

SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA ESTUDO TEMPORAL DO USO DO SOLO.

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM FOR TEMPORARY STUDY OF THE SOIL USE.

**Valter Antonio Becegato¹, Manoel Marques Maciel², João Batista Pereira Cabral³,
Rodrigo Vilella Machado⁴**

Recebido em: 01/09/2003. Aprovado em: 24/09/2004.

RESUMO

O uso e ocupação do solo do município de Fazenda Rio Grande região metropolitana de Curitiba-PR, foram avaliados por meio de fotointerpretação e interpretação de imagens de satélite. Utilizaram-se fotografias aéreas dos anos de 1952, 1962, 1980, 1996, ortofotocarta de 1980 e imagens do satélite TM-Landsat/5 ano 2000 bandas 3, 4 e 5. Vasta rede de drenagem ocupa a região, onde solos como Latossolos ocupam as partes planas e os Argissolos estão inseridos nas áreas mais declivosas. Foram identificadas as seguintes classes temáticas: mata, mata de várzea, campo, mineração na várzea, várzea, agricultura de várzea, área urbana e reflorestamento. Ao longo de 48 anos, houve grande alteração da ocupação urbana que não existia em 1952, praticamente inexistente em 1962, com expressiva ocupação no intervalo de 1980 a 2000.

PALAVRAS-CHAVE: SIG, fotografias aéreas, TM-Landsat/5, uso do solo

SUMMARY

The use and occupation of soil in the municipality of Fazenda Rio Grande, in the Curitiba-PR Metropolitan Area, were evaluated by photo interpretation and satellite image interpretation. Aerial photographs of 1952, 1962, 1980, 1996, orthophotochart of 1980 and TM-Landsat/5 satellite images of 2000, bands 3, 4, and 5 were used. A vast drain network occupies the region, where soils such as Oxisols are in the plains and Ultisols are in the more inclined areas. The following thematic classes were identified: forest, swamp forest, field, swamp mining, swamp, swamp agriculture, urban area, and reforestation. Along 48 years, there was a large alteration of the urban occupation, which did not exist in 1952, practically did not exist in 1962, with significant occupation during the period from 1980 to 2000.

KEY WORDS: GIS, aerial photographs, TM-Landsat/5, soil use

INTRODUÇÃO

O solo e água são recursos naturais fundamentais para a sobrevivência humana e nas últimas décadas ambos têm sido alvo de atenção e preocupação, cujo uso e manejo têm suas implicações econômica, social e ambiental. Uma das constatações mais preocupantes está ligada ao uso e ocupação do solo em regiões metropolitanas, pela rápida expansão urbana, implicando em sérios problemas ambientais.

Densa rede de drenagem cobre a área (Figura 1), representada por um coletor mestre, o Rio Iguacú, que corta a região no sentido Leste para Oeste, e seus tributários. O relevo é aplainado no conjunto, porém no detalhe mostra feições de moderadamente acidentado e partes de relevo fortemente ondulado (MAACK, 1981).

O padrão de drenagem é do tipo dendrítico, cujo modelo se forma na presença de rochas que oferecem resistência uniforme na horizontal. O tipo de drenagem desenvolvido em um terreno é em parte função da relação infiltração/deflúvio, que por sua vez está ligada as propriedades físicas do solo, de tal modo que uma drenagem superficial escassa é indicativa de alta infiltração e boa permeabilidade (GARCIA, 1982).

A busca de soluções para problemas localizados ou regionais tais como: planejamento urbano, agrícola, monitoramento ambiental entre outros, necessita ser tratada em ambiente de sistemas de informação georreferenciada. A modificação rápida do uso do meio físico, decorrente da intensificação tanto para uso agrícola como para áreas urbanas, requer a adoção de técnicas de avaliação e de diagnóstico que acompanhem a dinâmica espaço-temporal do uso do solo (ASSAD, 1995). As mais importantes feições reconhecidas dos materiais terrestres através das fotografias aéreas são: relevo, drenagem, erosão, coloração do solo, vegeta-

¹Eng. Agrônomo Doutorando-UFPR Professor UDESC/CAV Av. Luis de Camões 2090, 88520-000 - Lages-SC E-mail becegato@cav.udesc.br

² Eng. Agrônomo Doutorando ON Rio de Janeiro-RJ E-mail marques@on.br

³ Geógrafo Doutorando-UFPR Professor UFGO - Jatai - GO E-mail cabral@jatai.ufg.br

⁴ Eng. Agrônomo Doutorando-UFLA Professor UFLA - Lavras - MG E-mail rmachado@ufla.br

