

1. Classificação <i>INPE-COM.6/NTE</i> <i>C.D.U.: 621.38SR: 711.14(816.1)</i>		2. Período	4. Distribuição
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor) <i>USO DA TERRA</i> <i>FOTOGRAFIA AÉREA</i> <i>VALE DO PARAÍBA</i> <i>LANDSAT</i>			interna <input type="checkbox"/> externa <input checked="" type="checkbox"/>
5. Relatório nº <i>INPE-1542-NTE/152</i>	6. Data <i>Agosto de 1979</i>	7. Revisado por <i>Jorge de Mesquita</i> <i>Jorge de Mesquita</i>	
8. Título e Sub-Título <i>PROJETO UTVAP - ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE FOTOGRAFIAS AÉREAS CONVENCIONAIS E IMAGENS DO LANDSAT PARA FINS DE LEVANTAMENTO DO USO DA TERRA</i>		9. Autorizado por <i>Nelson de Jesus Parada</i> <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor	
10. Setor <i>DSR</i>	Código	11. Nº de cópias <i>06</i>	
12. Autoria <i>Evelyn M. L. de Moraes Novo</i>		14. Nº de páginas <i>64</i>	
13. Assinatura Responsável <i>[Assinatura]</i>		15. Preço	
16. Sumário/Notas <i>O objetivo desse trabalho foi apresentar alguns resultados preliminares do Projeto Uso da Terra no Vale do Paraíba. Foi feita uma comparação entre as classes de Uso da Terra mapeáveis através de fotografias aéreas convencionais na escala 1:25.000 e as que podem ser levantadas através da interpretação visual de imagens LANDSAT nos canais 5 e 7, e na escala 1:250.000. Para o estabelecimento dessa comparação foi escolhida a área teste de Taubaté por conter grande diversidade de tipos de ocupação da terra. Na análise das fotografias aéreas foi utilizada a metodologia convencional. A análise de imagens LANDSAT constou da confecção de "overlays" de níveis de cinza em dois canais (5 e 7). A superposição dos "overlays" de níveis de cinza permitiu a identificação de classes espectrais que foram posteriormente associadas a classes de uso da terra com o auxílio de fotografias aéreas.</i>			
17. Observações <i>Este trabalho quando concluído, em Agosto de 1978, foi classificado com o nº 1337-NTI/113, para divulgação interna, e reclassificado, em Agosto de 1979, para divulgação externa, com a autorização do Dr. Nelson de Jesus Parada. (CI-125-DSR/79)</i>			

INDICE

ABSTRACT	v
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	vii

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO	1
------------------	---

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 - Sistemas de Classificação do Uso da Terra	3
2.2 - Aplicação de Dados de Sensoriamento Remoto ao Levantamento do Uso da Terra	5

CAPÍTULO III

MATERIAL E MÉTODOS.....	7
3.1 - Área Teste	7
3.2 - Material	9
3.2.1 - Imagens LANDSAT	9
3.2.2 - Fotografias Aéreas	9
3.2.3 - Estereoscópio	10
3.2.4 - Cartas e Mapas	10
3.3 - Método	10
3.3.1 - Interpretação de Fotografias Aéreas	10
3.3.2 - Trabalho de Campo	13
3.3.3 - Confecção do Mapa de Uso da Terra	13
3.3.4 - Interpretação Visual de Imagens LANDSAT	13
3.3.5 - Comparação entre Imagem e Fotografia Aérea	14
3.3.6 - Estimativa da Precisão de Classificação	14

CAPÍTULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1 - Determinação de Classes de Uso da Terra, na Escala 1:25.000	17

4.2 - Determinação de Classes de Uso da Terra através da Análise Visual de Imagens LANDSAT	17
4.3 - Avaliação da Precisão de Classificação	54

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES	57
------------------	----

BIBLIOGRAFIA	59
--------------------	----

ABSTRACT

The purpose of this work was to present some preliminary results of Vale do Paraíba Land Use Project Land Use classes obtained from conventional aerial photography at the scale of 1:25.000 was compared to those obtained from LANDSAT image at the scale of 1:250.000. Taubatê test site was chosen because of its great land use variability. Conventional methodology was applied to map land use classes from aerial photography. LANDSAT image interpretation allowed to obtain gray level overlays for both 5 and 7 channels. These overlays were superposed to identify spectral classes. These classes were related to land use classes obtained from aerial photography.

LISTA DE FIGURAS

III.1	-	Localização da Área Teste	8
III.2	-	Ficha para Interpretação das Características de Uso da Terra.....	12
IV.1	-	Mapa de Uso da Terra obtido através de Interpretação de Fotografias Aéreas Branco e Preto na Escala 1:25.000 de junho de 1973	18
IV.2	-	Mapa com Unidades Homogêneas quanto ao Nível de Cinza, Identificadas através da Análise Visual do Canal 5	29
IV.3	-	Mapa com Unidades Homogêneas quanto ao Nível de Cinza, Identificadas através da Análise Visual do Canal 7	30
IV.4	-	Mapa de Unidades Espectrais resultantes da Combinação das Respostas Tonais nos Canais 5 e 7, Sub-Área Teste de Caçapava.....	32
IV.5	-	Matriz com as Combinações de Níveis de Cinza em Dois Canais Identificadas na Sub-Área-Teste de Caçapava e as Classes de Uso da Terra Correspondentes	47
IV.6	-	Mapa de Uso da Terra da Área Teste de Taubaté - 11 de junho de 1973	50

LISTA DE TABELAS

III.1	-	Relação das Cartas Topográficas Utilizadas na Pesquisa ...	11
IV.1	-	Classes de Uso da Terra e Padrões de Identificação em Fotografia Aérea Preto e Branco	19
IV.2	-	Comparação Entre "Classes Espectrais" Resultante da Combinação de Respostas nos canais 5 e 7 e Classes de Uso da Terra Identificadas em Fotografias Aéreas.....	33

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta alguns resultados parciais do Projeto Uso da Terra no Vale do Paraíba que vem sendo desenvolvido dentro do Programa Uso da Terra pelo Grupo de Geografia e Urbanismo do Departamento de Sensoriamento Remoto do Instituto de Pesquisas Espaciais.

O objetivo do Projeto Uso da Terra no Vale do Paraíba (UTVAP) é estabelecer metodologia para o levantamento do uso da terra através de dados do Sistema LANDSAT.

Para a realização do objetivo geral, entretanto, uma série de objetivos específicos foram determinados, entre os quais o estabelecimento de comparações entre as classes de uso da terra obtidas a partir de fotografias aéreas convencionais e aquelas levantadas através da análise visual de imagens LANDSAT.

