

---

# Estudo da adequabilidade do uso do solo na área rural, através de técnicas de geoprocessamento

Oswaldo Coelho Pereira Neto\*  
Leila Limberger\*\*

## Resumo

O solo, como recurso natural, quando explorado incorretamente, não levando em conta sua aptidão agrícola (isto é, suas propriedades físico-químicas e o fator relevo), sofre um processo de degradação. Este fato ocorre na bacia hidrográfica do Ribeirão Cafezal, situada entre os municípios de Londrina, Cambé e Rolândia, ao Norte do Estado do Paraná - Brasil, com aproximadamente doze mil hectares. Neste contexto, o presente trabalho se propõe a analisar uma seqüência metodológica de avaliação da adequabilidade do uso do solo, utilizando-se dos sistemas de informação geográfica SGI/INPE e de tratamento de imagens SITIM/INPE. A metodologia abrangeu três etapas. Na primeira, foi realizado o mapeamento do uso/ocupação do solo, utilizando-se de técnicas de processamento digital da imagem de satélite do ano de 1993 e da interpretação visual do produto gerado. Em uma segunda etapa, foi gerado um mapa de solos e, após ter sido cruzado com dados de declividade e outros fatores limitantes, obteve-se o mapa de aptidão agrícola da área. Na etapa final, os mapas de uso do solo e de aptidão agrícola foram integrados para obtenção do mapa de adequação do uso do solo para 1993. Este mapa demonstra que 68,07% da área (considerando áreas sub-utilizadas e em uso ideal) apresentam-se corretamente utilizadas, conforme a aptidão agrícola de seu solo; porém, em 26,28% da área, ocorre uma super-utilização do solo, acima das suas capacidades físico-químicas. Essa análise mostrou ter grande aplicabilidade nas atividades do setor rural, pois permite detectar áreas com possíveis problemas de erosão, e assim, atuar com a ação necessária ao controle conservacionista.

**PALAVRAS-CHAVE:** uso do solo, geoprocessamento, aptidão agrícola, conservação de microbacia.

---

**ANALYSE FROM LAND USE FEASIBILITY AT RURAL AREA, UTILIZING GEOPROCESSING TECHNIQUES.**

## Abstract

The soil as a natural resource when unproperly exploited, not taking into account its agricultural suitability (i.e. its physico-chemical properties and the relief factor), suffers a degradation process. This fact occurs in the watershed of the Ribeirão do Cafezal, encompassing the municipalities of Londrina, Cambé and Rolândia at the Northern portion of the State of Paraná, with approximately twenty thousand hectares. Within this context, the present dissertation want to propose a metodological sequence to analyse the land use feasibility, utilizing the systems Geographic Information System (SGI/INPE) and Image Processing System (SITIM/INPE). The methodology is unfolded into three phases. In the first one, a land use map was obtained using digital image processing techniques applied to the year 1993 imagery and subsequent visual interpretation of the resulting product. In a second phase an agricultural suitability map was obtained by cross-checking soil limiting factors. In the final phase, the land use and agricultural suitability maps were integrated in order to generate land use feasibility maps for 1993. The land use feasibility maps showed that 68,07% of the area (being less utilized and with right use areas), were kept in good state of conservation: attention should be given to the 26,28% that were being over utilized, above the potential limits of the soil. This analysis showed very applicable for the activities in the rural sector, because it allows the detection of areas prone to erosion hazards, and therefore to apply mitigation efforts for conservationist control.

**KEY-WORDS:** land use, geoprocessing, agricultural suitability, watershed.

---

\* DOCENTE DO DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA, ROD. CELSO GARCIA CID, KM 379, 86051-990, LONDRINA, PR, BRASIL, COELHO@GEO.UEL.BR

\*\* Graduanda do Curso de Geografia da Universidade Estadual de Londrina, Rod. Celso Garcia Cid, Km 379, 86051-990, Londrina, PR, Brasil, leila@geo.uel.br

## INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do Ribeirão Cafezal é o segundo principal sistema de captação de água que abastece a cidade de Londrina, pólo regional do norte do Paraná. Esta região comporta extensas áreas agricultadas, com diferentes intensidades de utilização. As áreas onde a intensidade de uso é maior que a aptidão agrícola, sofrem um processo de erosão que assoreia ribeirões, tendendo a diminuir seus leitos, comprometendo o abastecimento de água da cidade.

O Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras é uma maneira de quantificar/qualificar os atributos da terra (solo, clima, vegetação, geomorfologia, etc.) possibilitando uma orientação mais eficiente de como utilizar os recursos naturais de uma região (MINISTÉRIO DE AGRICULTURA, 1981).

O trabalho necessário para proceder a um levantamento de possíveis áreas inadequadamente utilizadas, para um posterior planejamento conservacionista, torna-se difícil pela ampla quantidade de informações necessárias. Sendo assim, o Sensoriamento Remoto orbital se constitui numa técnica de grande utilidade, pois permite, em curto espaço de tempo, a obtenção de grande quantidade de informações sobre o uso e a ocupação das terras.

Para armazenamento, atualização e manipulação das diferentes bases de dados necessários para se obter um mapa de adequação do uso e ocupação do solo pode-se utilizar um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

O presente trabalho pretende desenvolver uma proposta metodológica de mapeamento mostrando a maior ou menor adequabilidade do uso do solo, integrando imagens orbitais e Sistema de Informações Geográficas.

Os objetivos específicos são: **(a)** criar um banco de dados no SIG/INPE para gerar um mapa de aptidão agrícola das terras; **(b)** utilizar imagens orbitais para obter um mapa de uso e ocupação das terras.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ao se proceder a uma análise da aptidão agrícola das terras, conceitua-se que qualquer área possui uma potencialidade de uso correspondente

às características dessa área, necessitando de certos cuidados conforme a maior ou menor intensidade de uso. Essa potencialidade, quando alcançada, significa um limite de extração de bens e produtos dessa área; se for, entretanto, ultrapassado esse limite, o ambiente reflete essa situação na forma de deficiência nutricional, erosão acelerada, etc. (VIEIRA, 1987).

A tecnologia tenta, exatamente, superar as limitações impostas por esse ambiente a determinada característica agrícola de interesse (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 1981).

Segundo Krysina e Skatershchikov (1989), o uso crescente de imagem orbital nesse tipo de análise ambiental é totalmente justificado porque oferece material altamente informativo para uma análise de inter-relações entre o "natural" e o "social" em muitos aspectos, "desde mudanças nas condições naturais como resultado da atividade humana até padrões de distribuição de forças produtivas em relação às condições naturais".

Sensoriamento remoto aplicado ao levantamento do uso do solo. Van Den Brink et al. (1986) elaboraram um mapa temático através de imagem colorida (composição RGB-453), apresentando mudanças no uso do solo em um período de quatro anos. Distinguiram pastagem, floresta, área agrícola, pomar, cidades, vilas e corpos d'água, havendo dificuldades na separação entre floresta e pomar. Afirmam que as possibilidades para mapear feições muito pequenas com TM são restritas.