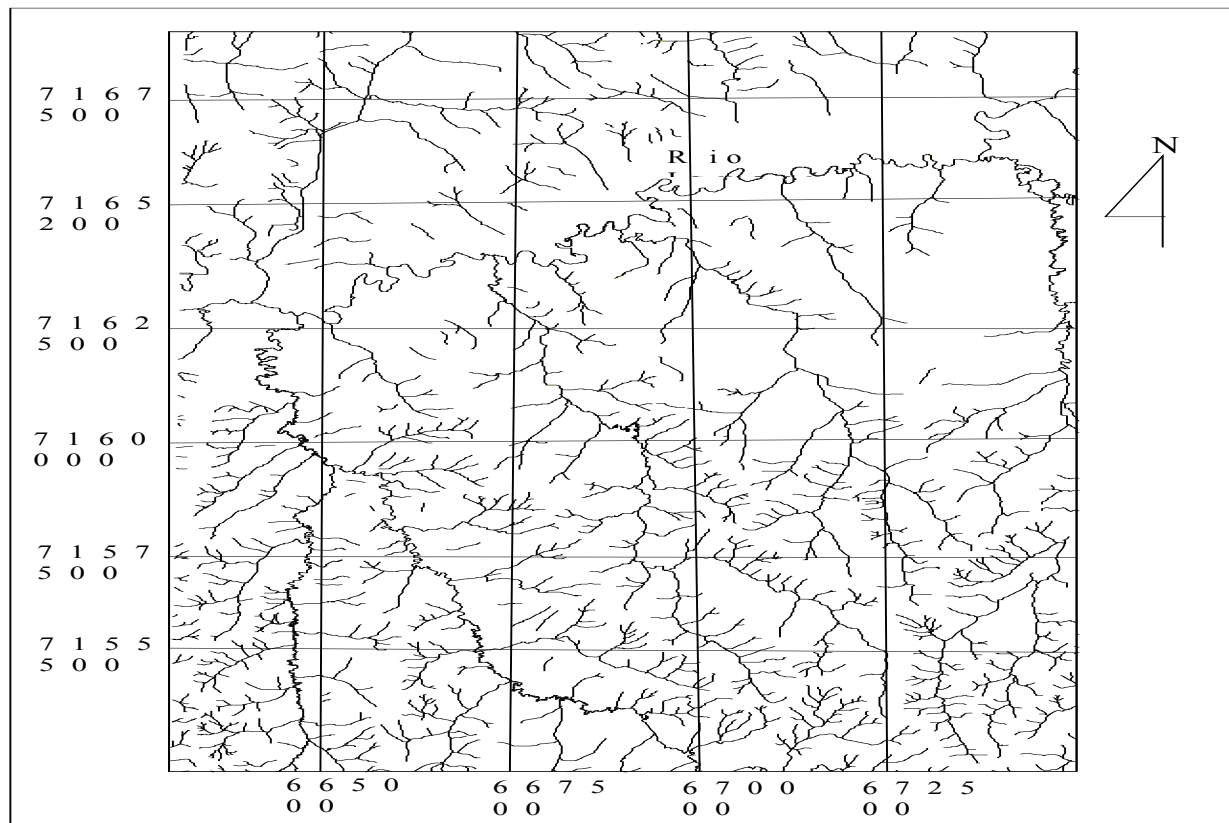


Figura 1. Rede de drenagem

ção e uso da terra, sendo elementos essenciais que levam ao entendimento do que não se vê, mas está indicado pelas combinações das mesmas. A associação de métodos usando dados coletados de fotografias aéreas e dados obtidos a campo é eficaz para confecção de mapas temáticos, utilizando-se técnicas de classificação multiespectral supervisionada e a interpretação visual direta sobre os fotogramas (EKSTRAND, 1986). O uso de produtos orbitais em estudos ambientais, cuja temática é fisiografia e morfologia do relevo, é amplamente utilizado, principalmente como subsídio aos estudos de cobertura vegetal, uso do solo e ocupação (VEDONELLO e MATTOS, 1991).

Dangermond (1987) e Aronof (1993), observam que há duas classes de estrutura de dados para representação geográfica, que têm sido usadas para armazenar e representar a informação espacializada em formato digital: a estrutura vetorial e a matricial ou raster. Para Burrough (1986), a representação vetorial de um objeto é a tentativa de representá-lo o mais exatamente possível. Supõe-se que o espaço de coordenadas é contínuo e não quantizado como no espaço matricial, permitindo que sejam definidas com boa precisão todas as posições, componentes e dimensões.

O trabalho objetivou representar e quantificar o uso e ocupação dos solos, com dados obtidos de fotografias aéreas em diferentes datas e imagens de satélite TM-Landsat/5 ano 2000, utilizando-se Sistema de informação geográfica (SIG).

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização geral da área

A área de pesquisa está localizada entre as coordenadas UTM E=663500m e N=7152000m e E=675000m e N=7168000m do meridiano central 51° WGR (Figura 2). Segundo Maack (1953), a porção sudoeste do primeiro planalto do Paraná está constituída litologicamente por gnaisses e migmatitos granitizados do complexo cristalino, rochas associadas aos migmatitos como xistos magnesianos, anfibólios e quartzitos, sedimentos pleistocênicos da “formação Guabirota”. Conforme (MINEROPAR, 1989), ocorrem depósitos holocênicos nas planícies aluviais principalmente ao longo do Rio Iguaçu.

BIGARELLA e SALAMUNI (1962) utilizaram o termo “formação Guabirota” para designar os sedimentos pleistocênicos da bacia de Curitiba.

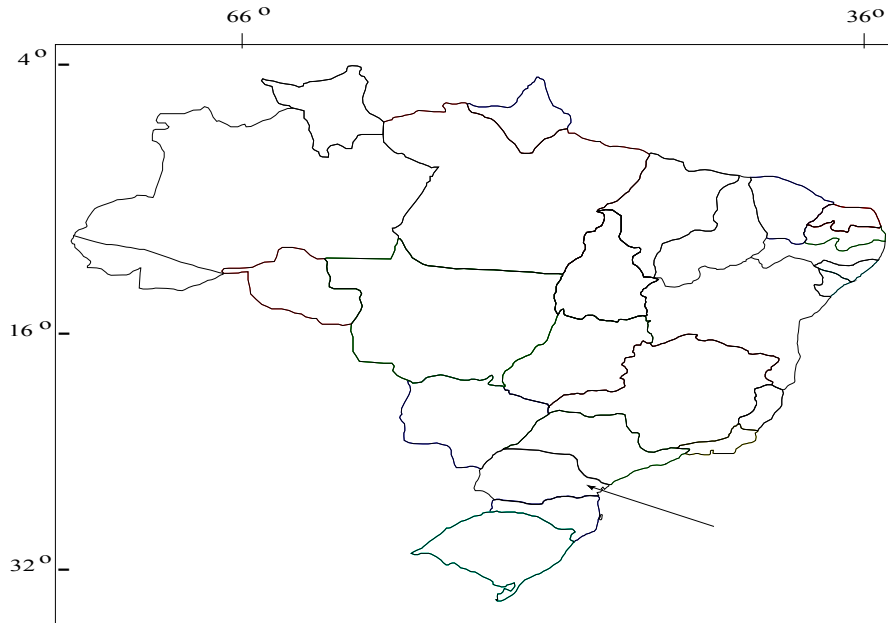


Figura 2. Localização da área de estudos.

