



PALAVRAS CHAVES/KEY WORDS

AUTORES  
AUTHORS

USO DA TERRA  
APTIDÃO AGRÍCOLA  
SENSORIAMENTO REMOTO

AUTORIZADA POR/AUTHORIZED BY

*Luiz Glauco Merra Filho*  
Coord. Geral de Obs. da Terra

AUTOR RESPONSÁVEL  
RESPONSIBLE AUTHOR

*Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto*  
Sérgio A.F. Pinto

DISTRIBUIÇÃO/DISTRIBUTION

INTERNA / INTERNAL  
 EXTERNA / EXTERNAL  
 RESTRITA / RESTRICTED

REVISADA POR / REVISED BY

CDU/UDC

528.831:551.4

DATA / DATE

Novembro 1988

PUBLICAÇÃO Nº  
PUBLICACION NO

INPE-4729-PRE/1406

TÍTULO/TITLE

UTILIZAÇÃO DE IMAGENS TM/LANDSAT NA ANÁLISE  
COMPARATIVA ENTRE DADOS DE USO DA TERRA  
E DE APTIDÃO AGRÍCOLA

AUTORES/AUTHORSHIP

Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto  
Mario Valério Filho  
Gilberto J. Garcia\*

ORIGEM  
ORIGIN

DSM

PROJETO  
PROJECT

Nº DE PAG.  
NO OF PAGES

25

ULTIMA PAG.  
LAST PAGE

24

VERSÃO  
VERSION

Nº DE MAPAS  
NO OF MAPS

RESUMO - NOTAS / ABSTRACT - NOTES

O presente trabalho teve como objetivo realizar o mapeamento do uso atual da terra através de dados TM/LANDSAT e fazer análise comparativa com os dados de uso da terra recomendado contidos em mapa de aptidão agrícola. Como área de estudo selecionou-se parte do município de Conchal situada na porção centro-leste do Estado de São Paulo por se tratar de área de intensa e diversificada ocupação agrícola. Informações referentes ao uso atual da terra, foram obtidas através da análise interpretativa de imagens TM/LANDSAT, em composições coloridas multiespectrais (escala 1:50.000) processadas digitalmente através do sistema Image-100. Foi obtido mapa de dominância de uso da terra, cujos dados foram confrontados com as informações contidas em mapa de aptidão agrícola pré-existente. Verificou-se nesta comparação que, no período de estudo, cerca de 16,0% da área (2.963 ha) apresentavam desconformidade entre o uso atual da terra e o uso adequado (mapa de aptidão agrícola). Com referência aos dados TM/LANDSAT observou-se que a composição colorida multiespectral TM7, TM5, TM4 foi a que se mostrou mais informativa para a cartografia do uso da terra.

OBSERVAÇÕES/REMARKS

\*UNESP-Rio Claro

Trabalho publicado na Revista Brasileira Ciência do Solo, Vol. 13, 1989.

UTILIZAÇÃO DE IMAGENS TM/LANDSAT NA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DADOS DE USO  
DA TERRA E DE APTIDÃO AGRÍCOLA

Sérgio A.F.Pinto, Mário Valério Filho & Gilberto J. Garcia

Figuras 5 (cinco)

Quadro 4 (quatro)

UTILIZAÇÃO DE IMAGENS TM/LANDSAT NA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DADOS DE USO DA TERRA E DE APTIDÃO AGRÍCOLA<sup>(1)</sup>

Sérgio A.F.Pinto<sup>(2)</sup>, Mário Valério Filho<sup>(2)</sup> & Gilberto J. Garcia<sup>(3)</sup>

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo realizar o mapeamento do uso atual da terra através de dados TM/LANDSAT e fazer análise comparativa com os dados de uso da terra recomendado contidos em mapa de aptidão agrícola. Como área de estudo selecionou-se parte do município de Conchal situada na porção centro-leste do Estado de São Paulo por se tratar de área de intensa e diversificada ocupação agrícola. Informações referentes ao uso atual da terra, foram obtidas através da análise interpretativa de imagens TM/LANDSAT, em composições coloridas multiespectrais (escala 1:50.000) processadas digitalmente através do sistema Image-100. Foi obtido mapa de dominância de uso da terra, cujos dados foram confrontados com as informações contidas em mapa de aptidão agrícola pré-existente. Verificou-se nesta comparação que, no período de estudo, cerca de 16,0% da área ( 2.963 ha) apresentavam desconformidade entre o uso atual da terra e o uso adequado (mapa de aptidão agrícola). Com referência aos dados TM/LANDSAT observou-se que a composição colorida multiespectral TM7, TM5, TM4 foi a que se mostrou mais informativa para a cartografia do uso da terra.

Termos de indexação: uso da terra, aptidão agrícola, sensoriamento remoto.

---

(<sup>1</sup>) Recebido para publicação em setembro e aprovado em outubro de 1988.

(<sup>2</sup>) Pesquisador, Instituto de Pesquisas Espaciais, Caixa Postal 515, CEP 12201 - São José dos Campos (SP).

(<sup>3</sup>) Professor Titular, I.G.C.E. - UNESP/Rio Claro, Rua 10, nº 2527, Caixa Postal 178. CEP 13500 - Rio Claro (SP).

SUMMARY: USE OF TM-LANDSAT DATA IN COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN LAND USE AND LAND SUITABILITY

The objective of this work was to compare a land use map derived from TM-LANDSAT data with a land suitability map. The area selected was Conchal region (center-eastern of São Paulo State) that represents an important agricultural area. Data about actual land use were obtained from multispectral color TM composites enlarged to the scale 1:50.000 (by digital processing using Image-100 system). The land use map obtained, was compared to land suitability information. It was observed that nearby 16,0% of the study area (around 2,963 ha) presented discrepancy. The analysis of TM-LANDSAT data showed that combination of bands 7 (blue), 5 (green) and 4 (red) was the best to the mapping of land use targets in the study area.

Index terms: land use, land suitability, remote sensing.

## INTRODUÇÃO

A implementação de uma política agrícola adequada necessita de informações confiáveis e atualizadas referentes ao uso e ocupação da terra para que se possa estruturar e viabilizar o planejamento agrícola tanto a nível local como regional.

De um modo geral existe a preocupação de órgãos governamentais em elaborar documentos indicativos da melhor forma de exploração agrícola de uma área, podendo-se citar como exemplos os mapas de aptidão agrícola das terras ou ainda os documentos cartográficos relativos ao zoneamento agrícola, os quais fornecem dados sobre a possível exploração racional das terras, vinculada a características ambientais (condições edáficas, relevo, clima) e procedimentos de manejo adequado.

Entretanto, em geral, na prática o que se observa é a desconsideração às prescrições indicadas nestes documentos técnicos, promovendo a ocorrência de áreas de discrepâncias, entre uso efetivo da terra e sua aptidão agrícola, fato que concorre, muitas vezes, para o decréscimo da produtividade agrícola, bem como pode contribuir para a degradação dos solos.