Nelson et al. (1984), simulando bandas do TM, sugerem que a melhor combinação de bandas para classificação de padrões deve incluir uma banda espectral da região do visível, uma do infravermelho próximo e uma do infravermelho médio. Ioka e Koda (1986) também sugerem o mesmo subconjunto de bandas.

Chen et al. (1986), com objetivo de entender melhor os dados TM, avaliaram as bandas 1 a 5 e 7, na região de Maringá (PR), para selecionar a melhor combinação de três bandas (para formar a composição colorida) que fornecesse maior quantidade de informação espectral para a discriminação de alvos agrícolas. O melhor triplete de bandas selecionadas foi a banda 4, a banda 5 e, como uma terceira banda, a banda 7 ou uma das bandas no visível.

Vizintim (1990), através de interpretação visual e digital, fez um mapa de uso da terra da Bacia do Ribeirão Cafezal, em Londrina (PR), usando imagem TM composição colorida 2-4-5, escala 1:100.000. Caracterizou a seguinte legenda: área urbana, mata, pastagem, cultura perene, cultura anual, solo exposto e áreas com restos de cultura.

**Técnicas de processamento de imagens digitais.** A correção geométrica é usada para designar coordenadas terrestres a uma imagem, quando então esta pode ser corretamente sobreposta a outros dados da mesma área de modo que o mesmo local em cada plano tenha a mesma coordenada da base padrão (ARONOFF, 1989). Anuta et al. (1984) determinaram o efeito da correção geométrica sobre a radiometria dos pixels reamostrados; concluíram que nenhuma degradação radiométrica foi causada pela interpolação por convolução bicúbica.

**Técnicas de Classificação.** Williams et al. (1984), analisaram a precisão da classificação digital em imagem TM dos arredores da cidade de Washington. O baixo potencial obtido (25 a 37% de precisão), segundo os autores, se deve à classificação de dezessete categorias detalhadas de cobertura do solo (a redução a cinco classes aumentou a precisão para 60 a 70%), a eliminação da interação do analista/intérprete (com a análise do intérprete sobre uma sub-área, a precisão das dezessete classes aumentou de 36,7% para 62%) e a inclusão de amostras (pixels) de treinamento situadas na borda das classes.

Valeriano (1985) estimou a exatidão de classificação de mapas de uso do solo obtidos a partir de procedimento híbrido de classificação digital. Concluiu que a média dos percentuais de acerto foi baixa. Afirmou que os resultados eram esperados devido às classes de uso do solo serem espectralmente pouco distintas e os algoritmos de classificação utilizados baseavam-se na separabilidade espectral das classes.

Segundo Novo (1989), há uma tendência em utilizar sistemas de informação geográfica integrados ao uso de imagens orbitais com o intuito de aumentar a precisão de classificação dos dados através da incorporação de outros dados relevantes, como altimetria, tipos de solo, etc.

**Sistemas de informação geográfica.** O SIG é um instrumento com capacidade de integrar e

combinar dados de diferentes fontes melhorando o potencial de aplicação do Sensoriamento Remoto (ALVES, 1990). A implementação de dados de Sensoriamento Remoto em SIG é proposta e discutida por vários autores, sendo unânime a consideração do primeiro como uma das principais fontes de dados para o segundo.

O SGI/INPE é um software desenvolvido para funcionar de forma integrada ao SITIM/INPE, um sistema para processamento e classificação de imagens. Deste modo, imagens do SITIM podem ser diretamente transferidas para o SIG, para a sua utilização em sobreposição a dados cartográficos ou para a geração de mapas temáticos.

Lima (1990) gerou mapas de suscetibilidade e de risco a erosão utilizando Sensoriamento Remoto orbital e SIG/INPE. Foram gerados planos de informação de erodibilidade, erosividade, litologia e declividade, que foram cruzados para gerar um mapa de suscetibilidade a erosão. Os dados digitais TM/LANDSAT forneceram a informação de uso e cobertura do solo que, integrada ao mapa anterior, gerou um mapa de risco de erosão do solo.

Através do cruzamento de doze planos de informação em ambiente SIG, um dos quais seria o mapa de uso do solo obtido por interpretação de imagem orbital, Miranda et al. (1990) conseguiram realizar o levantamento da aptidão agrícola e o zoneamento agroecológico do Estado de Tocantins.

Formaggio et al. (1992) apresentam uma metodologia de desenvolvimento de um mapa de aptidão agrícola e um mapa de uso adequado das terras, usando SIG e imagens de satélite. A integração dos dados pelo SIG é dividida em duas fases: **(a)** os temas iniciais “declividade do terreno” e “tipos de solo” (caracterizados por disponibilidade de água e nutrientes, erodibilidade, profundidade efetiva, etc.), são cruzados, e um mapa de aptidão agrícola é gerado; e **(b)** o mapa de aptidão agrícola é cruzado com o mapa de uso atual da terra, obtido por interpretação de imagem de satélite, gerando um mapa com áreas de risco de degradação devido ao uso e manejo inadequados.

**Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras.** O Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras é uma forma de avaliação dos atributos das terras (solo, clima, vegetação, geomorfologia, etc.) permitindo uma orientação de

como devem ser utilizados seus recursos a nível de planejamento regional e nacional (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 1981).

A metodologia proposta por Ramalho Filho et al. (1978) afirma ser a classificação da aptidão agrícola das terras um processo interpretativo de caráter efêmero, e pode ser atualizado ou substituído conforme os avanços tecnológicos. Esta metodologia considera o nível de manejo, os fatores limitantes e o grau dessas limitações para se obter como resultado as classes de aptidão agrícola.

## MATERIAL

**Área de estudo.** A bacia hidrográfica do Ribeirão Cafezal abrange parte dos municípios de Londrina, Cambé e Rolândia, ao norte do Estado do Paraná - Brasil, com uma área de aproximadamente 12 mil hectares até o ponto de captação de água da cidade. Situa-se entre as latitudes 23°16'30" e 23°22'30"S e as longitudes 51°11'40" e 51°23'30"W. O clima determina médias de temperatura entre 16 e 23°C. A precipitação média (período de 6 anos) varia de 60mm (inverno/seca) a 180mm (verão/chuva).

A carta geológica da Mineropar (1989), informa que a bacia caracteriza-se por espessos derrames basálticos. Segundo o Ministério da Agricultura (1971), na bacia distinguem-se dois tipos de solo: ocupando a porção dos espigões, os Latossolos Roxos Eutróficos (LRe) e Distróficos (LRd), e na porção das encostas, a Terra Roxa Estruturada (TRE). A topografia varia de plana a ondulada com cotas altimétricas entre 450-765 metros.

O remanescente de vegetação natural é representado por pequenas reservas e mata-galeria. A área tem uma agricultura intensiva, cujo uso atual é representado basicamente por soja, trigo, milho, café, algodão e pastagens.