Os resultados desta fase do trabalho serão úteis para a definição das áreas de treinamento necessárias à classificação automática do Uso da Terra, a ser realizada no Analisador de Imagens Multi-espectrais (IMAGE-100).

Nesta etapa serão também feitas avaliações dos tipos de uso da terra mapeáveis através da análise visual de imagens LANDSAT. Representa, também, uma contribuição ao desenvolvimento de métodos de análise visual de imagens, que tornam mais eficiente o processo interação homem-máquina na fase de análise automática dos dados.

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO DO USO DA TERRA

Pode-se definir uso da terra como a forma pela qual a superfície da terra está sendo ocupada. A superfície da terra, num dado momento, pode estar sendo ocupada pela vegetação natural, ou pode estar sendo ocupada por estruturas resultantes dos diferentes tipos de atividade humana.

Devido à grande diversidade de formas de utilização da terra, foram criados sistemas de classificação com o objetivo de padronizar a coleta e apresentação dos dados.

Os sistemas de classificação propostos eram muito variáveis, em função da forma de coleta de dados. Com o advento da tecnologia de sensoriamento remoto, sentiu-se a necessidade de criação de um sistema de classificação capaz de se expandir e incorporar novos dados de uso da terra à medida que níveis de sensoriamento remoto de maior detalhe fossem utilizados.

Considerando-se que o uso da terra é um fenômeno extremamente dinâmico, os sistemas de classificação devem ser capazes de mostrar esse dinamismo, quando dados de épocas diferentes são analisados.

Diversos Sistemas de classificação têm sido utilizados para a coleta de dados de uso da terra, a partir de técnicas de sensoriamento remoto. Entre tais sistemas, o mais divulgado é o proposto por Hardy e Anderson (1973). Esse sistema define níveis de classificação compatíveis com os níveis de sensoriamento remoto. Assim sendo, dados de uso da terra, coletados por sistemas orbitais, serão classificados dentro do Nível I de classificação, dados de aeronave a

grande altitude serão classificados dentro do Nível II e assim sucessivamente.

O sistema de classificação utilizado, por Estes et al. (1973) no levantamento do uso da terra no Vale do São Joaquim, Estado da Califórnia, baseia-se em níveis de classificação, mas estes níveis não estão condicionados ao nível de sensoriamento remoto. Desta forma, num primeiro nível de classificação, pode-se determinar a categoria ampla "Uso Agrícola", que em algumas áreas, onde houver condição, será subdividida em campos de cultivo e pastagens. Estas subcategorias poderão, por sua vez, chegar a maior nível de detalhe através da determinação de tipos de cultivos, e assim sucessivamente.

Anderson et al. (1976) reconhecem que o desenvolvimento de técnicas de interpretação, e de técnicas de melhoramento de qualidade de imagens, pode afetar a capacidade de detecção dos sistemas de sensoriamento remoto, permitindo que informações de maior detalhe possam ser coletadas. A capacidade de detecção dos sistemas de sensoriamento remoto também pode ser afetada pelas condições da região de estudo. Assim sendo áreas caracterizadas pela presença de minifúndios determinarão grande dificuldade de se chegar a níveis de levantamento de detalhe, quando comparadas com áreas caracterizada por grandes propriedades, embora um mesmo nível de sensoriamento remoto seja utilizado.

Mais importante que adotar um sistema rígido de classificação, é definir com precisão as classes levantadas num dado mapeamento. Anderson et al. (1976) salientam que, entre os maiores problemas de aplicação e interpretação dos dados de uso da terra, está a falta de consistência nas definições das categoriais mapeadas.

2.2 - APLICAÇÃO DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO AO LEVANTAMENTO DO USO DA TERRA

Conforme citação de Lins Jr. (1976), Ellefsen (1973), concluiu que mapas generalizados do Uso da Terra podem ser obtidos de imagens de satélite com precisão variando de 82,7%, no caso de usos industriais e comerciais, a 97,1% em áreas de irrigação.

Willians et al. (1973) concluíram que a análise visual de imagens LANDSAT permite a identificação de áreas de cultivo do trigo. Para o desenvolvimento do trabalho, os autores utilizaram imagens do período de plantio, e as amostras foram coletadas em áreas com condições ambientais diferentes. Parâmetros tais como condições da cultura no campo, cor do solo, tipo de solo e topografia, foram coletados e analisados para cada amostra.

Johnson e Coleman (1973) utilizaram dados sequenciais do LANDSAT para o inventário de algumas culturas. Utilizaram composições infravermelho falsa-cor dos canais 4, 5 e 7 do MSS. Identificaram 4 cores distintas, dentro dos campos agrícolas, que foram associadas às condições da cultura. Os autores concluíram que é possível associar a condição do campo de cultivo à resposta da imagem. Os campos já colhidos, com solos nus e secos, aparecem em tons brancos, enquanto que tons vermelhos representam campos com culturas ainda implantadas.

Sagredo e Salinas (1973) desenvolveram metodologia de identificação de campos de arroz e de citrus na Espanha Oriental, através de imagens LANDSAT. A metodologia dos autores consistiu na transferência de informações de fotografias aéreas e de campo para cartas topográficas. Após a transferência foram feitas comparações entre as cartas e as imagens, nos canais 4, 5, 6 e 7. Os autores concluíram que os canais 5 e 7 forneceram maior quantidade de dados para levantamento do uso da terra.

Estes et al (1973) usaram imagens de diversas épocas

do ano para analisar as diferenças de assinatura de determinados usos da terra, de estação para estação. Também consideraram os canais 5 e 7 como os melhores para esse levantamento. Salientaram, entretanto, que a capacidade de se identificar as categoriais de uso da terra, a través de imagens LANDSAT, depende da resolução e qualidade da imagem, da variação sazonal e da localização relativa das categoriais de uso da terra.

Para Lins Jr. (1976), a precisão de um mapa, derivado de dados de sensoriamento remoto é, primariamente, afetada por três variáveis que são o sistema de classificação de uso da terra, a habilidade do fotointérprete e o sistema de aquisição da informação.

Para testar a precisão de classificação de uso da terra, através de fotografias S190B do Skylab, Lins Jr. (1976) usou um sistema de amostragem sistemática. Confeccionou um mapa de uso da terra com fotografias aéreas e trabalho de campo, sendo que este mapa foi considerado correto. Construiu então uma grade, sobre a qual foram sorteados pontos para os quais se anotava a diferença de classificação entre o mapa real e o mapa obtido de fotografias S190B do Skylab. O autor considerou que a razão do número de pontos coincidentes nos dois mapas pelo número total de pontos amostrados poderia ser uma boa estimativa da precisão de classificação.