Segundo EMBRAPA (1984), a vegetação primária da região é classificada como floresta subtropical perenifólia, apresentado três níveis: o nível superior constituído por araucárias, imbuia, cedro, canela e outras espécies folhosas de grande porte, o nível médio é composto por podocarpus além de outras e o nível inferior abrange erva, arbustos e gramíneas em geral. De acordo com a classificação de Köppen (MAACK, 1981), a região apresenta clima Cfb – subtropical úmido, sem estação seca.

Utilizaram-se fotografias aéreas dos anos de 1952, 1962, 1980, 1996, ortofotocarta de 1980 e imagens do satélite TM-Landsat/5 órbita 220 ponto 78 ano 2000. A primeira etapa antes da fotointerpretação, foi a delimitação da área útil de cada fotografia segundo metodologia proposta por Rabben et al. (1960), e confeccionar “overlays” de acordo com as orientações de Anderson (1979). Sobre as fotografias aéreas da formação do estereopar, foi realizada a interpretação do uso traçando-se sobre os “overlays” independentes das classes de uso da terra, baseando-se nos elementos convencionais de reconhecimento como tonalidade, textura, forma, arranjo espacial, tamanho e convergência de evidências.

Trabalhos envolvendo análise e planejamento ambiental, utilizam documentos de várias origens, como cartas topográficas, fotografias aéreas, imagens de satélites orbitais e dados digitais. Cada um dos produtos analógicos apresentam variações dimensionais em termos de níveis de cinza e de posicionamento relativo,

segundo condições ambientais e de geometria de cena. Existe, portanto, a preocupação com a qualidade dos dados de entrada em SIG, visando a obtenção de produtos confiáveis. No caso de dados digitais uma das providências, além das correções radiométricas e geométricas de rotina, é o chamado registro da imagem, quando esta é processada e corrigida de acordo com a correspondente carta topográfica ou base cartográfica.

A primeira fase do registro foi a obtenção de pontos de controle, pela definição de feições claramente identificáveis da base cartográfica – ortofoto-carta da Coordenadoria da Região Metropolitana de Curitiba, com as imagens das fotografias no monitor do computador, cujo software utilizado foi o *IDRISI r. 2.0*. Foram escolhidos oito pontos de controle em cada fotografia, após efetuou-se a reamostragem de todos os pontos das fotografias em relação aos pontos de controle, tornando-as georreferenciadas. Feita a correção geométrica, foi possível identificar os limites em coordenadas UTM necessários para que o conjunto das fotografias formassem uma única imagem. Efetuou-se a digitalização das classes temáticas. Exportou-se os arquivos no formato DXF para o *Autocad r.14* para a edição dos mapas definitivos. Para o georreferenciamento da imagem do satélite TM-Landsat/5, utilizou-se 20 pontos de controle, cujo registro empregado foi ortofoto-carta/imagem. O algoritmo empregado foi do vizinho mais próximo, tendo-se como objetivo manter o mais semelhante possível o valor do pixel original (CRÓSTA, 1992). Para as imagens de

satélite, fez-se a composição *RGB* das bandas 3, 4 e 5 (Figura 3), objetivando buscar uma composição falsa cor, cuja coloração permitiu realçar as feições que compõem as imagens, facilitando a interpretação das mesmas. Realizou-se a classificação no modo supervisionado classificador de máxima verossimilhança do software *IDRISI r.2.0*, onde foi possível interferir na identificação das classes desejadas, corroborado por RODRIGUES et al. (2001)

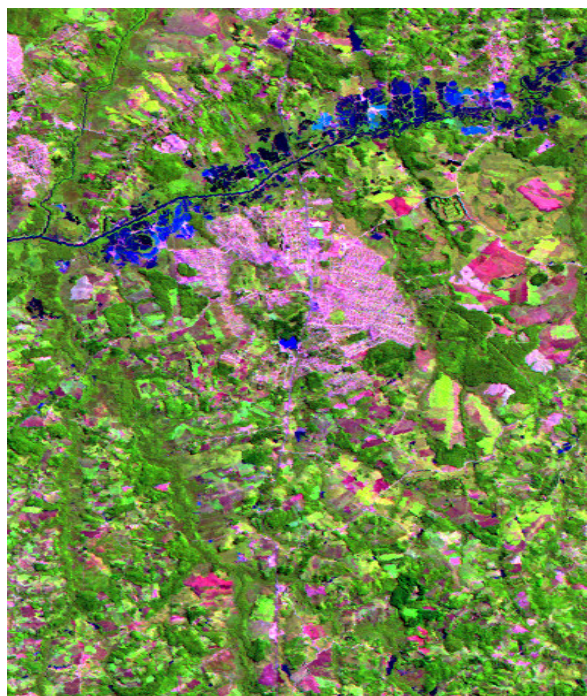


Figura 3. Imagens do TM-Landsat/5 ano 2000 composição RGB bandas 5, 4 e 3.

Para separação das classes temáticas nas imagens de satélite, utilizou-se a classificação supervisionada das imagens (Figura 4), a partir do conhecimento da área ou por inferência, relacionando-se áreas das imagens com as classes de cobertura do solo que se deseja ver separar. Nestas áreas são selecionadas amostras de treinamento que são um conjunto de pixels considerados mais representativos das classes de interesse. Estas são portanto, definidas *a priori*, e o processo de classificação visa enquadrar cada pixel em uma classe. Todos os pixels das amostras de treinamento de uma dada classe, constituem o conjunto de treinamento para aquela classe, o qual define um padrão de comportamento espectral, geralmente expresso em parâmetros estatísticos. O enquadramento de um pixel em cada uma das classes é feito por várias bandas utilizadas e os padrões das classes.