**Base de dados.** A base de dados usada na presente pesquisa é composta por: **(a)** mapa de solos do nordeste do Estado do Paraná, escala 1:300.000, de 1971, do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos; **(b)** fotografias aéreas da área em junho de 1980, escala 1:25.000, do ITC-PR; **(c)** imagem digital TM-LANDSAT, bandas 1 a 5, passagem de 2 de janeiro de 1993, órbita/ponto 222/76X.

## METODOLOGIA

Um diagrama de fluxo da metodologia é apresentado na figura 1. A escala do trabalho foi de 1:50.000, por ser a maior escala possível de trabalho com imagem orbital LANDSAT-TM5 sem começar a discretizar o pixel. A projeção cartográfica é a UTM-Córrego Alegre, por ser a projeção da base de dados do trabalho.

**Etapa I: obtenção dos mapas de uso do solo.** Analisou-se o conjunto de bandas TM (1 a 5) através do algoritmo de seleção de atributos "Distância JM - Jeffreys-Matusita" (Swain e King, 1973; Richards, 1986), disponível no SITIM/INPE, visando à obtenção do subconjunto de bandas espectrais mais apropriado à classificação da área.

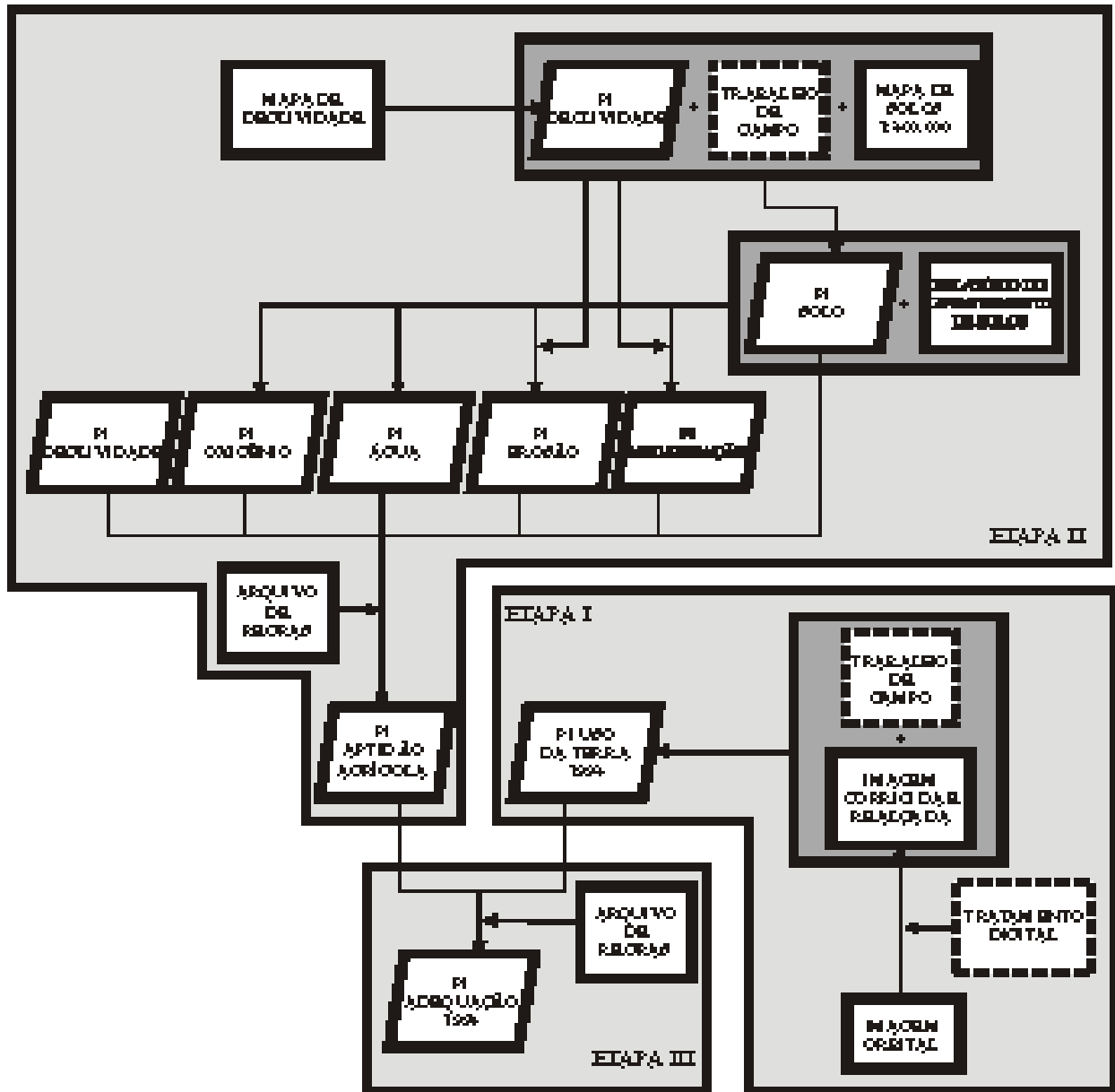
Tendo em vista a realização de um mapeamento temático a partir de imagem orbital e posterior integração desse plano a um sistema de informação geográfica, foram obtidas imagens geometricamente corrigidas com uma base cartográfica escala 1:25.000, projeção UTM-Córrego Alegre. A interpolação utilizada foi a convolução bicúbica.

Fez-se a ampliação linear de contraste e, posteriormente, passou-se à interpretação dos dados de cobertura e uso do solo. Optou-se pela interpretação visual da imagem ao invés da classificação digital devido ao seguinte:

**(a)** Vizintim (1990) comparou os resultados de interpretação visual e classificação digital da mesma área do presente trabalho, e afirma que a análise visual mostrou dados mais próximos da realidade da área, devido ao retalhamento da área em pequenos talhões, o uso diversificado do solo e os diferenciados estágios de crescimento das culturas, fatores estes que dificultam a análise digital;

**(b)** Novo (1989) declara que, se classes distintas apresentam comportamento espectral semelhante, essas classes apresentarão erros de classificação derivados da sobreposição que apresentam no espaço de atributos. Do mesmo modo, também tem-se o problema de uma classe apresentar comportamentos espectrais variados, devido a estágios diferenciados de crescimento das culturas. Badhwar et al. (1984) dizem que, quando existe uma variabilidade significativa em uma categoria, isto pode custar decréscimo no desempenho de classificação para alguns tipos de cobertura de solo;

Fig. 1. Diagrama esquemático da metodologia utilizada.



(c) Segundo Novo (1989), na aplicação de técnicas estatísticas de classificação, o número de pixels das áreas de treinamento deve ser suficientemente grande para permitir a estimativa das características espectrais da classe a ser mapeada. Isso, porém, é prejudicado devido ao grande retalhamento da área em pequenos talhões.