Hernandez Filho e Shimabukuro (1978) fizeram um estudo, cujo objetivo era estabelecer uma metodologia para avaliação de povoamentos florestais artificiais, através de dados do satélite LANDSAT. Pela comparação dos resultados de interpretação automática e visual, os autores concluíram que a interpretação visual permite a descriminação de três classes de reflorestamento, ao passo que a análise automática permitiu a identificação de apenas duas classes.

Segundo Hernandez Filho e Shimabukuro (1978) em interpretação visual o canal 7 é o melhor para a discriminação de áreas reflorestadas.

CAPÍTULO III

MATERIAL E MÉTODO

3.1 - ÁREA TESTE

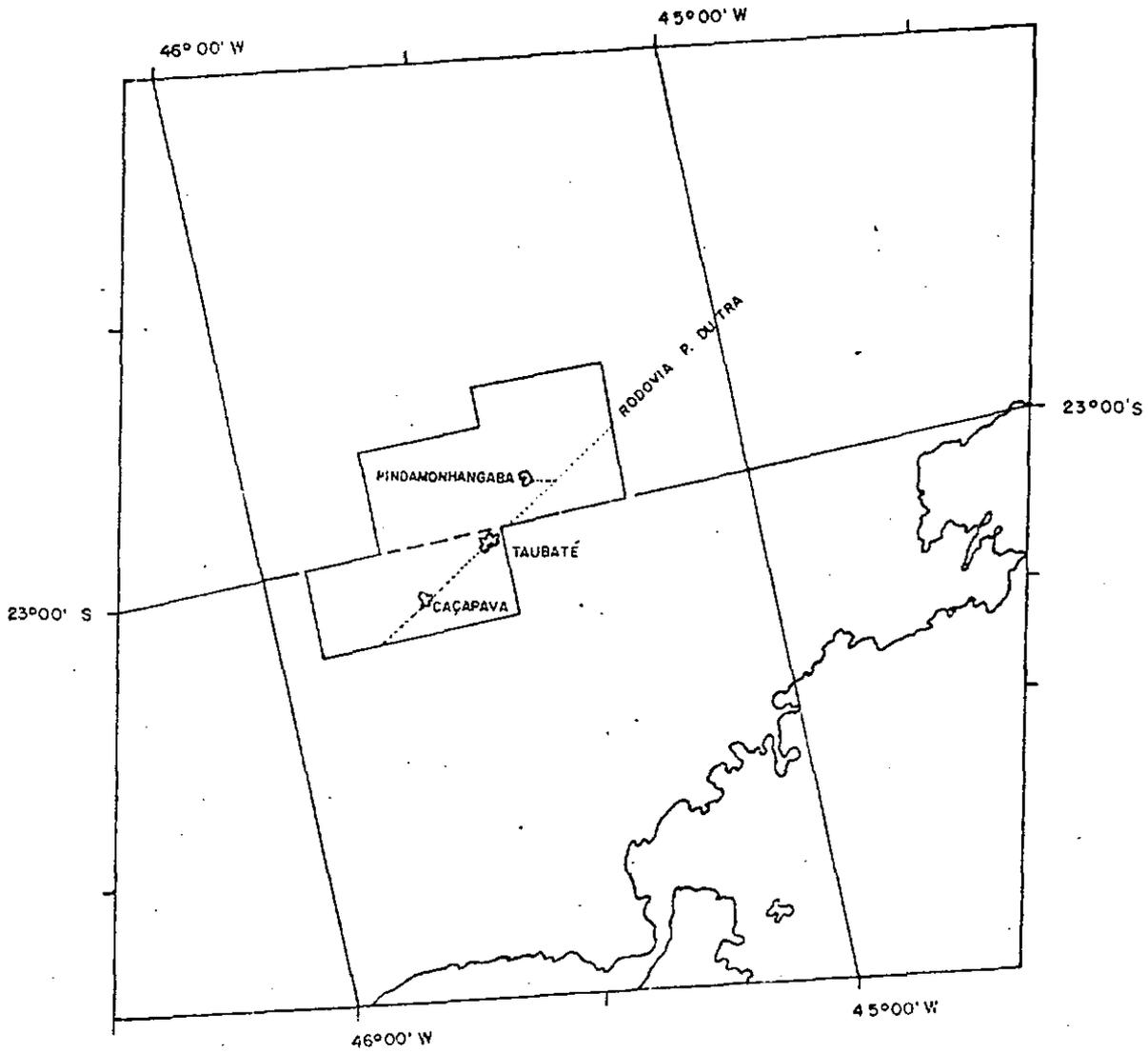
Para esta etapa da pesquisa foi escolhida a área teste de Taubaté (Figura III.1). Ela é abrangida por parte das folhas de São José dos Campos, Taubaté, Tremembé e pela folha de Pindamonhangaba, publicadas na escala 1:50.000 (IBGE, 1973).

Na seleção da área teste foi considerada a necessidade de se abranger uma região com grande diversidade de usos da terra e de condições de solo e topografia.

Para se determinar a área de maior diversificação quanto ao uso da terra, foram coletados dados do percentual de área ocupada, para cada tipo de uso agrícola, por município. Desta forma foram selecionados os municípios com maior representatividade em área cultivada e/ou variedade de culturas. Os municípios mais representativos foram os de Tremembé, Taubaté, Pindamonhangaba e Caçapava.

Considerando-se que a maior parte da área cultivada desses municípios encontram-se na várzea do Paraíba e na área da Bacia Sedimentar de Taubaté, a área amostrada procurou abranger uma maior extensão ao longo do Rio Paraíba do Sul.

Para atender à necessidade de diversificação de solos e topografia, a área de estudo incluiu regiões de topografia mais acidentada do escudo cristalino, com relevo dissecado em vales profundos; regiões de topografia ondulada, como a zona de colinas terciárias; regiões de topografia quase plana, como a zona dos terraços fluviais; e a várzea propriamente dita.



LEGENDA

----- ESTRADAS

□ CIDADES

FIG. II.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA TESTE

Quanto aos solos, a área teste apresenta condições bastante diversificadas, incluindo os seguintes grupos, conforme a Carta de Solos do Estado de São Paulo: Solos Aluviais, Solos Hidromórficos, Latossol Vermelho Amarelo Orto, Latossol Vermelho Amarelo fase terraço, Latossol Vermelho Amarelo fase rasa, Latossol Vermelho Amarelo "intergrade" para Podzólico Vermelho Amarelo, Podzólico Vermelho Amarelo Orto e Solos de Campos do Jordão. (Ministério da Agricultura, 1960).

Essa área também foi selecionada por ser atravessada pelo Rio Paraíba do Sul e pela Rodovia Presidente Dutra, que representam referências importantes na transferência de informações de fotografias aéreas e de campo, para as imagens LANDSAT.