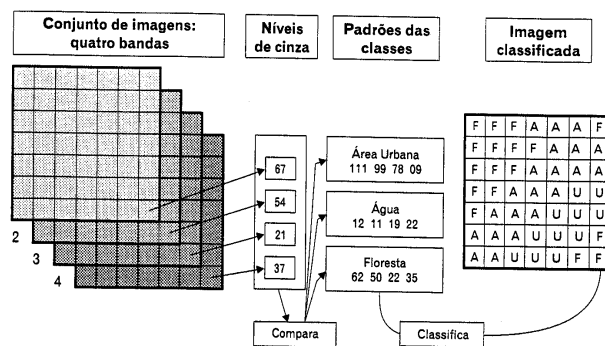


Figura 4. Classificação supervisionada sobre as imagens de satélite. (Fonte: IBGE 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área de estudos é composta por formas de relevos, que abrangem desde suave até fortemente ondulado, com várias microbacias, originando tributários que desaguam no coletor principal, o Rio Iguaçu. Para a fotointerpretação, levou-se em consideração as características fisionômicas e padrões fotográficos das principais classes temáticas (Tabela 1).

Ao longo de 48 anos, divididos em cinco intervalos de estudos do uso e ocupação do solo, representados pelos anos de 1952, 1962, 1980, 1996 e 2000, foram encontradas nove classes temáticas, cujas áreas de ocupação dadas em hectares e percentagem, encontram-se na (Tabela 2).

Tabela 1. Fisionomia e padrão fotográfico para fotointerpretação. (Adaptado de Garcia, 1982).

Classes Temáticas	Fisionomia	Padrão fotográfico
Mata	Floresta latifoliada subtropical, porte arbóreo alto, estratificada, cor verde escuro.	Tonalidade cinza escuro, textura média, uniforme contínua, porte arbóreo.
Campo	Campo nativo, porte herbáceo baixo ou médio, cor verde médio claro, alta densidade de cobertura do solo.	Tonalidade cinza-claro, claro/médio uniforme, textura muito fina, estrutura maciça, porte rasteiro.
Vegetação de várzea	Vegetação localizada nas planícies de inundação, com espécies geralmente higrófilas, porte herbáceo e arbustivo, cor verde-escuro, alta densidade de cobertura do solo.	Tonalidade cinza-escuro e médio, textura média e fina, estrutura não organizada e maciça, porte rasteiro e arbustivo.
Reflorestamento	Comunidade florestal de pinus, porte arbóreo alto, cor verde médio e escuro, densidade de cobertura do solo médio/alto, alinhamentos retos.	Tonalidade cinza-escuro uniforme, textura fina e muito fina, telhado plano, estrutura organizada em alinhamentos porte arbóreo.

A classe temática que mais chama atenção é a urbana, que até o ano de 1980 era inexpressiva com 3,5% da área total, evoluindo num período de 20 anos para mais de 13% (Tabela 2). O fato mais agravante é que a expansão da cidade Fazenda Rio Grande, está ocorrendo próximo ao Rio Iguaçu, justamente em partes constituídas por áreas de várzea, conforme pode-se constatar pelas (Figura 3 - cor rosa) e (Figura 8 - cor preta).

O avanço de áreas para agricultura chegou a 22,8% em 2000, substituindo a vegetação natural composta por campo nativo. O problema disto, é que estas áreas encontram-se em relevo acidentado, composta por solos como os argissolos. Estudos feitos na área por Maciel (2000), mostrou que esses solos estão inseridos em relevos que vão desde ondulados a fortemente ondulados, cuja aptidão agrícola está entre 2bc e 4p, com valores de erodibilidade (fator K da equação universal de perdas de solos) na ordem de 0,033 t.h/Mj.mm e que vem sendo ocupados por culturas anuais.

Áreas de mineração para extração de areia para construção civil, vêm crescendo embora não expressiva, mas pelo impacto ambiental que causam no meio ambiente. O material extraído têm como destino depósitos de materiais de construção civil da região metropolitana de Curitiba. Conforme visitas *in loco* no ano de 2003, observou-se que tanto a cidade, como as áreas para lavoura e extração de areia cresceram em relação ao ano de 2000. As áreas de mata na várzea têm aumentado, possivelmente devido a fiscalização mais intensa por parte do órgão ambiental estadual, objetivando preservar os mananciais de água.

Para as bandas 1, 2 e 3 do TM-Landsat/5, extraiu-se as componentes principais (Tabela 3), face ocorrer alta correlação entre elas, produzindo redundância de informações, havendo pouca contribuição para a discriminação das classes temáticas, procedimento análogo utilizado por Florenzano (1998) e Simplício (1995).

Tabela 2. Áreas ocupadas (em ha e %) pelas classes temáticas dos anos de 1952, 1962, 1980, 1996 e 2000.

Classes Temáticas	Anos fotointerpretados e imagens		
	1952	1962	1980
Mata de várzea	2685,3 (14)	2287,62 (12)	2390,15 (12,6)
Mata	2811,32 (15)	3378,88 (17,5)	3289,70 (17,3)
Campo	8760,02 (46)	10176,60 (54)	8094,46 (42,6)
Agricultura	2054,54 (11)	1706,94 (9)	2040,35 (10,7)
Várzea	2606,15 (13,8)	1185,14 (6)	2219,35 (11,7)
Agricultura de várzea	46,64 (0,2)	21,00 (0,1)	69,29 (0,4)
Área urbana	-	237,43 (1,3)	676,25 (3,5)
Mineração na várzea	-	21,39 (0,1)	69,88 (0,5)
Reflorestamento	-	-	125,54 (0,7)
Total	18975	18975	18975

