) Graus de limitação por suscetibilidade à erosão – e (fator K x declividade)

Graus de limitação devidos à suscetibilidade à erosão.

Declividade		Relevo	Fator K (t. h. MJ ⁻¹ . mm ⁻¹)				
			Nulo	Ligeiro	Moderado	Forte	Muito forte
Classe	(%)	Tipo	Graus de Limitação *				
A	0 a 3	Plano	0	1	1	2	3
B	3 a 8	Suave ondulado	1	1	2	3	4
C	8 a 13	Moderadamente ondulado	2	3	3	4	4
D	13 a 20	Ondulado	3	4	4	4	4
E	20 a 45	Forte ondulado	4	4	4	4	4
F	> 45	Montanhoso e escarpado	4	4	4	4	4

Fonte: adaptado de GIBOSHI (1999); adaptado de RAMALHO FILHO e BEEK (1995).

* Graus de Limitação: 0 = Nulo ; 1 = Ligeiro ; 2 = Moderado ; 3 = Forte ; 4 = Muito Forte.

➤ GRAUS DE LIMITAÇÃO

- **0 : Nulo** - terras que apresentam suscetibilidade à erosão insignificante. Seus solos ocorrem em relevo plano (0-3%), conjugado com erodibilidade (fator K) nula.
- **1 : Ligeiro** – terras com discreta suscetibilidade à erosão. Possui solos com relevo plano (0-3%), admitindo-se uma erodibilidade (fator K) associada com grau ligeiro ou até moderado. Para o caso de solos com relevo suave ondulado (3-8%), a erodibilidade associada não deverá ser superior ao grau ligeiro.
- **2 : Moderado** – terras que apresentam moderada suscetibilidade à erosão. Possui solos que apesar de ocorrerem em relevo plano (0-3%), a sua erodibilidade (fator K) apresenta-se com grau forte. Para o caso de solos com relevo suave ondulado (3-8%), a erodibilidade associada deverá ter grau moderado e, no caso, de solos com relevo moderadamente ondulado (8-13%), o grau de limitação da sua erodibilidade deverá ser nulo.
- **3 : Forte** – terras que apresentam acentuada suscetibilidade à erosão. Possui solos com relevo plano (0-3%), porém com uma elevada erodibilidade (fator K), classificada como de grau muito forte. Para os solos de relevo suave ondulado (3-8%), a sua erodibilidade apresenta-se com grau forte. Nos solos com relevo moderadamente ondulado (8-13%), a erodibilidade admitida refere-se aos graus ligeiro ou moderado, ao passo que nos solos de relevo ondulado (13-20%) o grau de erodibilidade deve ser nulo.
- **4 : Muito Forte** - terras com suscetibilidade à erosão muito acentuada. Possui solos com relevo suave ondulado (3-8%), contudo a sua erodibilidade (fator K) apresenta-se com grau muito forte. Os solos com relevo moderadamente ondulado (8-13%) têm uma erodibilidade associada com graus forte ou muito forte. Para o caso de solos com relevo ondulado (13-20%), a erodibilidade associada tem relevante significado, pois é determinante já a partir do grau ligeiro. Nos solos com relevo montanhoso e escarpado (>45%), associados a qualquer grau de erodibilidade, pois nessa declividade os riscos ambientais são extremos.

5. **Graus de limitação por impedimento à mecanização : m** (declividade x roch. e/ou pedregosidade)

a) Graus de limitação referentes à rochosidade e/ou pedregosidade : r

Graus de limitação referentes à rochosidade e/ou pedregosidade.

Graus de Limitação	Rochosidade (% exposição rochosa em relação à massa do solo)	Pedregosidade (% de fragmentos grosseiros em relação à massa do solo)
0 : Nulo	Sem rochas	Sem fragmentos
1 : Ligeiro	< 2	< 15
2 : Moderado	2 a 15	15 a 50
3 : Forte	15 a 50	50 a 75
4 : Muito Forte	>50	> 75

Fonte : LEPSCH et al. (1991) ; LEMOS e SANTOS (1996).

a.1) Graus de limitação referentes à mecanização – m (declividade x rochosidade e/ou declividade)

Graus de limitação devidos ao impedimento à mecanização.