Além disso, ao longo da Rodovia Presidente Dutra, se localizam as principais cidades e indústrias da região de estudo, o que contribui para uma maior variedade de padrões de utilização da terra.

3.2 - MATERIAL

3.2.1 - IMAGENS LANDSAT

Para a realização deste trabalho foram utilizados os canais 5 e 7 da imagem correspondente à órbita 140, ponto 28 de 11 de junho de 1973, na escala 1:250.000.

3.2.2 - FOTOGRAFIAS AÉREAS

Foram utilizadas fotografias aéreas verticais, na escala 1:25.000, obtidas pelo aerolevanteamento executado para o Serviço de Fotointerpretação do Instituto Brasileiro do Café (IBC) em 1972 e 1973. As fotografias aéreas, utilizadas na pesquisa, correspondem às linhas de vôo executadas no período de junho a julho de 1973.

3.2.3 - ESTEREOSCÓPIO

Para a interpretação de fotografias aéreas foi utilizado o Estereoscópio de Espelho ST-Y da Wild.

3.2.4 - CARTAS E MAPAS

Foram utilizadas cartas topográficas (Tabela III.1), na escala 1:50.000, publicadas pelo Departamento de Cartografia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1973).

Utilizou-se, ainda, a Carta de Solos do Estado de São Paulo na escala 1:500.000, publicada pela Comissão de Solos do Ministério da Agricultura (1960).

3.3 - MÉTODO

3.3.1 - INTERPRETAÇÃO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS

A interpretação de fotografias aéreas branco e preto teve como objetivo a confecção de um mapa de uso da terra, que servisse como "verdade terrestre" para os resultados obtidos na interpretação visual das imagens LANDSAT.

A interpretação, das fotografias aéreas, foi feita com o auxílio da visão estereoscópica e o uso dos elementos convencionais de reconhecimento como tonalidade fotográfica, textura, forma, arranjo espacial, tamanho, etc. (Estes and Simonett, 1975).

Cada fotografia interpretada foi acompanhada de uma "Ficha para Interpretação das Características do Uso da Terra" (Figura III.2) onde se fez uma descrição completa de cada classe mapeada.

TABELA III.1

RELAÇÃO DAS CARTAS TOPOGRÁFICAS UTILIZADAS NA PESQUISA

NOME	POSIÇÃO	ESCALA
TREMEMBÉ	Folha SF-23-Y-B-V-4	1:50.000
PINDAMONHANGABA	Folha SF-23-Y-B-VI-3	1:50.000
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	Folha SF-23-Y-D-II-3	1:50.000
TAUBATÉ	Folha SF-23-Y-D-II-2	1:50.000

COMENTÁRIOS:									
MUNICÍPIO									
Nº DA FOTO:									
DATA:									
CLASSE	TOM	TEXTURA	FORMA	LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO	SÍMBOLO	OBSERVAÇÕES DE CAMPO	ÁREA (ha)	

Fig.III.2 - Ficha para Interpretação das Características de Uso da Terra

Na fase de interpretação preliminar das fotografias aéreas, procurou-se separar o maior número possível de unidades de uso da terra, tendo sempre em mente, entretanto, o tamanho mínimo de um alvo detectável pelo sistema LANDSAT. Nesta fase foi utilizado o sistema de classificação proposto por Estes et al. (1973).

Após o trabalho de campo, as fotografias foram reinterpretadas e uma nova legenda foi estabelecida.

3.3.2 - TRABALHO DE CAMPO

Foram feitas três visitas ao campo, para o estabelecimento de alguns padrões de interpretação. Considerando-se a defasagem entre a data de tomada das fotografias aéreas (junho/julho de 1973), e a data do trabalho de campo (outubro/novembro de 1977), houve necessidade de se aplicar questionários entre os proprietários, de modo a se reconstituir a situação do uso agrícola na época em questão.

Houve, entretanto, muitas dificuldades para obtenção de informações precisas, o que levou a modificações na legenda original.

3.3.3 - CONFECÇÃO DO MAPA DE USO DA TERRA

Com base nas informações de campo, a legenda para o mapeamento do uso da terra foi definida e o mapa de uso da terra foi montado na escala 1:25.000.

3.3.4 - INTERPRETAÇÃO VISUAL DE IMAGENS LANDSAT

A interpretação visual das imagens foi feita conforme os seguintes passos:

- identificação de níveis de cinza homogêneos, no canal 5, e transferência para papel ultraphan ("overlay" 1);

- identificação de níveis de cinza homogêneos, no canal 7, e transferência para papel ultraphan ("overlay" 2);
- hierarquização dos níveis de cinza, em cada canal, e atribuição de números aos níveis de cinza, variando de 0 para os níveis de tonalidade escura, até 5 para os níveis de tonalidade mais clara;
- justaposição dos overlays 1 e 2;
- identificação de classes resultantes da intersecção das respostas dos canais 5 e 7 ("overlay" 3).

3.3.5 - COMPARAÇÃO ENTRE IMAGEM E FOTOGRAFIA AÉREA

As classes de uso da terra, obtidas através da análise de fotografias aéreas, foram comparadas com as classes identificadas no overlay número 3. A cada classe de "resposta espectral" foi associada uma ou mais classes de uso da terra, criando-se uma nova legenda desse uso e confeccionando-se um mapa final na escala 1:250.000 de toda a área teste de Taubaté.

3.3.6 - ESTIMATIVA DA PRECISÃO DA CLASSIFICAÇÃO

A estimativa da precisão de classificação foi feita segundo a técnica utilizada por Lins Jr. (1976). Confeccionou-se uma grade, sobre os mapas de utilização da terra, obtidos em fotografias aéreas, e imagens para sub-área teste de Caçapava. Essa grade definiu cerca de 450 quadras de $0,25 \text{ km}^2$ no terreno, das quais foram sorteadas aleatoriamente 67 amostras, que representam cerca de 15% da população amostrada. Para cada ponto amostrado foi verificada a coincidência da classificação do uso da terra, entre o mapa obtido por fotografias aéreas e o mapa obtido por imagem LANDSAT. Na coleta de amostras não foi considerada a frequência de ocorrência de cada classe de uso da terra, nem avaliada a precisão dos limites. A estimativa da precisão de classificação foi determinada calculando-se a razão

entre o número de amostras coincidentes nos dois mapas e o número to
tal de amostras sorteadas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - DETERMINAÇÃO DE CLASSES DE USO DA TERRA, NA ESCALA 1:25.000

A análise de fotografias aéreas preto e branco, na escala 1:25.000, paralela ao trabalho de campo, permitiu a identificação de 16 classes de uso da terra, na sub-área de Caçapava (Figura IV.1), bem como a determinação de alguns padrões de identificação dessas classes (Tabela IV.1).