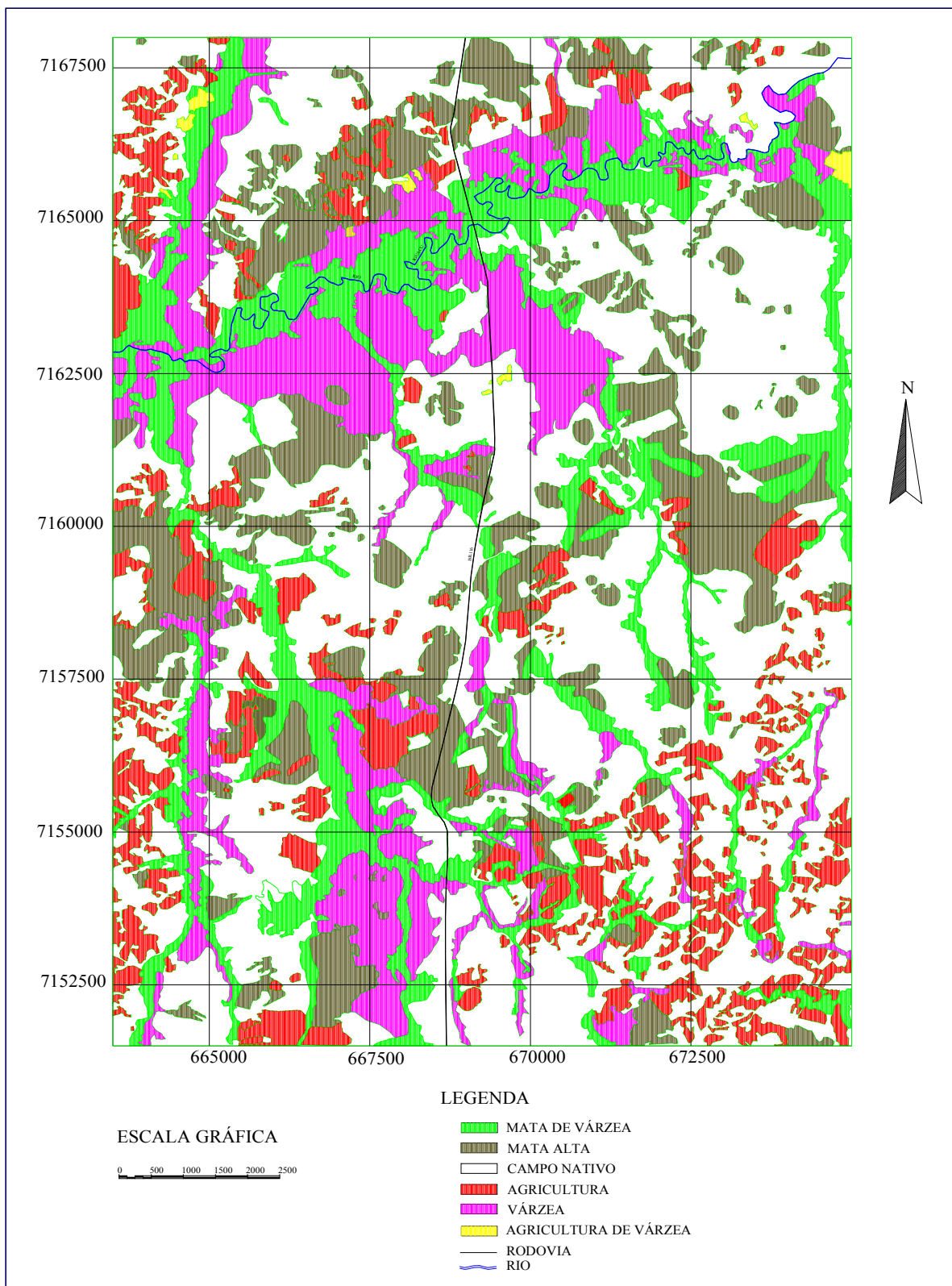


Figura 5. Mapa de uso e ocupação do solo do ano de 1952.