Para a identificação daquelas discrepâncias e avaliação da dinâmica da ocupação agrícola do espaço territorial rural é importante efetuar o levantamento periódico para o acompanhamento do uso da terra, objetivando não somente contemplar uma avaliação histórica da ocupação antrópica, favorecendo uma análise de tendências, mas também criar registros referentes a esta temática para fins de planejamento.

Para o acompanhamento deste evento de caráter dinâmico, é necessário dispor de uma fonte de dados, que possua agilidade temporal que satisfaça o lapso de tempo de mudanças que a ocupação agrícola impõe. Neste particular o atendimento àquela necessidade pode ser, até certo nível, satisfeito através da utilização de dados obtidos a partir das técnicas de

sensoriamento remoto, especialmente aqueles coletados a nível orbital, através dos sistemas a bordo dos satélites atualmente em operação, LANDSAT e SPOT.

Os dados fornecidos pelos sistemas de sensoriamento remoto orbital, têm contribuído de forma significativa em diferentes setores das geociências. Especificamente no caso do tema uso da terra, trabalhos já têm sido desenvolvidos e publicados mostrando a potencialidade e o desempenho das imagens orbitais para a discriminação de classes e acompanhamento de modificações de uso da terra em diferentes contextos ambientais. Nesta linha podem ser citados diversos autores no exterior e no Brasil, destacando-se entre outros: Willians et alii (1973), Johnson e Coleman (1973), Linz Jr. (1976), Anderson et alii (1976), Odenyo e Pettry (1977), Santos e Novo (1977), Novo (1979), Niero e Lombardo (1979), Lombardo et alii (1980), Santos et alii (1981), Chen et alii (1986), Pinto et alii (1986), IPT (1987), Pereira et alii (1988).

Neste contexto de experiências e abordagens o presente trabalho objetivou, além do mapeamento do uso atual da terra através de dados TM/LANDSAT, a análise comparativa com os dados de uso da terra recomendado contidos em mapa de aptidão agrícola. Deve-se salientar que é um trabalho preliminar em que se preocupou apenas analisar as áreas de ocupação por cultivos anuais e de culturas de ciclo longo (citrus e cana). Também aqui não se inseriu o enfoque sócio-econômico do uso da terra, que deverá ser objeto de trabalho posterior.

#### ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na micro-região de Campinas (SP) compreendida pelas coordenadas de 47°01' e 47°13' de longitude oeste de Grw e 22°11' e 22°18' de latitude sul, (Figura 1).

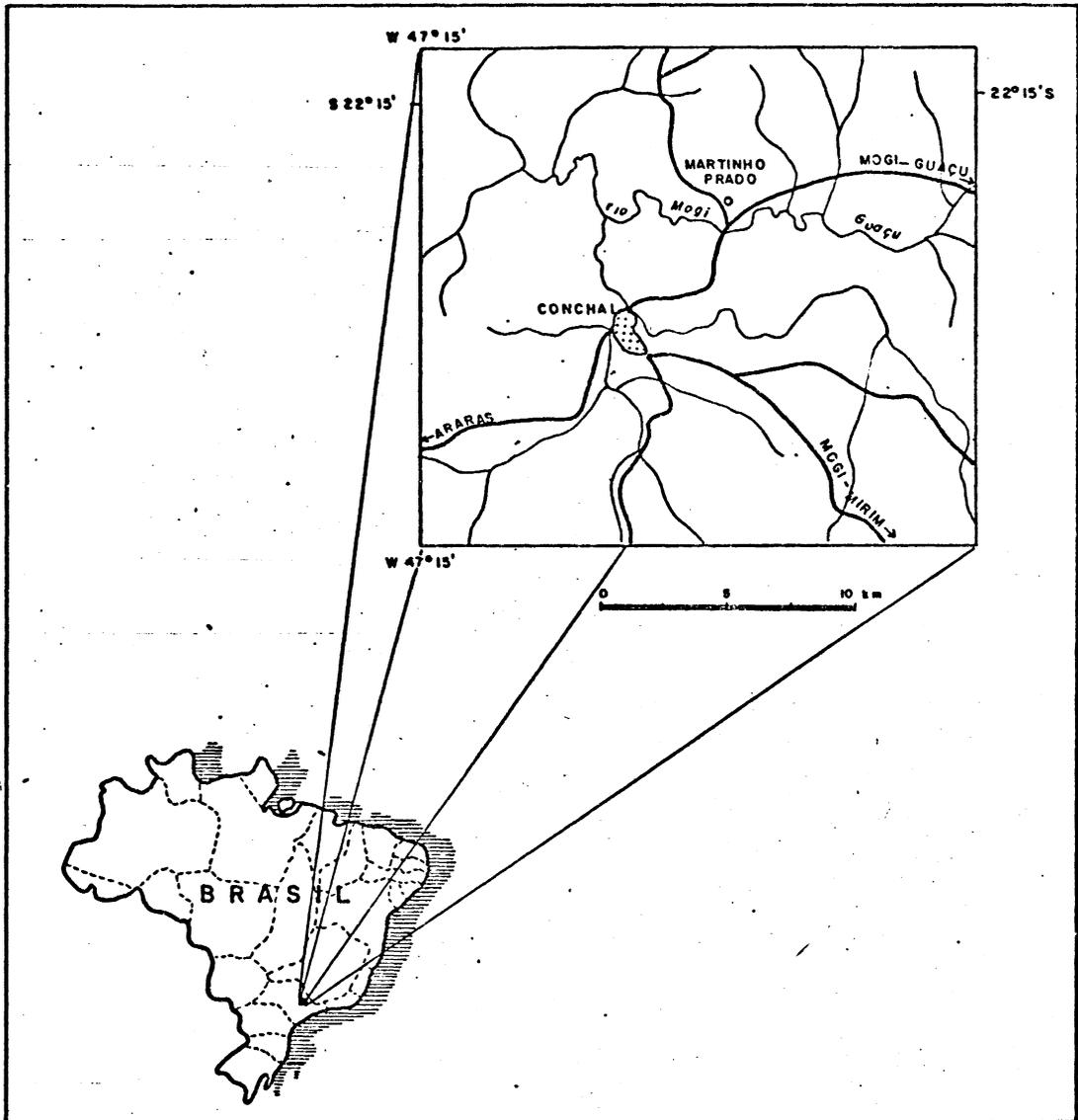


Figura 1 - Localização da área de estudo.

A topografia regional segundo Oliveira et alii (1982) caracteriza-se por apresentar 85% da área como uma sucessão de baixas colinas de formas suavizadas e com topos subaplainados, ligeiramente abaulados, mantidos geralmente nas cotas 580-680 metros, com declives que, na sua maior parte, raramente atingem 5%.