Como pode ser observado pela Tabela IV.1, a legenda empregada não se enquadra dentro de um esquema de classificação convencional. Procurou-se criar classes homogêneas, tanto sob o aspecto de utilização da terra, quanto sob o aspecto de seu comportamento espectral. Por exemplo, a área classificada como "Campos de Arroz Colhido" é homogênea quanto ao uso, ou seja trata-se de uma área que é utilizada para plantio de arroz numa época do ano, e que permanece em pouso durante outra época. Sob o ponto de vista espectral também é uma classe homogênea pois se apresenta caracterizada por tons claros, ou seja com alta reflectância no visível.

4.2 - DETERMINAÇÃO DE CLASSES DE USO DA TERRA ATRAVÉS DA ANÁLISE VISUAL DE IMAGENS LANDSAT

A análise visual da imagem de 11 de julho de 1973, permitiu a identificação de seis níveis de cinza homogêneos no canal 5 (Figura IV.2) e cinco níveis de cinza homogêneos no canal 7 (Figura IV.3).

Fig. IV.1 - MAPA EM ANEXO

TABELA IV.1

CLASSES DE USO DA TERRA E PADRÕES DE IDENTIFICAÇÃO EM FOTOGRAFIA AÉREA

PRETO E BRANCO, NA ESCALA 1:25.000

CATEGORIA DE USO DA TERRA	CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS NO CAMPO	CARACTERÍSTICAS FOTOGRÁFICAS		
		TONALIDADE	TEXTURA	OUTROS ASPECTOS
Campos de Arroz Colhido	A colheita do arroz na região se inicia em março e se estende até junho em função das condições climáticas da época de plantio. Da área colhida, apenas uma parcela é destinada às culturas de inverno que começam a ser plantadas em junho. A área de arroz já colhido, durante o período de inverno, é deixada em pousio, mas é constantemente gradeada e limpa para que não seja invadida por ervas.	A tonalidade varia de <u>branca</u> a <u>cinza claro</u> em função do tempo decorrido entre a colheita dos campos e a tomada da fotografia.	A textura é lisa e nos campos recém-colhidos aparecem pequenas manchas brancas, que, vistas no estereoscópio, representam montículos de restos culturais. Através da visão estereoscópica pode-se observar, também, os canais de irrigação entre as quadras.	Estes campos ocorrem geralmente na várzea do Rio Paraíba, mas também acompanham, em menor proporção, a várzea alongados de seus afluentes. A forma desses campos é regular, acompanhando, em geral, a disposição dos canais de irrigação.

(continuação Tabela IV.1)

CATEGORIA DE USO DA TERRA	CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS NO CAMPO	CARACTERÍSTICAS FOTOGRÁFICAS		
		TONALIDADE	TEXTURA	OUTROS ASPECTOS
Campos com Culturas de Inverno e/ou permanentes	As principais culturas de inverno da região são o feijão e a batata cujo plantio, em geral, se inicia em maio. A batata é plantada nas melhores terras e, geralmente, na parte mais alta da várzea. Como culturas permanentes na várzea ocorrem os canteiros de plantas ornamentais, mas que se situam numa pequena parcela, quase sem expressão no conjunto	A área de culturas de inverno e/ou permanentes aparece em tonalidade que varia do cinza médio ao cinza escuro, em função da fase de crescimento vegetativo da cultura. Não foi possível discriminar as culturas de inverno com base nas variações de tonalidade.	A textura é em geral lisa, ocorrendo, às vezes, um padrão muito fino de linhas em alguns canteiros. Considerando-se que tanto a batata e o feijão, como as plantas ornamentais, são culturas plantadas em linha, não houve critério para discriminação entre elas com base na textura.	Essas culturas apresentam-se distribuídas em quadras de formato regular e ocorrem somente na área da Várzea do Paraíba.

(continuação Tabela IV.1)

CATEGORIA DE USO DA TERRA	CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS NO CAMPO	CARACTERÍSTICAS FOTOGRÁFICAS		
		TONALIDADE	TEXTURA	OUTROS ASPECTOS
Capineiras	As capineiras são, em geral, plantadas nas áreas de terraços fluviais ou de colinas terciárias. Caracterizam-se pela localização próxima à sede de fazendas ou de instalações agropecuárias. Os principais tipos de capim cultivados para forragem são os Nappier, Capim Elefante e Capim Angola.	As capineiras se apresentam com tonalidade cinza-médio bastante uniforme	A textura das capineiras é aveludada	Caracterizam-se por tamanho relativamente pequeno, formato regular e presença de pequenas áreas colhidas em sua periferia, uma vez que no inverno são utilizadas para suplementação de alimento para o gado

(continuação Tabela IV.1)

CATEGORIA DE USO DA TERRA	CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS NO CAMPO	CARACTERÍSTICAS FOTOGRÁFICAS		
		TONALIDADE	TEXTURA	OUTROS ASPECTOS
Pomar	Geralmente inclui plantações de laranja. Localiza-se, em geral, próximo à sede de fazendas, sendo formado sem objetivo de comercialização.	Apresenta tonalidade cinza escuro nos pontos correntes e cinza médio nos pontos entre as copas	Apresenta textura puntual, com densidade variando em função da idade, espécie e/ou espaçamento entre as árvores	Forma regular e tamanho pequeno
Campos em Pouso Recente	Áreas que têm sido utilizadas para o cultivo de arroz e outros produtos e que não foram utilizadas no último período agrícola	Apresentam tonalidade que varia de cinza claro a médio.	Em geral a textura é menos lisa que das áreas cultivadas	Apresentam formato regular e mantêm ainda nitidamente, marcas de manejo da terra.
Campos em Pouso Antigo	Áreas que já foram utilizadas para o cultivo e que estão sem utilização há mais de um período agrícola.	Apresentam tonalidade variando de cinza médio a escuro, em função do tempo de pouso.	A textura é, em geral, mais rugosa, pois há o desenvolvimento da vegetação nativa.	Apresentam o formato regular, mas as marcas de manejo estão limitadas e são mal definidas.

(continuação Tabela IV.1)

CATEGORIA DE USO DA TERRA	CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS NO CAMPO	CARACTERÍSTICAS FOTOGRÁFICAS		
		TONALIDADE	TEXTURA	OUTROS ASPECTOS
Eucalipto	No que se refere à presença de Eucalipto há necessidade de se distinguir entre o reflorestamento sistemático e as "plantações" de Eucalipto. Nas áreas reflorestadas o espaçamento entre árvores é regular, os indivíduos apresentam aproximadamente a mesma altura e a forma dos campos é regular. As "plantações" não têm forma definida e o adensamento de indivíduos é irregular.	Cinza escuro	No caso do reflorestamento a textura é lisa, não ocorrendo o mesmo com as "plantações" que muitas vezes se confundem com capoeiras.	Através de visão estereoscópica pode-se observar que apresentam porte de médio a alto, e grande uniformidade no telhado (caso do reflorestamento). Apresentam forma regular e cargas definidas.