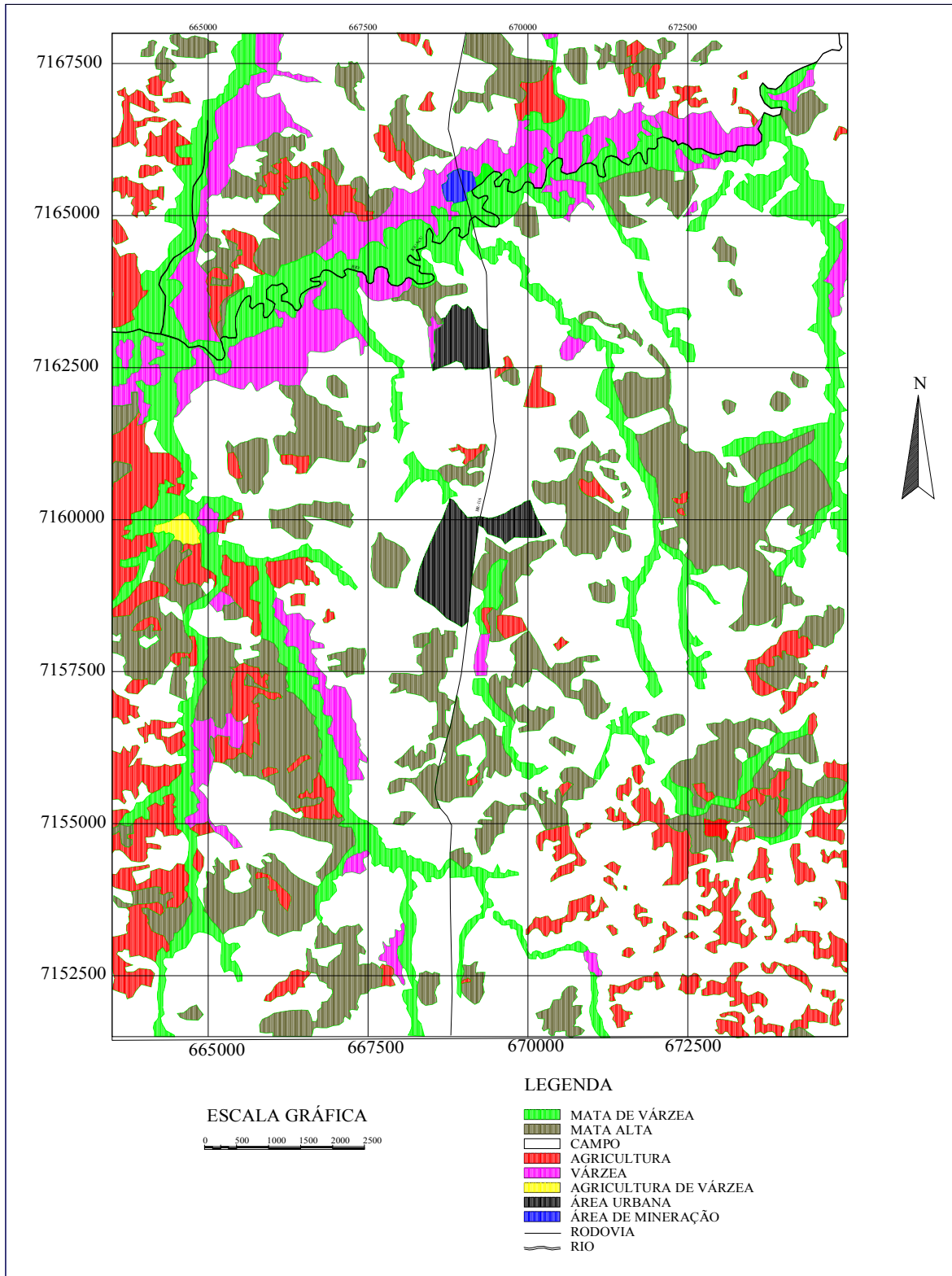


Figura 6. Mapa de uso e ocupação do solo do ano de 1962.

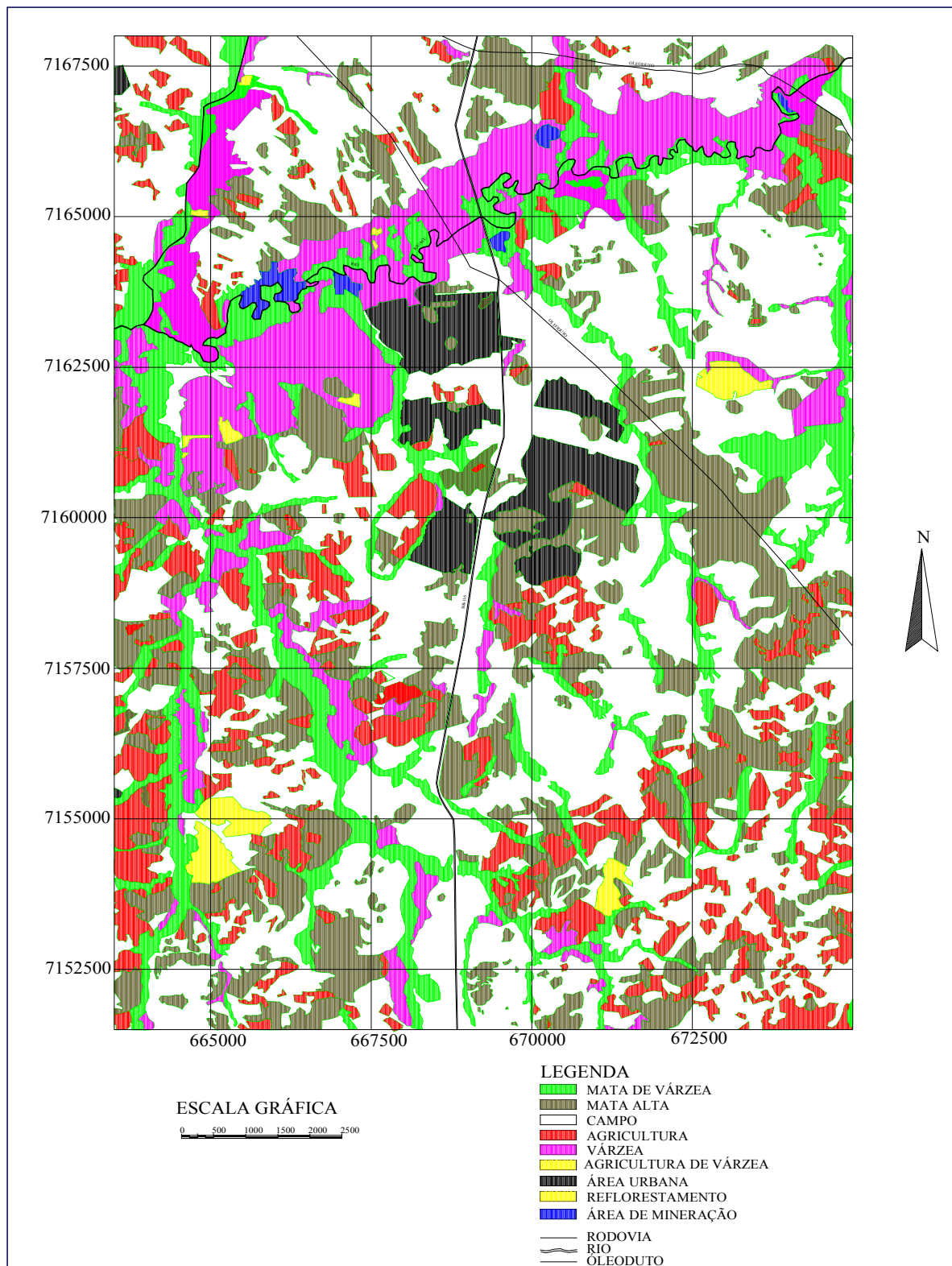


Figura 7. Mapa de uso e ocupação do solo do ano de 1980.