Depois de concluída a interpretação da área, o mapa foi digitalizado para ser introduzido no sistema SGI/INPE via mesa digitalizadora, obtendo-se uma imagem temática do uso do solo de 1993.

**Etapa II: elaboração do mapa de aptidão agrícola das terras.**

**Obtenção do mapa de declividade.** Foi utilizado um mapa de declividade já existente no

Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina, elaborado em software SGI/INPE a partir de curvas de nível equidistantes de 5m e grade regular para interpolação de 15m. As classes de declividade usadas foram: classe A: 0 a 2.5%; classe B: 2.5% a 5%; classe C: 5% a 10%; classe D: 10% a 20%; classe E: acima de 20%.

**Obtenção do mapa de solos.** Segundo Rocha (1986), o fator condicionante dos solos da região é o relevo. A elaboração do mapa de solos deste trabalho mantém íntima relação com esta afirmação.

Primeiramente, gerou-se outra carta topográfica da área, plotando-se as curvas de nível em escala 1:40.000. A plotagem na escala do trabalho



(1:50.000) deixaria as curvas muito próximas entre si, ficando a carta visualmente prejudicada.

Baseado no mapa de solos (escala 1:300.000) do Ministério da Agricultura (1971), ampliou-se este também para escala 1:40.000. Na sobreposição visual de ambos, notou-se uma relação entre as áreas mais planas e os Latossolos, e entre as áreas mais declivosas e a Terra Roxa Estruturada. Sendo assim, em uma primeira aproximação, foram delimitados os limites dos Latossolos e da Terra Roxa Estruturada, em função do espaçamento entre as curvas de nível.

Ainda com enfoque na carta topográfica, e com auxílio de fotos aéreas, marcaram-se pequenas áreas para visita de campo, áreas estas correspondentes a declives muito acentuados e a pequenas áreas planas em topo de colina ou nas margens dos córregos. Com esta segunda aproximação, procurou-se refinar o mapa com dados não disponíveis no mapa de escala 1:300.000 por serem áreas pequenas (incompatíveis com tal escala).

Em uma terceira e última aproximação, foram sobrepostos visualmente o mapa de solos com o mapa de declividade de toda a bacia, e ajustaram-se os limites do primeiro, conforme as tendências das classes do segundo.

**Obtenção dos fatores limitantes.** Além do fator declividade (d) e dos tipos de solo (s), na exploração racional dos solos devem ser considerados outros fatores capazes de influenciar a sua utilização. Esses, segundo Ministério da Agricultura (1971) seriam: (f) deficiência de fertilidade; (a) deficiência de água; (o) deficiência de oxigênio (ou excesso de água); (e) suscetibilidade à erosão; (m) impedimentos à mecanização.

Para avaliar a intensidade limitante que apresenta cada um dos fatores, usaram-se quatro graus de limitação: N = nula; L = ligeira; M = moderada; F = forte.

Dos fatores limitantes acima, o fator f (fertilidade) não foi considerado para o trabalho, visto que a fertilidade da área no nível de manejo considerado (nível C) não é limitante, situando-se entre os graus N e L para todos os solos.

Para a implantação dos demais fatores no sistema, seguiu-se a metodologia de Formaggio et al. (1992). Com isso, os limites das manchas de solo foram mantidos constantes, e para cada

mancha foi atribuído um determinado grau de limitação, em função de cada fator limitante. Para a atribuição desses graus, foram utilizados os dados físico-químicos das unidades de solos contidos em Ministério da Agricultura (1971).

#### **Obtenção do mapa de aptidão agrícola.**

O sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras destaca 3 níveis de manejo. Neste trabalho adotou-se apenas o nível C, por tratar-se de uma área intensamente agricultada e apresentando manejo generalizadamente avançado.

Os subgrupos de aptidão agrícola foram obtidos de acordo com a tabela-guia do Ministério da Agricultura (1981) para clima subtropical, em função do grau limitante mais forte, referente a qualquer um dos fatores de influência no uso agrícola.

Essa caracterização dos subgrupos serviu de base para a conceituação dos grupos de aptidão agrícola. Estes, por sua vez, forneceram os critérios para o alinhamento das regras de cruzamento dos planos de informação no sistema. Com isso, passou-se à manipulação dos seis mapas no sistema (declividade, solos, mecanização, erosão, água e oxigênio), visando o cruzamento destes para obter o mapa de aptidão agrícola.

**Etapa III: obtenção do mapa de adequação do uso do solo de 1993.** Para obter o mapa de adequação do uso do solo, procedeu-se ao cruzamento (em ambiente SGI/INPE) do mapa de aptidão agrícola com o mapa de uso do solo.

Foram avaliadas as classes de uso/ocupação do solo em relação aos grupos de aptidão agrícola, mantendo-se inalteradas as classes de área urbana, loteamento e corpos d'água, por serem classes independentes de condições agrícolas.

Com isso, o mapa de adequação do uso do solo apresentou o arranjo da área da bacia em termos de áreas subutilizadas, superutilizadas e com uso ideal.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

**Etapa I: Obtenção dos mapas de uso do solo.** De acordo com as melhores combinações de bandas possíveis proposta pelo algoritmo, optou-se pela composição 3-4-5 por ser a única que maximiza a distância JM mínima e média. Associou-se cada banda às cores primárias azul (B), verde (G) e vermelho (R), sendo visualmente melhor a composição colorida RGB-435.

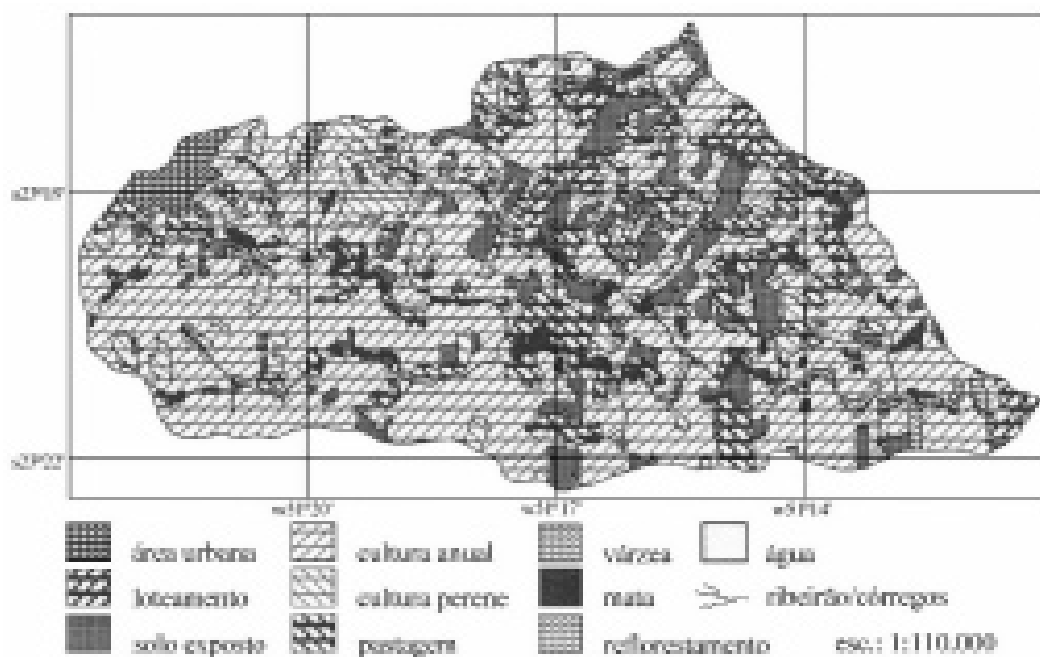
O mapa de uso e ocupação do solo de 1993 é apresentado na figura 2.