Declividade		Relevo	Rochosidade e/ou pedregosidade				
			Nulo	Ligeiro	Moderado	Forte	Muito forte
Classe	(%)	Tipo	Graus de Limitação *				
A	0 a 3	Plano	0	1	3	4	4
B	3 a 8	Suave ondulado	1	2	4	4	4
C	8 a 13	Moderadamente ondulado	2	3	4	4	4
D	13 a 20	Ondulado	3	4	4	4	4
E	20 a 45	Forte ondulado	4	4	4	4	4
F	> 45	Montanhoso e escarpado	4	4	4	4	4

Fonte: adaptado de: GIBOSHI (1999); RAMALHO FILHO e BEEK, (1995).

* Graus de Limitação: 0 = Nulo ; 1 = Ligeiro ; 2 = Moderado ; 3 = Forte ; 4 = Muito Forte.

➤ GRAUS DE LIMITAÇÃO

- **0 : Nulo** – terras que permitem, em qualquer época do ano, o emprego de todos os tipos de máquinas e implementos agrícolas de uso comum, e com o máximo rendimento. Apresentam relevo plano, com declividade inferior a 3% e ausência de rochosidade/pedregosidade.
- **1 : Ligeiro** – terras que permitem o emprego de todo tipo de máquinas e implementos agrícolas, durante praticamente todo o ano. Possuem relevo plano, com rochosidade/pedregosidade em grau ligeiro, ou relevo suave ondulado (declividade varia entre 3 a 8%), com rochosidade/pedregosidade em grau de limitação nulo.
- **2 : Moderado** – terras que não permitem o emprego de máquinas e implementos agrícolas, utilizados comumente, durante grande parte do ano. Terras com declividade de 3 a 8%, com grau ligeiro quanto à rochosidade/pedregosidade, ou com declividade de 8 a 13%, porém com grau de limitação nulo, quanto à rochosidade/pedregosidade.
- **3 : Forte** – terras que apresentam sérias restrições ao emprego de máquinas e implementos agrícolas de uso comum. Permitem, em quase sua totalidade, o uso de tração animal e máquinas especiais. Podem apresentar relevo plano, com declividade de 0 a 3%, porém, possuem limitação de grau moderado, no tocante à rochosidade/pedregosidade. Ou podem apresentar declividade de 8 a 13%, com grau de limitação quanto à rochosidade/pedregosidade ligeiro. Podem também possuir relevo, com declividade de 13 a 20%, desde que apresente grau nulo de rochosidade/pedregosidade.
- **4 : Muito Forte** - terras impróprias para mecanização em qualquer época do ano, sendo difícil até mesmo o uso de implementos de tração animal. Terras que apresentam condições muito adversas à mecanização (por declividade ou rochosidade/pedregosidade, ou ambos), permitindo somente o uso de máquinas especiais. Nos relevos menos movimentados, como o suave ondulado e moderadamente ondulado, a limitação ocorre devido à presença de rochosidade/pedregosidade com grau moderado a muito forte. Nos relevos muito acidentados – forte ondulado, montanhoso e escarpado, cuja declividade varia de 20 a 45% e acima de 45%, respectivamente, a limitação se dá pelas próprias condições de relevo, além das limitações predominantemente moderadas à muito forte, quanto à rochosidade/pedregosidade.

6. Graus de limitação referentes à profundidade efetiva do solo: p

Graus de limitação devidos à profundidade efetiva do solo.

Grau de Limitação	Profundidade efetiva do solo – p	
	Classe	Profundidade (cm)
0 : Nulo	Muito Profundo	> 200
1 : Ligeiro	Profundo	100 a 200
2 : Moderado	Moderadamente Profundo	50 a 100
3 : Forte	Raso	25 a 50
4 : Muito Forte	Muito raso	< 25

Fonte : LEPSCH et al. (1991) ; EMBRAPA – CNPS (1999).

➤ GRAUS DE LIMITAÇÃO

- **0 : Nulo** – terras constituídas por solos muito profundos, sem nenhuma restrição importante quanto ao uso de máquinas e implementos agrícolas durante o ano todo.
- **1 : Ligeiro** – terras que apresentam solos profundos e que permitem, com discreta limitação, o uso da maioria das máquinas agrícolas durante, praticamente, o ano todo.
- **2 : Moderado** – terras que apresentam solos qualificados como moderadamente profundos, possuindo restrições moderadas quanto ao uso de mecanização agrícola.
- **3 : Forte** – terras que apresentam solos qualificados como rasos, permitindo apenas, em casos especiais, o uso de implementos de tração animal.
- **4 : Muito Forte** - terras constituídas por solos muito rasos, que não permitem qualquer tipo de mecanização, mesmo o uso de implementos de tração animal.