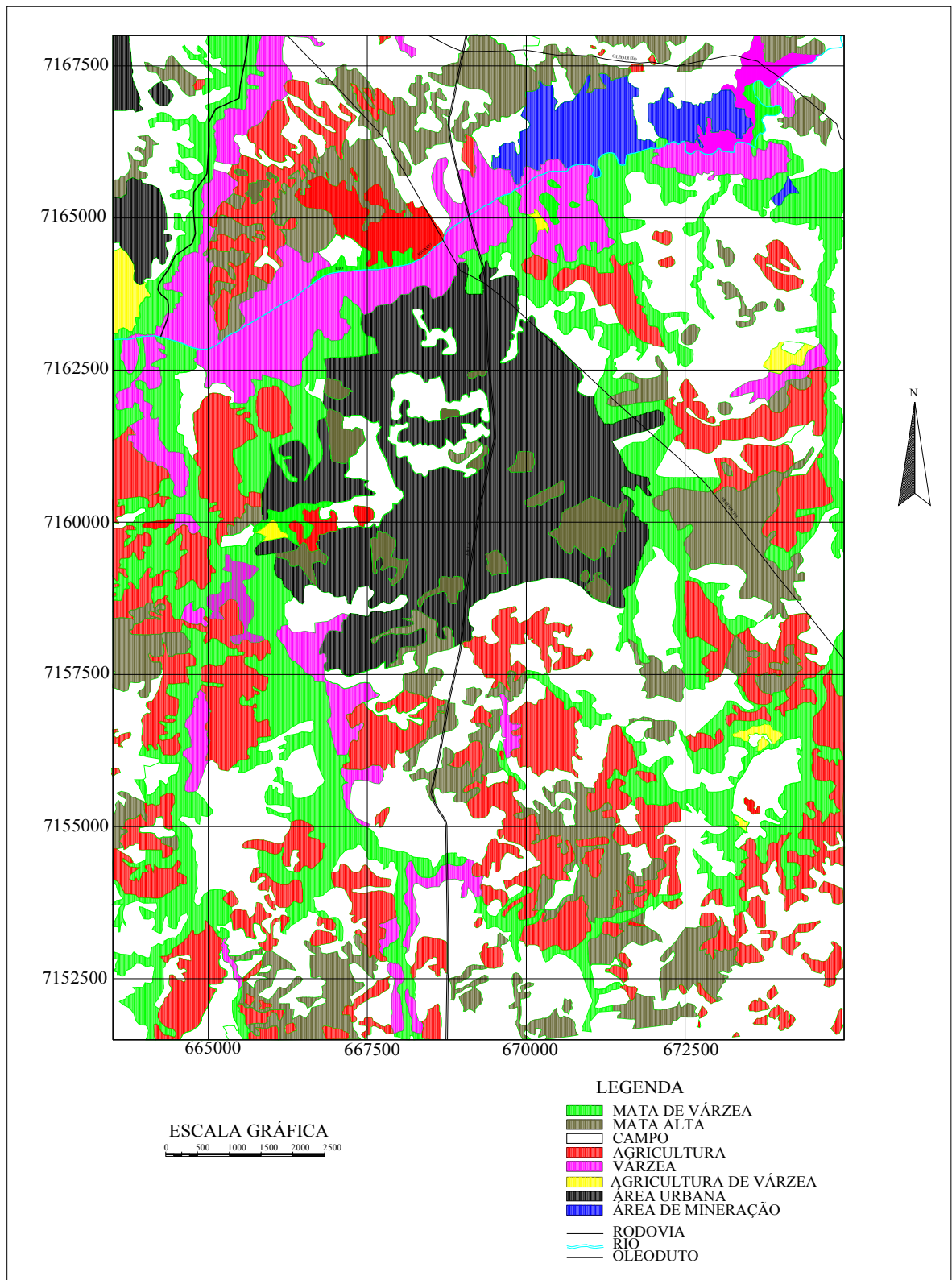


Figura 8. Mapa de uso e ocupação do solo do ano de 1996.

A interpretação visual das imagens de satélite do ano de 2000, foi facilitada pelo comparativo da fotointerpretação das classes temáticas obtidas do ano de 1996, utilizada como verdade terrestre, embora houvesse intervalo de quatro anos entre as duas cenas. Júnior (1999), utilizando imagens do TM-Landsat/5 combinado com a banda C do Radarsat em estudos geo-ambientais, observa que a interpretação visual das imagens em composições coloridas, conduz a um estudo da distribuição espacial das classes e suas associações onde visualmente percebe-se os tipos mais ou menos distintos e as variações tonais. As respectivas áreas das classes temáticas do ano de 2000 podem ser visualizadas nas (Tabela 2) e (Figura 3).

Tabela 3. Matriz de correlação das imagens do TM-Landsat/5.

A assinatura espectral da área urbana foi a de melhor separabilidade, representada pela cor rosa próxima ao centro da imagem (Figura 3), seguido pelas áreas de mata de várzea e mata, embora tenha havido certo grau de mistura nestas assinaturas, fato contornado pela utilização das fotografias aéreas do ano de 1996 em par estereoscópico, cujo procedimento também foi adotado por Ribeiro (1997). Jupiasú (1993) e Gong e Dunlop (1991), observaram para a importância da homogeneidade da seleção das amostras, pois todas as informações na hora da classificação da cena vêm das amostras e portanto estas devem representar fidedignamente cada classe amostrada.