**Etapa II: Elaboração do mapa de aptidão agrícola das terras.** Obtenção do mapa de solos. Na segunda aproximação, as áreas declivosas foram caracterizadas como uma associação Brunizen/Litólico (BV/Li) e as áreas planas próximas ao leito dos córregos foram caracterizadas como Solos Hidromórficos (HG). Na terceira aproximação,

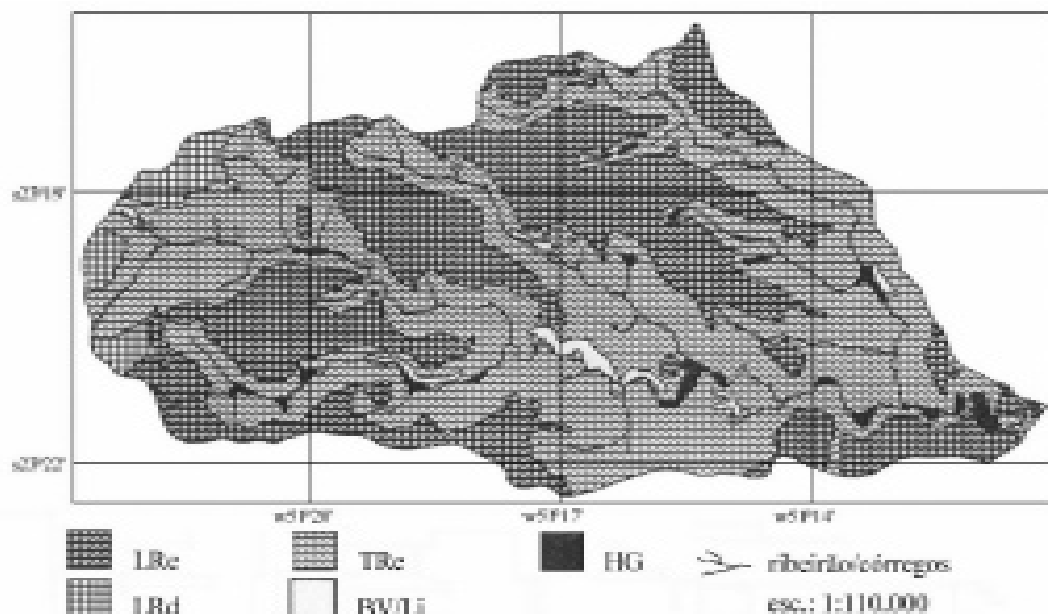
**Fig. 2. Mapa de uso/ocupação do solo de 1993.**

a associação Brunizen/Litólico coincidiu com as áreas de classe E e os Solos Hidromórficos com a classe A sobre as margens dos córregos. O mapa de solos é mostrado na figura 3.

**Obtenção dos fatores limitantes.** Para se evitar uma segmentação muito grande dos PI's, optou-se por separar manualmente os limites de tais áreas. Sendo assim, as porções expressivas da área que satisfizeram esse critério foram tomadas como uma única classe, independente se existiam porções ainda menores de outras classes em seu interior.



**Fig. 3. Mapa de solos da bacia do Ribeirão Cafezal.**

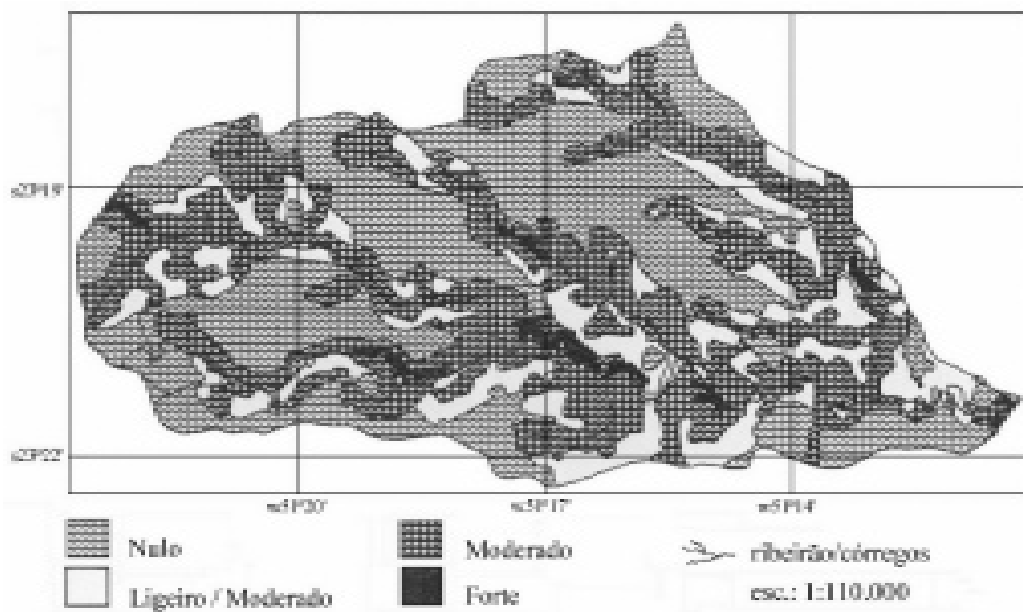


As figuras 4, 5, 6 e 7 mostram, respectivamente, as áreas dos fatores limitantes “impedimentos à mecanização”, “susceptibilidade à erosão”, “deficiência de água” e “deficiência de oxigênio”.

**Obtenção do mapa de aptidão agrícola.** Os subgrupos de aptidão agrícola, bem como os fatores limitantes e graus de limitação que propiciaram sua caracterização são apresentados na tabela 1.

Verifica-se que, tanto o LRe (sobre classe A e B de declividade) quanto o LRd têm aptidão boa no nível de manejo C; ambos são reunidos no grupo 1 de aptidão. Para TRe sobre classe C de declividade e para HG, como ambos também têm aptidão boa no nível C, são agrupados no grupo 1 de aptidão. A TRe sobre classe D de declividade caracterizou-se como grupo 2 de aptidão e o BV/Li como grupo 5.