7. Graus de limitação referentes ao fator clima : c (n° de meses com deficiência hídrica x Índice de aridez - Ia)

Graus de limitação referentes ao índice climático.

Número de meses com deficiência hídrica**	Índice de Aridez – Ia (%)				
	< 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80- 100
	Graus de Limitação*				
⊙ 1	0	0	1	2	3
1 a 2	0	1	2	3	4
3 a 5	1	2	3	4	4
6 a 8	2	3	4	4	4
> 8	3	4	4	4	4

Fonte: MOREIRA, 1992

* Graus de Limitação: 0 = Nulo; 1 = Ligeiro; 2 = Moderado; 3 = Forte; 4 = Muito Forte.

** Na área de estudo, o período máximo de deficiência correspondeu a 5 meses.

Obs: na Tabela acima, foi considerado períodos de deficiência mais abrangentes (superiores à 8 meses), embora na área de estudo o período máximo não tenha ultrapassado à 5 meses.

➤ GRAUS DE LIMITAÇÃO

- **0 : Nulo** – terras que não apresentam restrições climáticas, no que tange à oferta de água às plantas, durante todo o ano. Podem apresentar períodos com deficiência hídrica de até 2 meses, porém, o total de déficit deve ser inferior à 20% da evapotranspiração potencial no período (índice de aridez : Ia < 20%). Ou, pode ocorrer

períodos mais curtos de deficiência hídrica (≤ 1 mês), que admite nesse período um total de déficit hídrico inferior a 40% da evapotranspiração potencial ($I_a < 40\%$).

- **1 : Ligeiro** – terras que apresentam restrições climáticas pouco acentuadas, quanto à oferta de água às plantas. Podem apresentar deficiência hídrica variando de 40% a 60% da evapotranspiração potencial no período ($I_a = 40\% - 60\%$), desde que seja por curto período de tempo (≤ 1 mês). Em períodos de deficiência maiores (1 a 2 meses), o total de déficit hídrico deve representar 20% a 40% da evapotranspiração potencial do período ($I_a = 20\% - 40\%$). E no caso de períodos ainda mais longos de deficiência hídrica (3 a 5 meses), o total dessa deficiência não deve ultrapassar os 20% da evapotranspiração potencial do período ($I_a < 20\%$).
- **2 : Moderado** – terras com acentuada restrição climática, caracterizada por períodos mais longos de deficiência hídrica, acompanhados de totais mais baixos dessa deficiência, ou opostamente, isto é, períodos mais curtos com totais mais elevados de deficiência hídrica. Portanto, nessas terras pode ocorrer período de deficiência variando de 6 a 8 meses, com total de déficit inferior a 20% da evapotranspiração do período ($I_a < 20\%$); ou período menos longo de deficiência (3 a 5 meses), com total de déficit entre 20% a 40% da evapotranspiração potencial do período ($I_a = 20\% - 40\%$); ou período curto de deficiência (1 a 2 meses), com total de déficit entre 40% e 60% da evapotranspiração do período ($I_a = 40\% - 60\%$); ou período muito curto de deficiência hídrica (≤ 1 mês), com total de déficit entre 60% e 80% da evapotranspiração potencial do período ($I_a = 60\% - 80\%$).
- **3 : Forte** – terras com restrições climáticas fortes, caracterizadas predominantemente por longos ou curtos períodos de deficiência hídrica, com médios e altos totais dessa deficiência. Ocorre em terras com período de deficiência hídrica superior a 8 meses, porém, o total desse déficit não deve ultrapassar 20% da evapotranspiração potencial do período ($I_a < 20\%$); ou quando o período de deficiência hídrica variar de 6 a 8 meses e o total desse déficit representar 20% a 40% da evapotranspiração potencial, do mesmo período ($I_a = 20\% - 40\%$); ou em períodos de 3 a 5 meses de deficiência, com total de déficit variando de 40% a 60% da evapotranspiração potencial ($I_a = 40\% - 60\%$); ou em períodos de 1 a 2 meses de deficiência, com total de déficit variando de 60% a 80% da evapotranspiração potencial ($I_a = 60\% - 80\%$); ou, ainda, período de deficiência hídrica ≤ 1 mês, com total de déficit entre 80% e 100% da evapotranspiração potencial do período ($I_a = 80\% - 100\%$).
- **4 : Muito Forte** - terras com restrições climáticas severas, caracterizadas pela ocorrência dominante de períodos longos de deficiência hídrica e elevados totais dessa deficiência. Essa limitação ocorre em terras, cujo total de deficiência hídrica representa 20% a 40% da evapotranspiração potencial ($I_a = 20\% - 40\%$), em períodos superiores a 8 meses; ou em terras com total de deficiência hídrica variando de 40% a 80% da evapotranspiração potencial ($I_a = 40\% - 80\%$), em períodos superiores a 6 meses; ou, ainda, quando a deficiência representar 80% a 100% da evapotranspiração potencial ($I_a = 80\% - 100\%$), a partir de períodos superiores a 1-2 meses.