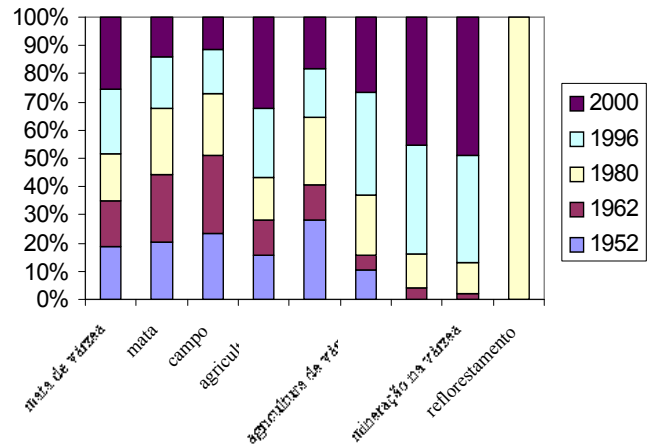


Figura 9. Áreas ocupadas em porcentagem nos diferentes anos.

CONCLUSÕES

A extração das classes temáticas por fotointerpretação é mais precisa do que na classificação por imagens com resolução de 30 metros, principalmente quando se tem várias classes temáticas;

No intervalo dos 48 anos de estudos, a classes temática que mais evolui em ocupação do solo foi a urbana, muito próxima do Rio Iguaçu;

Houve aumento da mata de várzea do ano de 1996 para 2000, bem como de áreas ocupadas com agricultura a partir de 1980 até 2000;

1 O levantamento dos dados em ambiente de SIG permitiu separar, quantificar e comparar as classes temáticas das diferentes datas estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 2 0,964 1,000
- 3 0,932 0,952 1,000
- 4 0,769 0,795 0,693 1,000
- ANDERSON, J.R. **Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 80p.
- 5 0,846 0,877 0,895 0,819 1,000
- 6 0,361 0,390 0,416 0,460 0,587 1,000
- ARONOFF, S. **Geographic information system a management perspective**. Ottawa :WDL Publications, 1993.
- ASSAD, M.L.L. Uso de um sistema de informações geográficas na determinação da aptidão agrícola de terras. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Campinas, v.19, n.1, p.133-139, 1995.
- BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R. **Características texturais dos sedimentos da bacia de Curitiba**. Bol. da Universidade do Paraná, v.7, p.1-164, 1962. (1ª parte)
- BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources**

- assessment.** Oxford: Calrendon Press, 1986. 94p.
- CRÓSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto.** Campinas: IG/UNICAMP, 1992. 170p.
- DANGERMOND, J.A. **Classification of softwares components commoly used in geographic information systems.** [S.l.] : International Journal of Geographic Information Systems, 1987.
- EKSTRAND, S. Thematic mapper in tropical forest inventaries. A comparison with Landsat MSS data, panchromatic aerial photography and color infrared aerial fotografy. **Proccedings of the twentieth international symposium on remote sensing of environment,** Kenya, v.3, p1085-1101, 1986.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná.** Londrina : IAPAR/SUDESUL, 1984. v.2 (Boletim Técnico no. 52).
- FLORENZANO, T.G. Imagem TM-Landsat e HVR-Spot na elaboração de actras geomorfológicas de uma região do Rio Taquari, MS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.33, p.1721-1717, out. 1998.
- GARCIA, G.J. **Sensoriamento remoto : princípios e interpretação de imagens.** São Paulo: Nobel, 1982. 357p.
- GONG, P.; DUNLOP, J.D. Comments on the skidmore and turner supervised non parametric classifier. **Photogrammetric engineering & remote sensing,** v.57, n.10, 1991.
- IBGE. **Introdução ao processamento digital de imagens.** Rio de Janeiro, 2001. 89p.
- JÚNIOR, H. F. da SILVA. **Combinação de imagens RADARSAT e Landsat-5 para fins de mapeamento Geo-Ambiental.** Curitiba-PR. 1999. 120p. (Mestrado – Universidade Federal do Paraná).
- JUPIASSÚ, A. Cartas imagem básica e temática folhas Teresópolis e Anta escala 1:50.000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 16., Curitiba, 1993. **Anais...** Curitiba: [S.n.], 1993. v.3. p.541-543.
- MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná.** 2.ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1981. 442p.
- MAACK, R. Mapa geológico do Estado do Paraná. Escala 1.750.000. [S.l.] : Serviço de Geologia do Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas, 1953.
- MACIEL, M.M. **Aplicação da equação universal de perdas de solos (USLE) em ambiente de geoprocessamento e sua comparação com aptidão agrícola.** Curitiba, 2000. 76p. (Mestrado – Universidade Federal do Paraná).
- MINEROPAR. Mapa geológico do Estado do Paraná. Escala 1.650.000. Curitiba: [S.l.], 1989.
- RABBEN, E.L., CHALMERS JÚNIOR, E.L., MANLEY, E., et al. Fundamental of photointerpretation. In: American Society of Photogrammetry. **Manual of photographic interpretation.** Washington, 1960. cap. 3, p.100-66.
- RIBEIRO, S.R.A. **Aplicação de técnicas de geoprocessamento no estudo de solos e confecção de banco de dados relacional digital do município de Palotina-PR.** Curitiba, 1997. 155p. (Mestrado – Universidade Federal do Paraná).
- RODRIGUES, J.B.T., ZIMBACK, C.R.L., PIROLI, E.L. Utilização de sistema de informação geográfica na avaliação do uso da terra em Botucatu(SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v. 25, p.675-681, 2001.
- SIMPLÍCIO, A.R.M. **O emprego de sistema de informação georreferenciada (SIG) na identificação dos corpos máficos-ultramáficos da região de uauá-Bahia.** Campinas, 1995. 120p. (Mestrado-Universidade Estadual de Campinas).
- Figura 9. Áreas ocupadas em percentagem nos diferentes anos.**
- VEDONELLO, R., MATTOS, J.T. Uso de teledecção na compartimentação fisiográfica para obtenção de um zoneamento geotécnico de múltiplo uso em regiões litorâneas. In: Simpósio Latino Americano de Percepção Remota, Cuzco-Peru, 1991. **Anais...** Cuzco-Peru, 1991.v.5, p. 473-479.