Quanto à litologia, segundo IPT (1981) ela é representada predominantemente por rochas do grupo Tubarão, de idade Permocarbonífera. Ocorrem também as intrusivas básicas do Jurássico-Cretáceo e sedimentos do Cenozóico, além das várzeas e terraços de época recente. As rochas do grupo Tubarão, representadas principalmente por arenitos de granulação fina, siltitos e argilitos, são predominantes, seguidos dos diversos sedimentos Cenozóicos.

Os solos segundo Oliveira et alii (1982) são representados pelos Podzolicos Vermelho-Amarelos e solos Litólicos que ocorrem nas vertentes mais dissecadas das formações sedimentares. Relacionados com o material detrítico de cobertura Cenozóico aparecem os Latossolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Vermelho-Escuros. Já os solos com material provenientes do intemperismo do diabásio, são representados por Latossolos Roxos e pela Terra Roxa Estruturada.

Quanto à cobertura vegetal natural observa-se a presença de remanescentes da mata subperenifólia. Essa vegetação foi praticamente substituída em decorrência da atividade agrícola intensa e diversificada, representada por culturas perenes (citrus, café), semi-perenes (cana-de-açúcar, mandioca) e culturas anuais (algodão, milho, arroz, soja, painço) favorecida pelas condições de fertilidade natural das terras e relevo pouco movimentado. Pastagem e reflorestamento ocupam em geral, as áreas de relevo mais movimentado e de pouca expressão em área.

Segundo o sistema Köppen, o clima é do tipo Cwa, mesotérmico de inverno seco. A estação seca ocorre de abril a setembro e a chuvosa de outubro a março. As temperaturas atingem em junho-julho a média de 18°C, superando os 22°C em janeiro-fevereiro.

## MATERIAL E ABORDAGEM METODOLÓGICA

Para este trabalho foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos:

a) Dados TM/LANDSAT

Os produtos TM/LANDSAT selecionados para este trabalho foram utilizados no formato de fitas magnéticas (CCT), referentes à órbita 220/75 (WRS), para as bandas TM1, TM2, TM3, TM4, TM5 e TM7, nas passagens de 14/11/85 e 22/03/86.

b) Fotografias Aéreas Pancromáticas

Como material de apoio foram utilizadas fotografias aéreas pancromáticas de arquivo, do aerolevante de julho de 1978, na escala aproximada de 1:35.000, que basicamente serviram para orientar o trabalho de verificação de campo.

c) Documentação Cartográfica: carta de solos (1:100.000) (Oliveira et alii, 1982), carta de aptidão agrícola (1:100.000) (Oliveira e Van den Berg, 1983), carta topográfica (1:50.000), do IBGE.

d) Equipamentos: estereoscópio, sistema ampliador/projetor PROCOM-2, Sistema Analisador de Imagens Multiespectrais (Sistema Image-100).

Com referência à abordagem metodológica o presente trabalho foi desenvolvido com base na análise interpretativa de composições coloridas multiespectrais TM/LANDSAT.

Os dados TM/LANDSAT no formato de fitas compatíveis com computador (CCT's) foram submetidos às técnicas de processamento digital no sistema Image-100. Através deste sistema analisador os dados TM foram inicialmente ampliados para a escala aproximada de 1:50.000, definindo-se o módulo de estudo.

As bandas TM ampliadas foram apresentadas no monitor do sistema Image-100 e aplicados procedimentos de realçamento, sendo utilizada a opção Ampliação Linear de Contraste, que consiste em alteração dos histogramas de distribuição de níveis de cinza das imagens na tentativa de aumentar o contraste entre os alvos contidos na cena imageada.

A partir das imagens realçadas foram testadas diferentes combinações de bandas TM, três a três, associando-se as cores azul, verde e vermelho, obtendo-se composições coloridas multispectrais, também apresentadas no monitor do sistema Image-100.

A seleção das bandas TM para compor as imagens coloridas foi conduzida através de critério de discriminação visual de alvos conhecidos contidos na cena estudada. Este procedimento se mostrou compatível, por exemplo, com os resultados alcançados por Chen et alii (1986), que utilizando um critério estatístico (Distância J-M) indicam as combinações TM2, 4 e 5 e a TM4, 5 e 7 como aquelas que apresentam melhor separabilidade espectral para discriminação de culturas.

As composições TM que se apresentaram mais informativas, no contexto deste trabalho, foram fotografadas diretamente do monitor do sistema Image-100 e ampliadas para a escala aproximada de 1:50.000, através de processo fotográfico.

A interpretação dos dados TM foi conduzida utilizando-se critério de análise dos elementos: tonalidade, variação de cor, textura, forma e contexto, ajustado às características espectrais e temporal daquelas imagens orbitais.

Desta forma a análise foi realizada utilizando-se conjuntamente os dados contidos nas imagens de 14/11/85 e 22/03/86, identificando-se e mapeando categorias de uso/ocupação da terra. As informações coletadas a partir da interpretação foram submetidas a trabalho de verificação de campo.

Com as informações obtidas foram elaborados mapas de uso da terra e de dominância de uso da terra (este com apoio de grade de quadrículas de 0,5 x 0,5cm) na escala de 1:50.000.

Os dados de aptidão agrícola das terras, coletados a partir de mapa pré-existente (Oliveira e Van den Berg, 1983), foram ajustados à escala de trabalho e comparados com as informações de uso atual, sendo analisadas suas discrepâncias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na análise visual das imagens apresentadas no monitor do sistema Image-100, foram selecionadas as seguintes composições coloridas multispectrais:

TM2 (azul), TM3 (verde), TM4 (vermelho)

TM2 (azul), TM5 (verde), TM4 (vermelho)

TM2 (azul), TM7 (verde), TM4 (vermelho)

TM7 (azul), TM5 (verde), TM4 (vermelho)

Através da interpretação de produtos analógicos das composições multispectrais foram definidas as seguintes categorias de uso da terra: citrus, cana, culturas anuais, solo exposto, pasto implantado, pasto sujo, pinus, eucalípto e vegetação natural. A utilização da categoria, genérica, culturas anuais decorre do fato que os dados orbitais, no estágio atual não permitem ainda separar os tipos de cultivos inseridos naquela categoria.

Na análise interpretativa verificou-se que a combinação de bandas TM7 (azul), TM5 (verde), TM4 (vermelho) foi a que apresentou melhor desempenho em termos de possibilitar a discriminação das categorias de uso da terra adotadas. A diferença de desempenho entre as composições coloridas selecionadas pode ser observada pelas matrizes de separabilidade relativa ilustradas na Figura 2 (a, b, c, d).

O mapa de uso da terra obtido foi submetido a trabalho de verificação de campo, no qual observou-se o bom desempenho das imagens multispectrais TM, mesmo considerando-se seus limites de resolução espacial de 30 metros no terreno.