ANEXO 5 : Quadro - guia

Quadro-guia de avaliação da aptidão agrícola das terras.

Aptidão Agrícola			Graus de limitação* das condições agrícolas das terras para os níveis de manejo A, B e C												Tipo de Utilização Indicado			
Grupo	Subgrupo	Classe	Deficiência de Fertilidade			Deficiência de Água			Excesso de Água			Suscetibilidade à Erosão				Impedimento à mecanização		
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C		A	B	C
1	1ABC	Boa	0	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	0	2	1	0	Lavouras
2	2abc	Regular	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	1	3	2	1	
3	3(abc)	Restrita	2	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	1	3	3	2	
4	4P	Boa	2			2			3			2			3			Pastagem Plantada
	4p	Regular	3			3			3			3			3			
	4(p)	Restrita	3			3			3			4			3			
5	5S	Boa	2			2			1			3			2			Silvicultura
	5s	Regular	3			3			1			3			3			
	5(s)	Restrita	4			3			2			4			3			
	5N	Boa	2			2			3			3			4			Pastagem Natural
	5n	Regular	3			3			3			3			4			
	5(n)	Restrita	4			4			3			3			4			
6	6FF	Sem apt. agrícola	Restrição de ordem Legal (áreas de proteção por Lei)															Preservação da Fauna e Flora
	6f f		Restrição por condições agroambientais (relevo e/ou solo e/ou clima)															

Fonte: quadro-guia adaptado de RAMALHO FILHO e BEEK, 1995.

* Graus de limitação : 0 = Nulo
 1 = Ligeiro
 2 = Moderado
 3 = Forte
 4 = Muito Forte

NOTAS : - A metodologia considera o nível 1, de viabilidade de melhoramento das condições agrícolas das terras, para os graus de limitação no Sistema de Manejo B; e nível de viabilidade de melhoramento 2, para o Sist. de Manejo C.
 - Fatores que admitem melhoramento (Sistemas de manejo B e C): deficiência de fertilidade; excesso de água; e suscetibilidade á erosão.

ANEXO 6 : Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras

Classificação da aptidão agrícola das terras da quadrícula de Ribeirão Preto – SP.

Símbolo Classe de Solo	Classe de Declivi- dade	Avaliação dos Fatores de Limitação com seus respectivos Atributos Diagnósticos (Níveis de Manejo B e C)														Aptidão Agrícola das Terras	
		Deficiência de Fertilidade						Deficiência de Água		Excesso de Água		Suscetib. à Erosão		Impedim. à Mecaniz.			
		n		a		f		w		o		e		m			
		B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C
LVef	A	0	0	0	0	3	0	2	2	0	0	0	0	0	0	1 BC	f3 w2
	B	0	0	0	0	3	0	2	2	0	0	1	1	0	1	1 bC	f3 w2
	C	0	0	0	0	3	0	2	2	0	0	2	2	1	2	1 (b)C	f3 w2 e2 m2
	D	0	0	0	0	3	0	2	2	0	0	3	3	2	3	2 (b)c	f3 w2 e3 m3
	E	0	0	0	0	3	0	2	2	0	0	4	4	3	4	4 (p)	f3 w2 e4 m4
	F	0	0	0	0	3	0	2	2	0	0	4	4	4	4	5 n	f3 w2 e4 m4
LVdf	A	2	0	1	0	3	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1 bC	n2 f3
	B	2	0	1	0	3	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1 (b)C	n2 f3
	C	2	0	1	0	3	0	1	1	0	0	2	2	1	2	2 (b)c	n2 f3 e2 m2
	D	2	0	1	0	3	0	1	1	0	0	3	3	2	3	3 (bc)	n2 f3 e3 m3
	E	2	0	1	0	3	0	1	1	0	0	4	4	3	4	5 (sn)	n2 f3 e4 m4
	F	2	0	1	0	3	0	1	1	0	0	4	4	4	4	5 (n)	n2 f3 e4 m4
LVdf	A	2	0	1	0	3	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1 bC	n2 f3
	B	2	0	1	0	3	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1 (b)C	n2 f3
	C	2	0	1	0	3	0	0	0	0	0	2	2	1	2	2 (b)c	n2 f3 e2 m2
	D	2	0	1	0	3	0	0	0	0	0	3	3	2	3	3 (bc)	n2 f3 e3 m3
LVwf	A	3	0	1	0	3	0	2	2	0	0	1	1	0	0	1 bC	n3 f 3 w2
	B	3	0	1	0	3	0	2	2	0	0	1	1	0	1	1 (b)C	n3 f3 w2
	C	3	0	1	0	3	0	2	2	0	0	2	2	1	2	2 (b)c	n3 f 3 w2 e2 m2
	D	3	0	1	0	3	0	2	2	0	0	3	3	2	3	3 (bc)	n3 f 3 w2 e3 m3
	E	3	0	1	0	3	0	2	2	0	0	4	4	3	4	5 (sn)	n3 f3 w2 e4 m4
	F	3	0	1	0	3	0	2	2	0	0	4	4	4	4	5 (n)	n3 f3 w2 e4 m4