**Fig. 4. Plano de informação – impedimentos à mecanização.**



**Fig. 5. Plano de informação – susceptibilidade à erosão.**

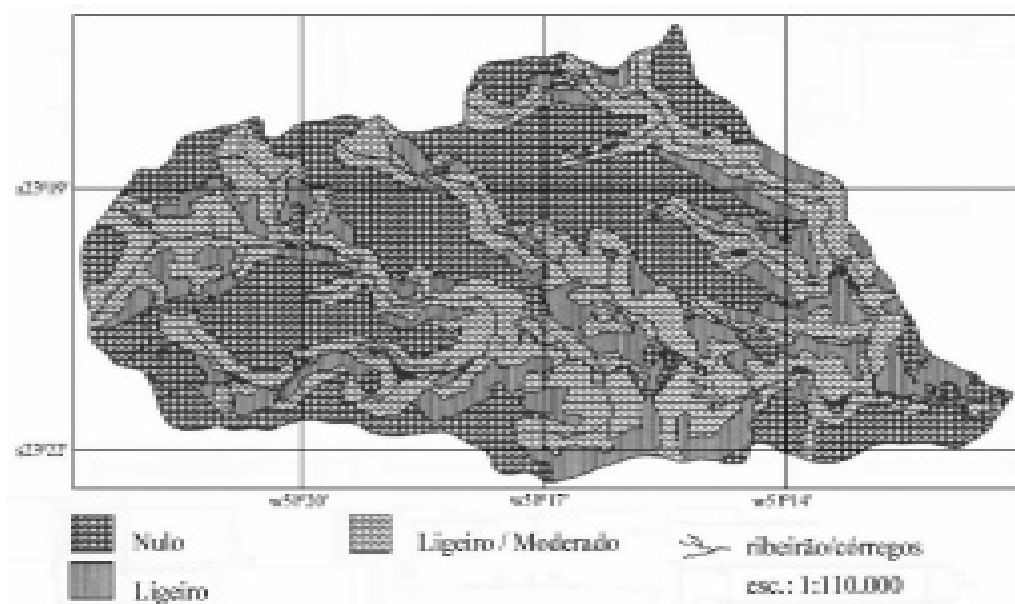




Fig. 6. Plano de informação – deficiência de água.

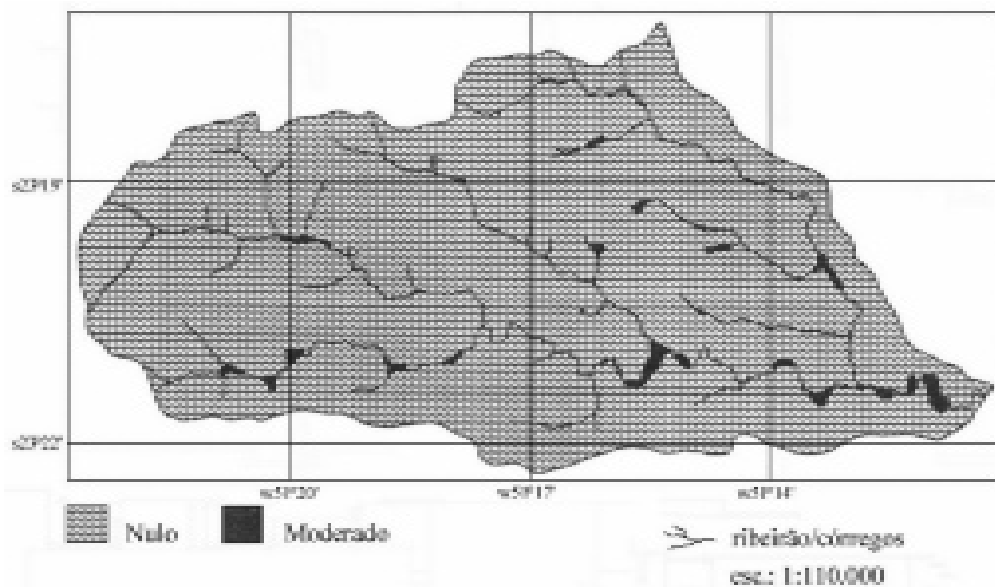


Fig. 7. Plano de informação – deficiência de oxigênio.

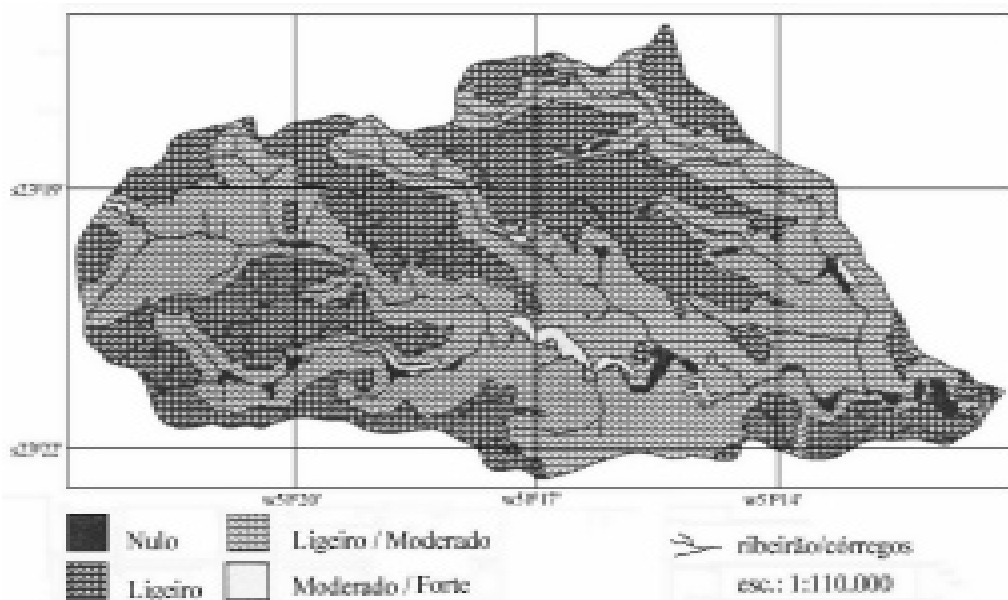


Tabela 1 - Grupos e subgrupos de aptidão agrícola e os fatores limitantes

| Solo  | Fatores de Limitação |     |     |     |   | Subgrupo Capacidade Agrícola | Grupo Capacidade Agrícola |
|-------|----------------------|-----|-----|-----|---|------------------------------|---------------------------|
|       | d                    | m   | e   | a   | o |                              |                           |
| LRd   | N                    | N   | N   | L   | N | 1(a)bC                       | 1                         |
|       | L                    |     |     |     |   |                              |                           |
| Lre   | N                    | N   | N   | L   | N | 1ABC                         | 1                         |
|       | L                    |     |     |     |   |                              |                           |
|       | L/M                  |     |     |     |   |                              |                           |
| Tre   | L/M                  | L/M | L   | L/M | N | 1ABC                         | 1                         |
|       | M                    | M   | L/M |     |   | 1ABc                         | 2                         |
| BV/Li | F                    | F   | L/M | M/F | N | 5N                           | 5                         |
| HG    | N                    | L/M | N   | N   | M | 1C                           | 1                         |

Com base nisso, segue-se a conceituação dos grupos de aptidão agrícola:

(1) Terras com aptidão boa para lavouras, pastagens, reflorestamento e preservação ambiental: solos com limitação no máximo L/M quanto à declividade e à mecanização e no máximo L quanto à suscetibilidade à erosão.