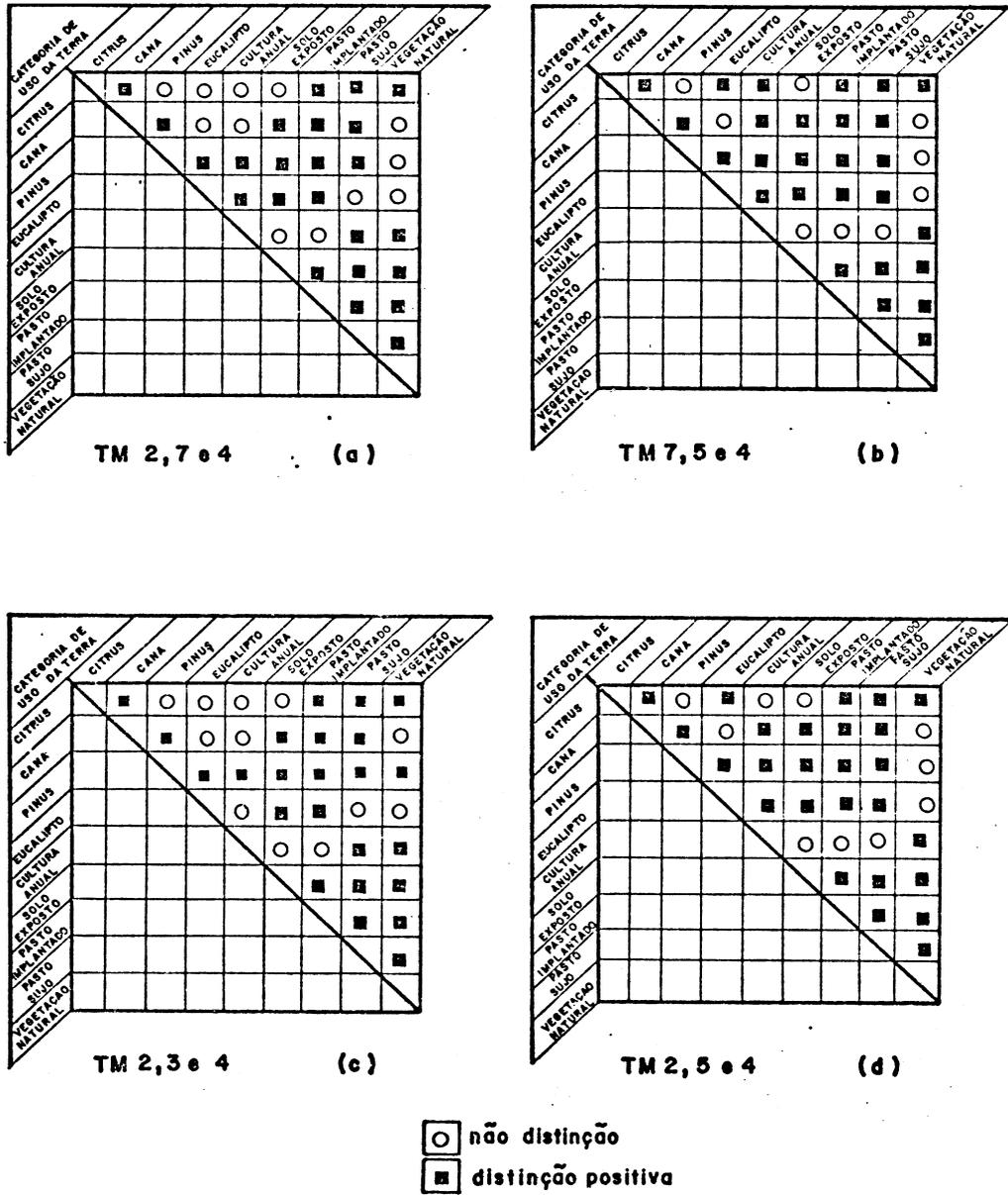


Figura 2 - Matrizes de separabilidade relativa de categorias de uso da terra para diferentes composições coloridas multispectrais.

Nos resultados deve-se considerar também a interferência de características da área, uma vez que a região de Araras está inserida em setor do território paulista que apresenta ocupação agrícola considerada do tipo complexa em termos da presença de culturas anuais, culturas perenes, reflorestamento e outras atividades antrópicas vinculadas à agricultura. Este fato, associado à diversificação dos tipos de solos daquela área, dificultou, em parte, a discriminação de glebas contendo, principalmente, cultivos anuais (áreas utilizadas com cultivo de algodão) e em glebas contendo citrus recém implantados.

Nestes dois casos o que se verificou foi a influência da cobertura pedológica no comportamento espectral daquelas culturas em decorrência de suas condições de biomassa. Especificamente os talhões de algodão, em grande parte, apresentavam problema de fitossanidade (presença de bicudo) afetando as condições de vigor da biomassa, promovendo comportamento espectral com forte participação das condições superficiais dos solos.

O mapa temático de uso atual da terra, obtido diretamente da análise interpretativa das composições TM/LANDSAT, foi transformado em mapa de dominância de uso da terra através da utilização de grade de quadrículas, apresentado na escala 1:50.000 (Figura 3).

As informações contidas no mapa de dominância de uso da terra foram confrontadas com os dados do mapa de aptidão agrícola das terras (Oliveira e Van den Berg, 1983), ajustados à escala 1:50.000 (Figura 4). Deve-se salientar que para legenda deste mapa, ilustrada no Quadro 1, foram apenas compilados os grupos de aptidão que se inserem na área de estudo, bem como apenas consideradas a erodibilidade e disponibilidade de nutrientes como elementos de limitação edáfica.

A partir da análise comparativa entre aqueles dados verificou-se, para determinados setores da área de estudo, a não concordância entre o uso atual da terra e aquele considerado adequado conforme características físicas da área, principalmente em termos de condições do relevo e tipos de solos.