(Continua)

(Continua)

Símbolo Classe de Solo	Classe de Declivi- dade	Avaliação dos Fatores de Limitação com seus respectivos Atributos Diagnósticos (Níveis de Manejo B e C)														Aptidão Agrícola das Terras	
		Deficiência de Fertilidade						Deficiência de Água		Excesso de Água		Suscetibilid. à Erosão		Impedimento à Mecanização			
		n		a		f		w		o		e		m			
		B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C
LVef	A	0	0	0	0	3	0	-	-	0	0	1	1	0	1	4 P	f3
	B	0	0	0	0	3	0	-	-	0	0	1	1	1	2	4 p	f3 m2
	C	0	0	0	0	3	0	-	-	0	0	2	2	2	3	4 (p)	f3 e2 m2
	D	0	0	0	0	3	0	-	-	0	0	3	3	3	4	5 n	f3 e3 m4
	E	0	0	0	0	3	0	-	-	0	0	4	4	4	4	5 (n)	f3 e4 m4
LVAd(a)	A	3	0	3	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1 bC	n3 a3
	B	3	0	3	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1 (b)C	n3 a3
	C	3	0	3	0	1	0	1	1	0	0	2	2	1	2	2 (b)c	n3 a3 e2 m2
	D	3	0	3	0	1	0	1	1	0	0	3	3	2	3	3 (bc)	n3 a3 e3 m3
	E	3	0	3	0	1	0	1	1	0	0	4	4	3	4	5 (sn)	n3 a3 e4 m4
LVAd(a)	A	3	0	3	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1 bC	n3 a3
	B	3	0	3	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1 (b)C	n3 a3
	C	3	0	3	0	1	0	0	0	0	0	2	2	1	2	2 (b)c	n3 a3 e2 m2
	D	3	0	3	0	1	0	0	0	0	0	3	3	2	3	3 (bc)	n3 a3 e3 m3
	E	3	0	3	0	1	0	0	0	0	0	4	4	3	4	5 (n)	n3 a3 e4 m4
LVAd(a)	A	3	0	3	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1 bC	n3 a3 f2
	B	3	0	3	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1 (b)C	n3 a3 f2
	C	3	0	3	0	2	0	0	0	0	0	2	2	1	2	2 (b)c	n3 a3 f2 e2 m2
LVAd(a)	A	3	0	3	0	2	0	0	0	0	1	1	0	0	1 bC	n3 a3 f2	

(Continua)

(Continua)