(2) Terras com aptidão regular para lavouras e aptidão boa para pastagens, reflorestamento e preservação ambiental: solos com limitação M quanto à declividade e à mecanização.

(5) Terras inaptas para lavouras, pastagem plantada e reflorestamento, mas com aptidão boa para pastagem natural e preservação ambiental: solos com limitação F quanto à declividade e à mecanização.

A partir deste ponto, foram feitas as regras de cruzamento do sistema SIG para obter o mapa de aptidão agrícola (figura 8). Observa-se que a bacia em estudo apresenta boas condições para implantação de atividades agropecuárias, pois somente 1,58% da área é considerada como área inapta a tais atividades.

**ETAPA III: Obtenção do Mapa de Adequação do Uso do Solo de 1993** A figura 9 apresenta o mapa de adequação do uso do solo para o ano de 1993. Ele demonstra que 68,07% da área (considerando áreas sub-utilizadas e em uso ideal)

apresentam-se corretamente utilizadas, conforme a aptidão agrícola de seu solo; porém em 26,28% da área ocorre uma super-utilização do solo, acima das suas capacidades físico-químicas.

Outro ponto de importância, abordado por Formaggio et al. (1992), é a localização das áreas super-utilizadas em relevo mais movimentado, onde as limitações ao uso do solo são mais acentuadas.

Assim como salientou Formaggio et al. (1992), também neste trabalho não foi levada em conta a presença ou a intensidade de implantação de práticas conservacionistas nas propriedades. Nas áreas super-utilizadas, os processos de erosão podem ser atenuados caso essas práticas estejam presentes.

## CONCLUSÕES

A metodologia proposta, através da integração de dados de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica na avaliação dos recursos naturais, permitiu a geração de mapas de adequação do uso do solo.

No tocante ao mapeamento do uso do solo da área, houve certa dificuldade na interpretação da imagem devido à complexidade de suas feições, isto é, a ocorrência de comportamentos espectrais semelhantes para usos distintos, assim como comportamentos diversos para a mesma classe de uso.

**Fig. 8 - Mapa de aptidão agrícola da bacia do Ribeirão Cafezal.**

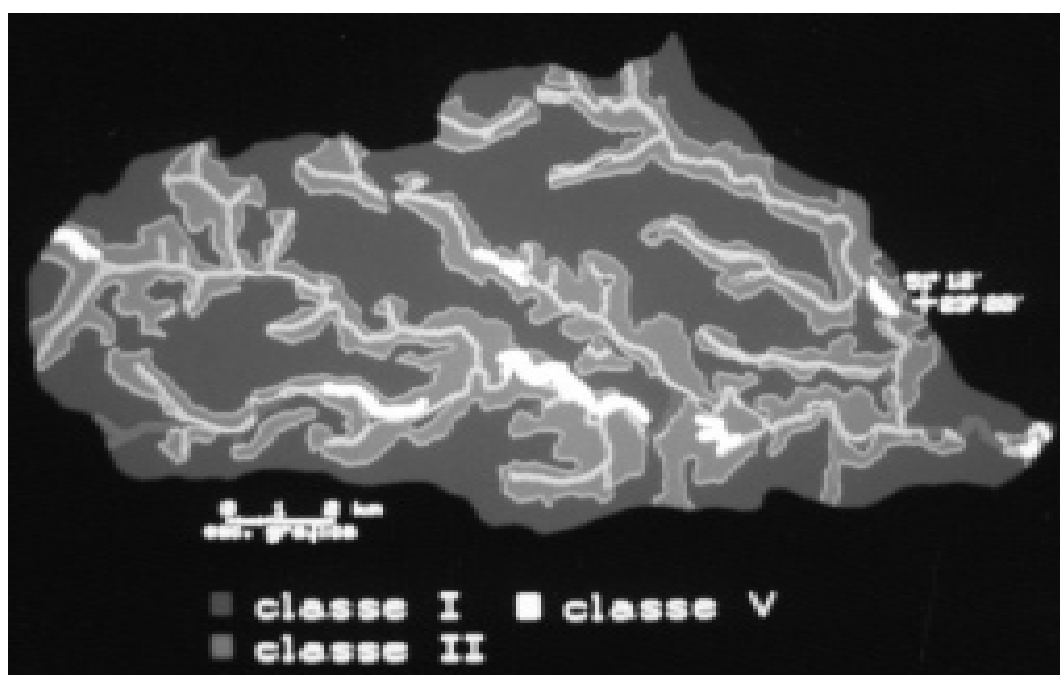
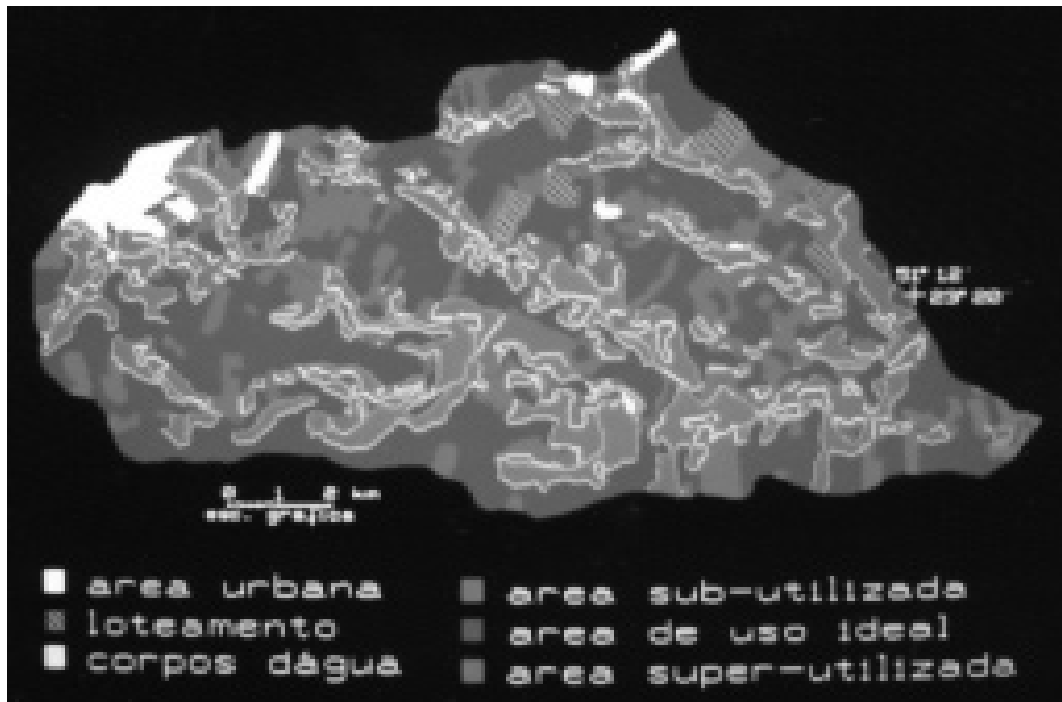


Fig. - Mapa de adequação do uso do solo de 1993.