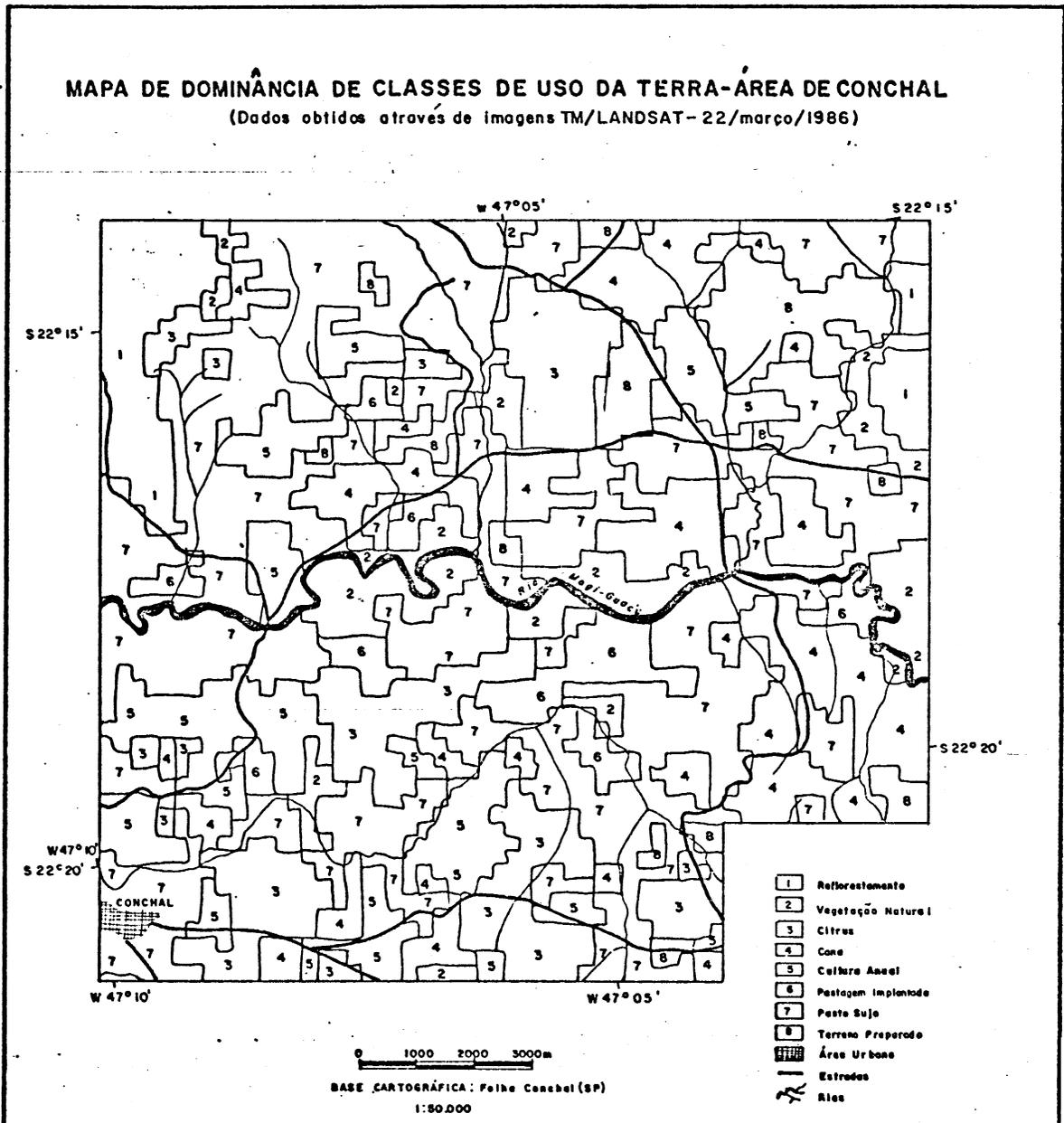


Figura 3 - Mapa de dominância de uso da terra.

(Região de Conchal - São Paulo)

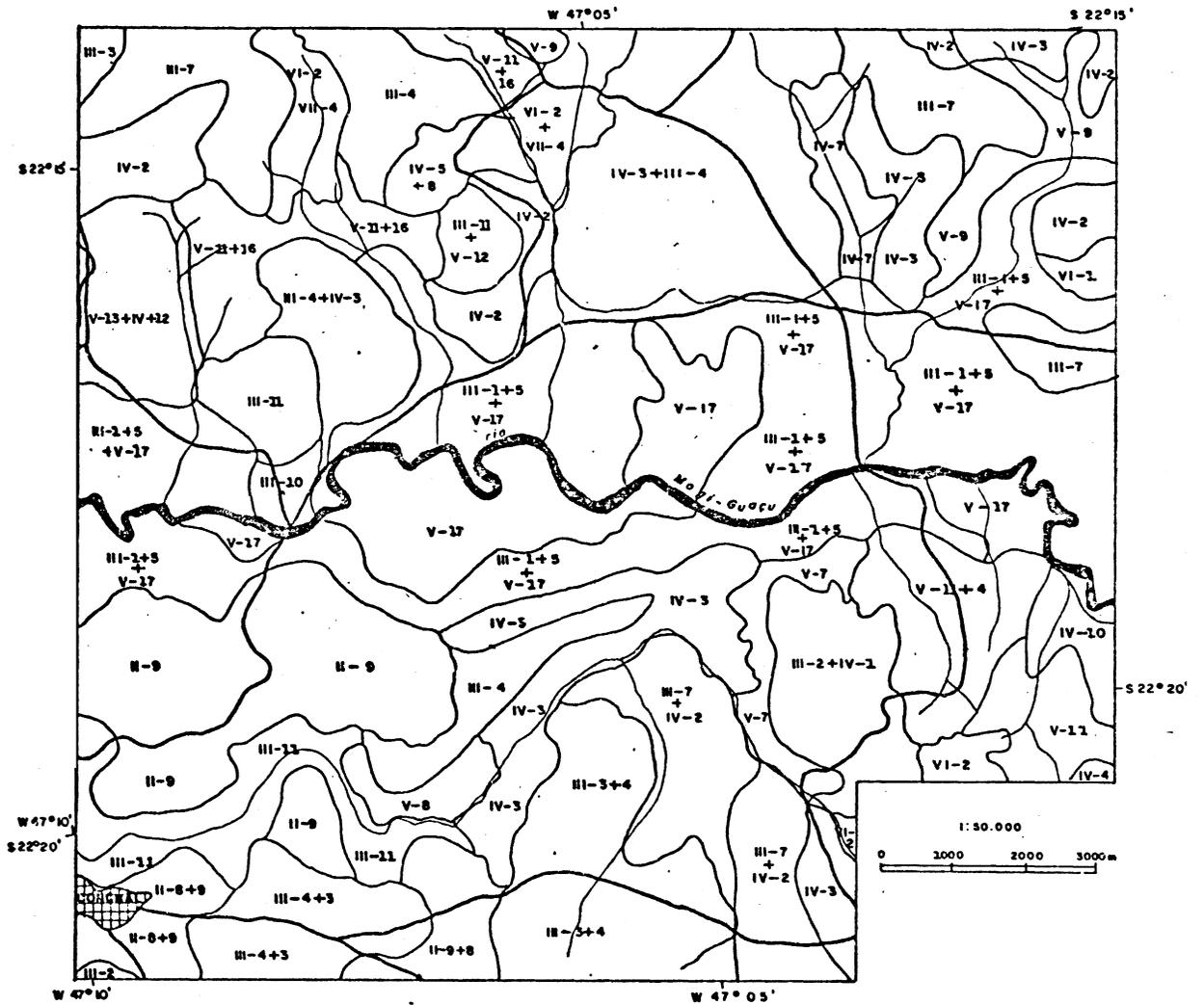


Figura 4 - Mapa de aptidão agrícola das terras.

FONTE: Oliveira e Van den Berg, 1983.

Quadro 1 - Legenda referente ao mapa de aptidão agrícola das terras.