(continuação Tabela IV.1)

CATEGORIA DE USO DA TERRA	CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS NO CAMPO	CARACTERÍSTICAS FOTOGRÁFICAS		
		TONALIDADE	TEXTURA	OUTROS ASPECTOS
Pastagens	Essa categoria inclui as pastagens naturais, as pastagens melhoradas e os pastos cultivados. Ocupam algumas porções da zona do Paraíba, mas em geral se distribuem pela área de colinas terciárias.	A tonalidade varia de cinza claro a cinza médio em função do tipo, manejo, espécie de gramíneas e presença de herbáceas.	A textura em geral é lisa, tornando-se, em áreas com presença de herbáceas, um pouco mais rugosa.	Apresentam formato irregular e ocupam grandes extensões em área de topografia acidentada. Apresentam cercas e limites de pastos, marcas de pisoteio e instalações para alimentação do gado, como pequenos açudes e currais.

(continuação Tabela IV.1)

CATEGORIA DE USO DA TERRA	CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS NO CAMPO	CARACTERÍSTICAS FOTOGRÁFICAS		
		TONALIDADE	TEXTURA	OUTROS ASPECTOS
Área Urbana <u>E</u> dificada	Área construída, caracterizada pela presença de ruas asfaltadas, casas, prédios de apartamento, jardins, ruas arborizadas.	As áreas urbanas se caracterizam pela alternância de tons claros, correspondentes ao arruamento e edificações, e tons escuros, correspondentes à arborização de ruas, sombreamento, jardins, etc.	A textura é rugosa, sendo que nas áreas de maior densidade de edificações essa rugosidade é aumentada.	A forma e o arranjo espacial das áreas urbanas são caracterizadas por quadras regulares, sistemas viários, construções, etc. Edifícios de diversas alturas, quando observados com estereoscópio.

(continuação Tabela IV.1)

CATEGORIA DE USO DA TERRA	CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS NO CAMPO	CARACTERÍSTICAS FOTOGRÁFICAS		
		TONALIDADE	TEXTURA	OUTROS ASPECTOS
Área Urbana De ocupada e Locamentos	São áreas envolvidas pela área urbana edificada, que não foram ocupadas pelas edificações por limitações de terreno, ou são áreas com arruamento definido, aguardando ocupação.	Cinza escuro devido à presença de cobertura vegetal arbustiva	Geralmente apresentam textura lisa	Apresentam forma irregular
Indústria	As áreas ocupadas por indústrias se caracterizam pela presença de grandes edificações, pátios de estacionamento gramados e localização periférica à cidade	Geralmente as áreas ocupadas por indústrias apresentam tonalidades claras	Apresentam textura lisa	Forma regular, e distribuição espacial ao longo de vias de comunicação.

(continuação Tabela IV.1)

CATEGORIA DE USO DA TERRA	CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS NO CAMPO	CARACTERÍSTICAS FOTOGRÁFICAS		
		TONALIDADE	TEXTURA	OUTROS ASPECTOS
Mata	Nesta categoria foram incluídas tanto a mata propriamente dita quanto a capoeira. As áreas classificadas como mata caracterizam-se por formação dominada por elementos arbóreos, composta por três estratos de vegetação.	As áreas de mata apresentam, em geral, tonalidade de cinza escuro.	As áreas de mata apresentam textura rugosa e tendido desuniforme, quando observado através de estereoscópio	Localização junto a cursos de água ou nas encostas mais íngremes.
Arbustos	Área de ocorrência de bambuais e outras espécies arbustivas dispostas compactamente.	cinza médio	A textura é menos rugosa que a de regiões recobertas por mata.	Formato irregular, e ocorrência em áreas mais úmidas

(continuação Tabela IV.1)

CATEGORIA DE USO DA TERRA	CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS NO CAMPO	CARACTERÍSTICAS FOTOGRÁFICAS		
		TONALIDADE	TEXTURA	OUTROS ASPECTOS
Campos de Várzea	Área caracterizada por solos arenosos, topografia plana, <u>re</u> coberta por vegetação de gramíneas. Presença de áreas úmidas e embrejadas mesmo na estação seca.	Apresentam tonalidade cinza médio.	Apresentam textura lisa	Área de formato irregular, disposta ao longo do Rio Paraíba.
Solo Nu	Áreas que foram terraplanadas, ou em que os processos de erosão do solo retiraram a cobertura vegetal.	Apresenta tonalidade variando de branco a cinza claro	Textura lisa	Forma regular no caso de terra planagens, e irregular no caso de erosões
Extração de Areia	São áreas de depósitos de areia extraída do Rio Paraíba	Cinza Claro	Lisa	Localizadas à margem do Rio Paraíba.