Problema este decorrente dos diversos estágios de desenvolvimento das culturas agrícolas da área, bem como o das diferentes práticas culturais utilizadas pelos agricultores.

A dificuldade de interpretação da imagem devido à complexidade de suas feições poderia, provavelmente, ser contornada com a possibilidade de se utilizarem imagens de duas épocas diferentes: seca (inverno) e chuva (verão), ou início e meio de safra. Com isto, comparar-se-iam as respostas espectrais de uma mesma área em condições variáveis, conforme sua ocupação.

Com relação à obtenção do mapa de aptidão agrícola das terras, dada a flexibilidade da confecção do arquivo de regras para o cruzamento dos planos de informação, poderiam somar-se dados sobre profundidade do solo, erodibilidade, erosividade, litologia, etc., conforme a necessidade do projeto e disponibilidade de dados.

Com o intuito de buscar um maior equilíbrio da dinâmica ambiental, torna-se necessário um replanejamento do uso/ocupação dos solos de alguns pontos da área de estudo. Face ao caráter periódico de obtenção das imagens orbitais, pode ser efetuado um acompanhamento da ocupação an-

trópica da área, o que permitiria monitorar seu uso e avaliar sua adequação. A partir dessas informações, planejar-se-ia a implantação de projetos ambientais com posterior fiscalização das atividades agro-silvo-pastoris. Assim, os órgãos responsáveis pelo desenvolvimento da região exerceriam um maior controle do tipo de ocupação existente, principalmente nas áreas com intensidade de uso acima do que comporta sua aptidão agrícola. Desta forma, estar-se-ia evitando o aumento da carga detritica nos ribeirões com resíduos agrícolas e sedimentos, exercendo assim um melhor controle da qualidade dos recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, D.S. Geographical information systems development: some consideration about their use, problems and trends at INPE. *Revista SELPER*, v. 6, n. 1, p.47-49, Mar. 1990.
- ANUTA, P.E. et alli. Landsat-4 MSS and Thematic Mapper data quality and information content analysis. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 22, n. 3, p. 222-236, May 1984.
- ARONOFF, S. Geographic Information Systems: a management perspective. 3.ed., Ottawa: WDL Publications, 1989. 294p
- BADHWAR, G.D. et alli. Comparison of simulated Thematic Mapper data and Multispectral Scanner data. *Remote Sensing of Environment*, n. 14, p. 247-255, 1984.
- CHEN, S.C.; BATISTA, G.T.; TARDIN, A.T. Landsat TM bands combinations for crop discrimination. In: International Symposium on Remote Sensing for Resources Development and Environment Management, 7., Enschede, Netherlands, 1986. *Proceedings*. Rotterdam: A.A. Balkema, 1986. p.211-214.
- FORMAGGIO, A.R. et alli. Sistemas de informações geográficas na obtenção de mapa de aptidão agrícola e taxa de adequação de uso das terras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 16, p. 249-256, 1992.
- IOKA, M.; KODA, M. Performance of Landsat 5-TM data in land cover classification. *International Journal of Remote Sensing*, v. 7, n. 12, p. 1715-1728, 1986.
- KRYSINA, Y.Y.; SKATERSHCHIKOV, S.V. Use of space imagery in compiling evaluative and forecast maps of land use. *Mapping Sciences and Remote Sensing*, v. 26, n. 3, p. 191-200, 1989.
- LIMA, E.R.V. *Mapa de risco de erosão do solo: uma abordagem usando Sistema de Informação Geográfica e imagem orbital*. São José dos Campos. 166p. (INPE-5229-TDL/ 434). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações) - INPE, 1990.
- MINEROPAR. *Mapa geológico do Estado do Paraná*. Curitiba, 1989.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. *Levantamento de reconhecimento dos solos do nordeste do Estado do Paraná: informe preliminar*. Curitiba: Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária, 1971. 151p.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. *Aptidão agrícola das terras do Paraná: estudos básicos para o planejamento agrícola*. Brasília: SUPLAN, 1981. 138p. (Aptidão Agrícola das Terras – 21).
- MIRANDA, E.E.de; SANTOS, R.Z.dos; COVRE, M. Implantação de um sistema de informações para o Estado do Tocantins. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 6., Manaus, 1990. *Anais*. São José dos Campos: INPE, 1990. v.3, p.715-719.
- NELSON, R.F.; LATTY, R.S.; MOTT, G. Classifying northern forests using Thematic Mapper simulator data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 50, n. 5, p. 607-617, May 1984.
- NOVO, E.M.L.M. *Sensoriamento remoto: princípios e aplicações*. São Paulo: Edgard Blücker, 1989. 308p.
- RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, E.G.; BEEK, K.J. *Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras*. Brasília: SUPLAN/EMBRAPA, 1978. 70p.
- RICHARDS, J.A. *Remote sensing digital image analysis; an introduction*. Berlin: Springer-Verlag, 1986.

ROCHA, G.C. *Levantamento pedológico detalhado de uma área piloto da bacia do Ribeirão Cafezal, PR*. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 1986. 34p.

SWAM, P.H.; KING R.G. *Two effective feature selection criteria for multispectral remote sensing*. West Lafayette: Purdue Univ., 1973. (LARS Information Note 042673).

VALERIANO, D.M. *Processamento digital de dados do MSS-Landsat aplicado ao mapeamento da cobertura da terra da planície costeira do rio Tubarão, SC: metodologia e estimativa de exatidão de classificação*. São José dos Campos. 87p. (INPE-3455-TDL/188) Dissertação (Mestrado em Sensor. Remoto e Aplicações) - INPE, 1985.

VAN DEN BRINK, J.W.; BECK, R.; RIJKS, H. Thematic mapping by satellite: a new tool for planning and management. In: International Symposium on Remote Sensing for Resources Development and Environment Management, 7., Enschede, Netherlands, 1986. *Proceedings*. Rotterdam: A.A. Balkema, 1986. p.93-95.

VIEIRA, M.J. *Solos de baixa aptidão agrícola: opções de uso e técnicas de manejo e conservação*. Londrina: IAPAR, 1987. 68p. (Circular IAPAR - 51).

VIZINTIM, M. *Utilização de dados orbitais no reconhecimento de classes de uso do solo: Bacia do Ribeirão Cafezal-PR*. São Paulo. 94p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Departamento de Geociências / FFLCH / USP, 1990.