GRUPO DE APTIDÃO AGRÍCOLA	UNIDADE DE MANEJO	UNIDADE DE SOLO SEGUNDO MAPA PEDOLÓGICO	CLASSE DE DECLIVE	LIMITAÇÕES EDÁFICAS E GRAU DE RESTRIÇÃO	
II- TERRAS COM APTIDÃO SATISFATORIA PARA CULTURAS ANUAIS E BOA PARA CULTURAS DE CICLO LONGO, PASTAGENS E REFLORESTAMENTO. Solos com limitações ligeiras até moderadas quanto à declividade e nula à forte quanto à disponibilidade em nutrientes.	II - 8	LE1	A	V3	
	II - 9	LE1	B	V3	
III- TERRAS COM APTIDÃO REGULAR PARA CULTURAS ANUAIS E BOA PARA CULTURAS DE CICLO LONGO, PASTAGEM E REFLORESTAMENTO. Solos profundos situados em declives de até 5% mas com forte limitação devido à disponibilidade em nutrientes.  Solos profundos situados em declive de 5 a 12%, com limitação moderada quanto à erodibilidade e mecanização.	III - 1	LV4	A	V3	
		LV6	A	V3	
	III - 2	LE2	A	V3	
		LV4	B	V3	
		LE2	B	V3	
	III - 3	LV5	A	V3	
	III - 4	LV5	B	V3	
	III - 5	Cb2	A	V3	
	III - 7	LV3	B	V3	
	III - 10	LRd	C	e2V2	
III - 11	LE1	C	e2V3		
IV- TERRAS COM APTIDÃO RESTRITA PARA CULTURAS ANUAIS DEPENDENTE DE CIRCUNSTÂNCIAS ECONÔMICAS, INFRAESTRUTURAS, ETC.: APTIDÃO MODERADA PARA CULTURAS DE CICLO LONGO, PASTAGENS E REFLORESTAMENTO. Solos profundos situados em declives de 5 a 12%, com limitação moderada quanto à erodibilidade e forte quanto à disponibilidade em nutrientes.  Solos situados em declives de 5 a 20%, com limitação ligeira até moderada devido à fertilidade porém forte quanto à erodibilidade e mecanização.  Solos profundos arenosos ou de textura média situados em declives inferior a 5% e com limitação até muito forte quanto à disponibilidade de água e à disponibilidade em nutrientes.	IV - 1	LE2	C	e2V3	
		LV4	C	e2V3	
	IV - 2	LV3	C	e2V3	
	IV - 3	LV5	C	e2V3	
	IV - 4	LV7	C	e2V4	
	IV - 5	LRe	D	e3	
		TE	D	e3	
	IV - 7	PV3	D	e3V1	
	IV - 8	LRd	D	e3V2	
	IV - 10	PV2	B	e1V3	
	IV - 12	LV2	B	e1V4	
	V- TERRAS INAPTAS OU COM APTIDÃO RESTRITA PARA CULTURAS ANUAIS, APTIDÃO MODERADA PARA CULTURAS DE CICLO LONGO, PASTAGENS E REFLORESTAMENTO. Solos situados em declive de 12 a 20%, com forte limitação quanto à erodibilidade, mecanização e disponibilidade em nutrientes.  Solos profundos situados em declive de 5 a 12%, com limitação moderada quanto à erodibilidade e mecanização à forte ou muito forte quanto à disponibilidade de nutrientes.  Solos situados em declive de 5 a 12% e com forte limitação quanto à erodibilidade e disponibilidade de água.  Solos hidromórficos situados em relevo plano, com limitação forte devido à má drenagem, profundidade efetiva limitada, e disponibilidade em nutrientes.	V - 7	LE2	D	e3V3
			LV4	D	e3V3
V - 8		LV5	D	e3V3	
V - 9		LV3	D	e3V3	
V - 11		PV2	C	e2V3	
V - 12		LV1	C	e2V4	
V - 13		LV2	C	e2V4	
V - 14		PV1	C	e3V2	
V - 16		L11	C	e3V2	
V - 17		H1	A	V3	
VI- TERRAS COM APTIDÃO RESTRITA PARA CULTURAS DE CICLO LONGO E PASTAGEM, APTIDÃO MODERADA OU RESTRITA PARA REFLORESTAMENTO. Solos situados em declive de 12 a 20% com limitação forte quanto à erodibilidade, mecanização e disponibilidade de água e moderada a muito forte quanto à disponibilidade em nutrientes.	VI - 2	PV2	D	e3V3	
VII- TERRAS COM APTIDÃO RESTRITA PARA REFLORESTAMENTO OU SEM APTIDÃO AGRÍCOLA DEPENDENTE DO DECLIVE, TAMPÃO DA GLEBA, INFRAESTRUTURA, ETC. Solos com limitação forte ou muito forte quanto à disponibilidade de água, erosão e mecanização, moderada até muito forte quanto à disponibilidade em nutrientes.	VII - 4	L11	D	e4V2	
		L11	E	e4V2	

SIGNIFICAÇÃO DOS SÍMBOLOS

CLASSE DE DECLIVE	LIMITAÇÃO EDÁFICA	GRAU DE RESTRIÇÃO
A < 2	e) erodibilidade	1- ligeira
B 2 a 5	v) disponibilidade em nutrientes (bases)	2- moderada
C 5 a 12		3- forte
D 12 a 20		4- muito forte
E > 20		Ausência de símbolo
		- restrição nula

Com base nesta análise comparativa e na legenda adotada por Oliveira e Van den Berg (1983) foram estabelecidos, informalmente, quatro grupamentos de classes relativas de restrição, considerando-se culturas anuais e de ciclo longo (citrus e cana): apta, moderadamente restrita, restrita e inapta.

Para distribuição das classes de aptidão agrícola das terras (de I a VII) nas quatro categorias (apta a inapta), considerou-se como critério os atributos declividade, erodibilidade e disponibilidade de nutrientes no solo, que têm vinculação com o aspecto degradação do solo.

Na qualificação desses atributos foram consideradas as classes adotadas por Oliveira e Van den Berg (1983), como segue:

- . declividade - classes (em %): < 2; 2 a 5; 5 a 12; 12 a 20; > 20.
- . erodibilidade - restrição: ligeira, moderada, forte, muito forte.
- . disponibilidade de nutrientes - limitação: ligeira, moderada, forte, muito forte.

No caso específico da declividade aquelas classes em porcentagem foram informalmente transformadas, em ordem, nas expressões qualitativas: fraca, moderada, moderada a forte, forte e muito forte.

A associação dos atributos, classes de aptidão agrícola das terras e ciclo das culturas encontra-se ilustrada no Quadro 2, onde os dados se encontram organizados na ordem crescente das restrições.

Na área de estudo os grupos de aptidão agrícola estão associados a diferentes unidades de solos (Oliveira et alii, 1982), conforme apresentado a seguir, mostrando naturalmente, concordância entre o crescente grau de restrição dos grupos e a dominância de solos que possuem acentuado gradiente textural:

- Grupo I - LRe
- Grupo II - TE, PV3, LRd, LE1
- Grupo III - LV2, LV4, LV5, LV6, LRd, PV3, Cb2
- Grupo IV - TE, LRd, LE2, LV1, LV2, LV3, LV4, LV5, PV2, PV3
- Grupo V - TE, LE1, LE2, LV1, LV2, LV3, LV4, PV1, PV2, Li1
- Grupo VI - LV2, PV1, PV2
- Grupo VII - PV1, PV2, Li1

A partir da avaliação dos atributos declividades, erodibilidade e disponibilidade de nutrientes os grupos de aptidão agrícola das terras foram associados aos quatro grupamentos relativo de restrição conforme os ciclos das culturas (ciclo curto e longo) (Quadro 3).