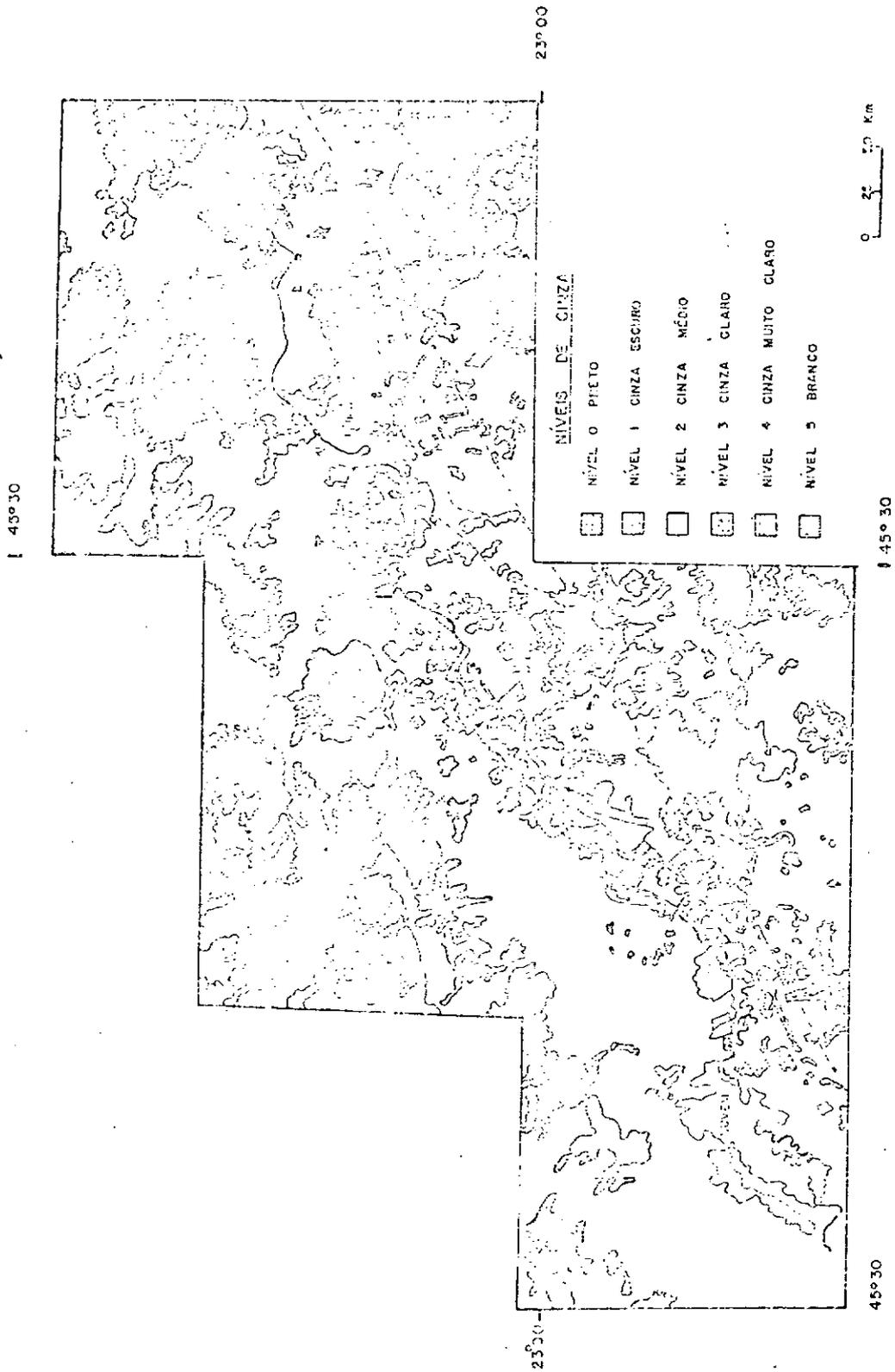


FIG. II. 2 - MAPA COM UNIDADES HOMOGÊNEAS QUANTO AC NÍVEL DE CINZA, IDENTIFICADAS ATRAVÉS DA ANÁLISE VISUAL DO CANAL 5.

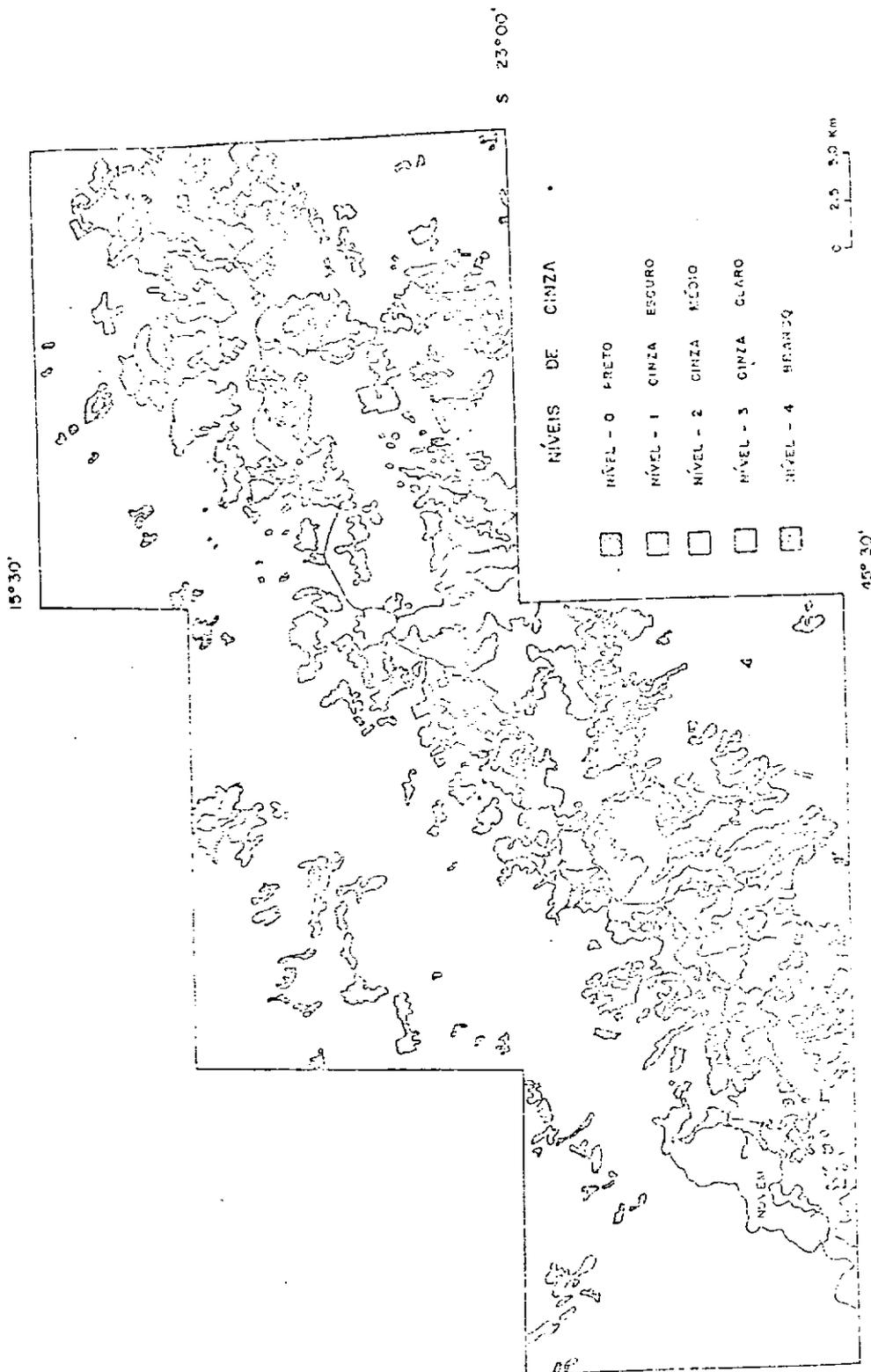


FIG. 12 3 - MAPA COM UNIDADES HOMOGÊNEAS QUANTO AO NÍVEL DE CINZA, IDENTIFICADAS ATRAVÉS DA ANÁLISE VISUAL DO CANAL 7.