Símbolo Classe de Solo	Classe de Declivi- dade	Avaliação dos Fatores de Limitação com seus respectivos Atributos Diagnósticos (Níveis de Manejo B e C)														Aptidão Agrícola das Terras	
		Deficiência de Fertilidade						Deficiência de Água		Excesso de Água		Suscetibilid. à Erosão		Impedimento à Mecanização			
		n		a		f		w		o		e		m			
		B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C
LAd(a)	A	3	0	3	0	1	0	-	-	0	0	1	1	0	0	1 bC	n3 a3
	B	3	0	3	0	1	0	-	-	0	0	1	1	0	1	1 (b)C	n3 a3
	C	3	0	3	0	1	0	-	-	0	0	2	2	1	2	2 (b)c	n3 a3 e2 m2
	D	3	0	3	0	1	0	-	-	0	0	3	3	2	3	3 (bc)	n3 a3 e3 m3
	E	3	0	3	0	1	0	-	-	0	0	4	4	3	4	5 (n)	n3 a3 e4 m4
LAd(a)	A	3	0	3	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1 bC	n3 a3
	B	3	0	3	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1 (b)C	n3 a3
	C	3	0	3	0	1	0	0	0	0	0	2	2	1	2	2 (b)c	n3 a3 e2 m2
	D	3	0	3	0	1	0	0	0	0	0	3	3	2	3	3 (bc)	n3 a3 e3 m3
LAd(a)	B	3	0	3	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1 (b)C	n3 a3
LAd(a)	A	3	0	2	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1 bC	n3 a2
LAd(a)	A	3	0	3	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1 bC	n3 a3
NVef	A	0	0	0	0	3	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1 BC	f3
	B	0	0	0	0	3	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1 bC	f3
	C	0	0	0	0	3	0	1	1	0	0	2	2	1	2	1 (b)C	f3 e2 m2
	D	0	0	0	0	3	0	1	1	0	0	3	3	2	3	2 (b)c	f3 e3 m3
	E	0	0	0	0	3	0	1	1	0	0	4	4	3	4	5 (sn)	f3 e4 m4
MTf	C	0	0	0	0	2	0	2	2	0	0	3	3	1	2	2 (b)c	f2 w2 e3 m2
	D	0	0	0	0	2	0	2	2	0	0	4	4	2	3	3 (bc)	f2 w2 e4 m3
	E	0	0	0	0	2	0	2	2	0	0	4	4	3	4	5 N	f2 w2 e4 m4

(Continua)

(Continua)

Símbolo Classe de Solo	Classe de Declivi- dade	Avaliação dos Fatores de Limitação com seus respectivos Atributos Diagnósticos (Níveis de Manejo B e C)														Aptidão Agrícola das Terras	
		Deficiência de Fertilidade						Deficiência de Água		Excesso de Água		Suscetibil. à Erosão		Impedimento à Mecanização			
		n		a		f		w		o		e		m		Classe	Atributo Limitante e Grau de Limitação
		B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C		
RQo	A	4	0	2	0	0	0	3	3	0	0	1	1	1	2	4 p	n4 a2 w3 m2
	B	4	0	2	0	0	0	3	3	0	0	2	2	2	3	4 (p)	n4 a2 w3 e2 m3
	C	4	0	2	0	0	0	3	3	0	0	3	3	3	4	5 n	n4 a2 w3 e3 m4
	D	4	0	2	0	0	0	3	3	0	0	4	4	4	4	5 (n)	n4 a2 w3 e4 m4
	E	4	0	2	0	0	0	3	3	0	0	4	4	4	4	6 ff	n4 a2 w3 e4 m4
	F	4	0	2	0	0	0	3	3	0	0	4	4	4	4	6 ff	n4 a2 w3 e4 m4
GMd	A	4	0	4	0	0	0	-	-	3	0	3	3	2	3	5 n	n4 a4 o3 e3 m3
	B	4	0	4	0	0	0	-	-	3	0	4	4	3	4	5 (n)	n4 a4 o3 e4 m4
GXd	A	4	0	4	0	0	0	-	-	3	0	3	3	2	3	5 n	n4 a4 o3 e3 m3
OXs	A	4	0	4	0	0	0	-	-	3	0	3	3	2	3	5 n	n4 a4 o3 e3 m3
	B	4	0	4	0	0	0	-	-	3	0	4	4	3	4	5 (n)	n4 a4 o3 e4 m4
RLe	A	0	0	0	0	0	0	-	-	1	1	3	3	3	4	5 n	e3 m4
	B	0	0	0	0	0	0	-	-	1	1	4	4	4	4	5 n	e3 m4
	C	0	0	0	0	0	0	-	-	1	1	4	4	4	4	5 (n)	e3 m4
	D	0	0	0	0	0	0	-	-	1	1	4	4	4	4	6 ff	e3 m4
	E	0	0	0	0	0	0	-	-	1	1	4	4	4	4	6 ff	e3 m4
	F	0	0	0	0	0	0	-	-	1	1	4	4	4	4	6 ff	e3 m4
CXd	A	3	0	1	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	4 p	n3 o2 e2 m2
	B	3	0	1	0	0	0	0	0	2	2	3	3	3	3	4 (p)	n3 o2 e3 m3
	C	3	0	1	0	0	0	0	0	2	2	4	4	4	4	5 n	n3 o2 e4 m4