Com base nesta categorização relativa dos grupos de aptidão das terras fez-se, através de superposição, o confronto entre o mapa de uso atual da terra (por dominância) e o mapa de aptidão agrícola. Observou-se que, para determinados setores da área de estudo, ocorrem discrepâncias entre aqueles dados, basicamente enquadrando-se nas categorias relativas moderadamente restrita e restrita. Através de uma grade de quadrículas (ajustada à escala 1:50.000) fez-se a quantificação destas discrepâncias e verificou-se a sua maior incidência para as terras enquadradas na categoria moderadamente restrita ao uso agrícola, considerando as culturas anuais e perenes. Do total da área de 17.908 ha, aproximadamente 2.963 ha (16,55% da área de estudo) apresentavam desconformidade entre o uso atual da terra e o uso recomendado.

O Quadro 4 refere-se a uma síntese das ocorrências de discrepância (em %), que se verificaram na área de estudo, para as duas categorias de restrição de uso conforme o ciclo das culturas (ciclo anual e ciclo longo - citrus e cana). Através deste quadro pode-se observar que a ocupação da terra com culturas anuais foi a que apresentou maior índice de discrepância em termos de ocorrência em área (aproximadamente 9,6%), enquanto que a maior incidência de desconformidade foi para a categoria moderadamente restrita (cerca de 15,75% do total da área de estudo).

Quadro 2 - Grupos de aptidão agrícola versus ciclos das culturas e qualificação dos atributos declividade (D), erodibilidade (e) e disponibilidade de nutrientes (V)

Atributos	Ciclo das culturas		
	Grupos de aptidão agrícola	Ciclo curto (culturas anuais)	Ciclo longo (citrus e cana)
D - fraca e - sem restrição V - sem restrição	I	Sem restrição	Sem restrição
D - fraca e - ligeira V - limitação fraca	II	Aptidão satisfatória (alguma restrição)	Sem restrição
D - fraca e - sem restrição V - limitação forte	III	Aptidão regular (com restrição)	Boa aptidão
D - fraca e - ligeira a moderada V - limitação forte	IV	Aptidão restrita	Aptidão moderada
D - moderada a forte e - forte V - limitação forte	V	Aptidão restrita ou inapta	Aptidão moderada
D - forte e - forte V - limitação forte	VI	Inapta	Aptidão restrita
D - muito forte e - muito forte V - limitação moderada	VII	Inapta	Restrita para reflorestamento e inapta para outras atividades

Fonte: Oliveira e Van den Berg (1983).

Quadro 3 - Distribuição dos grupos de aptidão agrícola das terras (I a VII) pelas categorias relativas de restrição, conforme o ciclo das culturas

Ciclo da cultura \ Categorias relativas de restrição	Apta	Moderadamente restrita	Restrita	Inapta
ciclo curto (anual)	I e II	III e IV	V	VI e VII
ciclo longo (citrus e cana)	I a III	IV e V	VI e VII*	VII

\* para reflorestamento

Quadro 4 - Quadro sinótico das áreas de discrepância entre uso atual da terra e aptidão agrícola conforme categoria de restrição e ciclo das culturas (% das áreas de ocorrência)

Cate gorias rela tivas de restrição	Ciclo das Culturas	Culturas Anuais (% da área)	Culturas de ciclo longo (citrus e cana) (% da área)	TOTAL (%)
Moderadamente restrita		6,5	9,25	15,75
Restrita		0,45	0,35	0,80
Total (%)		6,95	9,6	16,55

A distribuição espacial das ocorrências das discrepâncias observadas encontra-se ilustrada no mapa da Figura 5.

Dêve-se ressaltar que neste trabalho não se considerou, por exemplo, ocorrências de discrepâncias do tipo ocupação por pastagem e/ou reflorestamento em glebas favoráveis à ocupação por cultivos anuais. Por sua vez a análise dos possíveis fatores intervenientes na explicação destas discrepâncias observadas faz parte da linha de continuidade deste trabalho.

### CONCLUSÕES

Para as condições da área de estudo verificou-se que:

- para o mapeamento do uso da terra a utilização associada de dados multiespectrais e temporais do TM/LANDSAT permitiram melhor caracterizar as categorias temáticas selecionadas.
- a análise interpretativa conjunta de diferentes composições TM se mostrou como uma abordagem eficiente na identificação das categorias de uso da terra.
- das combinações analisadas, a composição TM7 (azul), TM5 (verde), TM4 (vermelho) foi a que se revelou mais informativa no contexto do objetivo do trabalho.
- do ponto de vista do uso da terra a área de estudo se revelou complexa principalmente em termos da presença de policultura e de condições diversificadas de práticas agrícolas que interferem no mapeamento através de dados de sensoriamento remoto a nível orbital.
- com referência a análise comparativa entre dados de uso atual da terra e dados de uso recomendado pela avaliação da aptidão agrícola, verifica-se que em setores da área de estudo ocorrem discrepâncias entre aqueles dados.

- as discrepâncias encontradas totalizaram cerca de 16,5% da área de estudo. Apesar de se constituírem em baixo valor percentual elas podem ser consideradas relativamente expressivas devido a área de estudo estar inserida no contexto de região do território paulista que apresenta atividades agrícolas altamente tecnificadas.

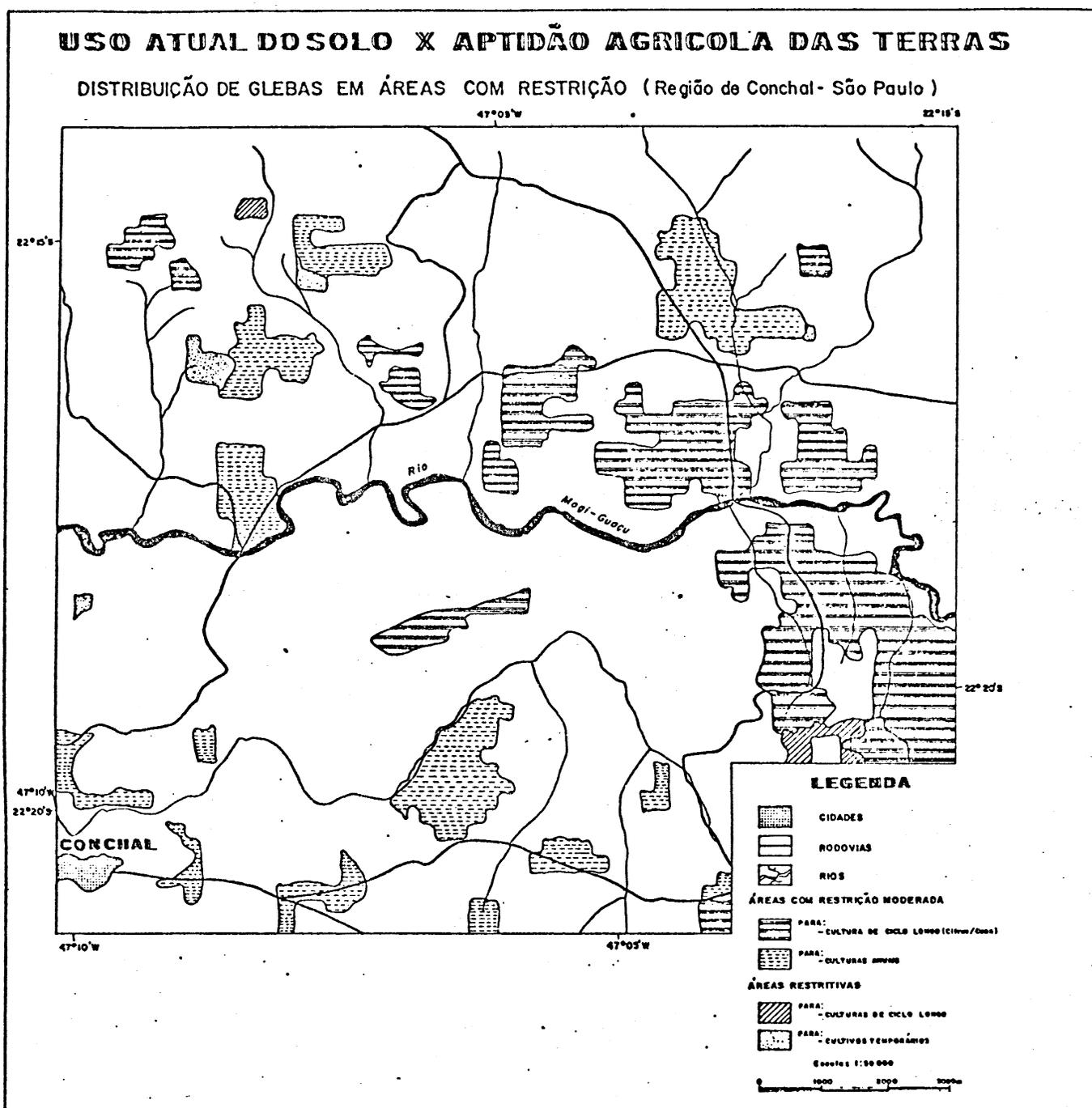


Figura 5 - Mapa de distribuição das categorias de restrição (para ciclos de cultura) na área de estudo, conforme as discrepâncias entre uso da terra e aptidão agrícola.

LITERATURA CITADA

- ANDERSON, J.R.; HARDY, E.E.; ROACH, J.T. & WITNER, R.E. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. Washington, DC, Geological Survey, 1976. (Paper nº 964).
- CHEN, S.C.; BATISTA, G.T. & TARDIN, A.T. TM band combination for crop discrimination. São José dos Campos, INPE, May, 1986. (INPE-3905-PRE/946).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). Mapa Geológico do Estado de São Paulo: 1:500.000, São Paulo, 1981.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo (Bacia do Peixe-Parapanema). São Paulo, vol. 3, 1987.
- JOHNSON, C.W. & COLEMAN, V. Semi-automatic crop inventory from sequential ERTS-1 imagery. IN: NASA. Symposium on significant results obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1, Proceedings of the Symposium held at New Carrallton, Maryland, Mar. 5-9, 1973. Washington, D.C., 1973, v. 1A, p. 19-26.
- LINZ JR., H.F. Land use mapping from SKYLAB S190B photography. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 52(3):301-302, mar. 1976.
- LOMBARDO, M.A.; NOVO, E.M.L.M.; NIERO, M. & FORESTI, C. Uso da terra no Vale do Paraíba através de dados de sensoriamento remoto - relatório final. São José dos Campos, INPE, dez. 1980 (INPE 1972-RPE/278).
- NIERO, M. & LOMBARDO, M.A. Uso de técnicas de interpretação automática na determinação de classes funcionais de uso da terra no Vale do Paraíba. São José dos Campos, INPE, mar. 1979 (INPE-1426-TPI/001).
- NOVO, E.M.L.M. Projeto UTVAP - análise comparativa entre fotografias aéreas convencionais e imagens LANDSAT para fins de levantamento do uso da terra. São José dos Campos, INPE, ago. 1979. (INPE-1542-NTE/152).

ODENYO, V.A.O. & PETTRY, D.E. Land use machine processing of LANDSAT-1 data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 43(4):515-524, Apr. 1977.

OLIVEIRA, J.B.; MENCK, J.R.F.; BARBIERI, J.L.; ROTTA, C.L.; TREMOCOLDI, W. Levantamento pedológico semi-detalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de Araras. Campinas, Instituto Agrônomo, Boletim Técnico, nº 71, 1982.

OLIVEIRA, J.B. & BERG, M. VAN DEN. Mapa de aptidão agrícola das terras do Estado de São Paulo: quadrícula de Araras: 1:100.000, Campinas, Instituto Agrônomo, 1983.

PEREIRA, M.N.; NOVO, E.M.L.M.; KURKDJIAN, M.L.N.O.; D'ALGE, J.C.L. & FLORENZANO, T.G. Atualização do uso da terra no município de São José dos Campos através de dados de sensoriamento remoto. São José dos Campos, INPE, mar. 1988 (INPE-4479-RPE/562).

PINTO, S.A.F.; NOVO, E.M.L.M.; VALÉRIO FILHO, M.; CHEN, S.C. & ROSA, R. Relatório de Atividades do Projeto Cadastramento de Áreas Irrigadas no Estado de São Paulo através de Dados de Sensoriamento Remoto - Fase II. São José dos Campos - INPE, julho 1986. (INPE-950-RPE/513).

SANTOS, A.P. & NOVO, E.M.L.M. Uso de dados do LANDSAT-1 na implantação, controle e acompanhamento de projetos agropecuários no Sudoeste da Amazônia Legal. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, jan., 1977. (INPE-1044-TPT/056).

SANTOS, A.P.; FORESTI, C.; NOVO, E.M.L.M.; NIERO, M. & LOMBARDO, M.A. Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações no uso da terra. São José dos Campos, INPE, nov. 1981 (INPE-2261-MD/016).

WILLIAMS, D.L.; MORAIN, S.A.; BARKER, B. & COINER, J.C. Identification of winter wheat from ERTS-1 imagery. IN: NASA. Symposium on significant results obtained from the Earth Resource Technology Satellite-1, Proceedings of the Symposium held at New Carrallton, Maryland, Mar. 5-9, 1973. Washington, DC, 1973, v. 1A, p. 11-18.