Dentro da área mapeada foi, então, selecionada uma sub-área, que contivesse todos os níveis existentes na área teste de Taubaté. A sub-área selecionada foi a de Caçapava.

A justaposição dos "overlays" de cada canal, para a sub-área de Caçapava, permitiu a identificação de 24 combinações de níveis de cinza, dentre as 30 combinações possíveis.

A comparação do mapa de uso da terra, na escala 1:25.000, com o mapa resultante da justaposição de overlays de níveis de cinza (Figura IV.4), permitiu a identificação dos padrões descritos na Tabela IV.2.

Pela análise da Tabela IV.2, pode-se verificar que algumas combinações de respostas, em dois canais, mostraram grande capacidade de discriminar classes funcionais de uso da terra, ao passo que outras combinações englobam grande variedade de usos. Por outro lado, certas classes funcionais, como as áreas de cultivos, são representadas por mais de uma classe resultante da combinação de respostas em dois canais (5 e 7).

Em síntese, a análise da Tabela IV.2 e da matriz da Figura IV.5, permite algumas generalizações. No caso do canal 5 tem-se que:

- a) tons de nível 0 - correspondem à cobertura vegetal densa, de porte arbóreo, que inclui tanto formações florestais naturais (mata, capoeira e arbustos), como artificiais (reflorestamento de eucalipto), áreas com culturas perenes e de inverno.

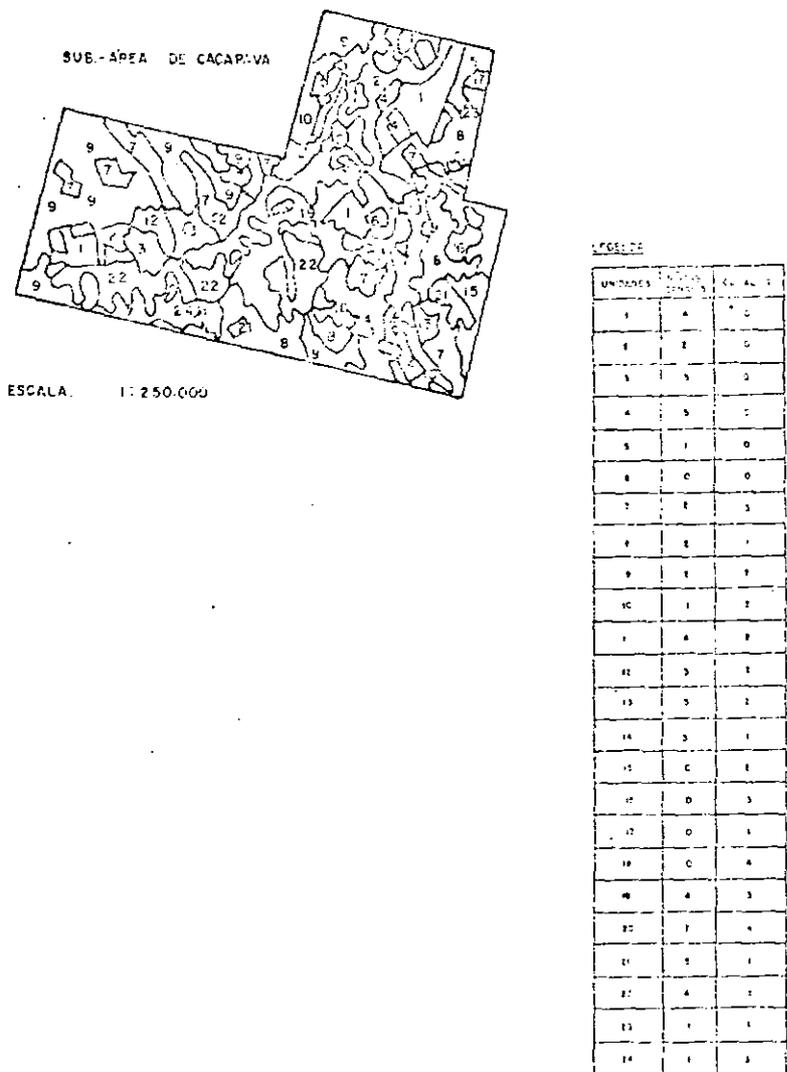


FIG. III. 4 - MAPA DE UNIDADES ESPECTRAIS RESULTANTES DA COMBINAÇÃO DAS RESPOSTAS TONAIS NOS CANAIS 5 e 7, SUB-ÁREA TESTE DE CAÇAPAVA.

TABELA IV.2

COMPARAÇÃO ENTRE "CLASSES ESPECTRAIS" RESULTANTES DA COMBINAÇÃO DE
RESPOSTAS NOS CANAIS 5 E 7 E CLASSES DE USO DA TERRA IDENTIFICADAS

EM FOTOGRAFIAS AÉREAS

NÍVEIS DE CINZA		CLASSE DE USO DA TERRA IDENTIFICADA EM FOTOGRAFIA AÉREA	CARACTERÍSTICAS E COMENTÁRIOS
CANAL 7	CANAL 5		
0	0	Campos de Arroz Colhido	<p>Áreas mais úmidas dentro da várzea do Rio Paraíba, correspondendo a meandros abandonados, que mantêm uma lâmina de água mesmo no período seco.</p> <p>De fato, a água é um dos alvos naturais que se caracteriza por possuir uma reflectância mais baixa que o solo, na faixa de 0,6 a 0,7 μm, determinando tons mais escuros no canal 5. Na faixa de 0,8 a 1,1 μm a água, mesmo rasa, também apresenta grande absorbtância de-terminando tons escuros no canal 7.</p>

(continuação Tabela IV.2)

NÍVEIS DE CINZA		CLASSE DE USO DA TERRA IDENTIFICADA EM FOTOGRAFIA AÉREA	CARACTERÍSTICAS E COMENTÁRIOS
CANAL 7	CANAL 5		
0	1	Campos com culturas de Inverno e/ou Permanentes	<p>Esses campos localizam-se na várzea do Rio Paraíba do Sul, onde ocorrem solos aluviais que, conforme Valério et al.(1976), apresentam alta absorção de Radiação Infra-Vermelho. A existência de culturas não chega a afetar a absorção de energia infravermelho pelos solos pois, nessa época do ano, não atingiram alta densidade de cobertura de solo, determinando portanto tons escuros no canal. A várzea do Paraíba do Sul, no trecho considerado, conta com um sistema de drenagem e irrigação que controla o teor de umidade dos solos, mantendo-os úmidos mesmo no inverno, que é a estação seca.</p> <p>Esses campos apresentam-se ocupados por culturas de inverno e/ou permanentes o que determina tonalidade cinza escuro no canal 5, devido à cobertura do solo pela cultura em fase de crescimento.</p>

(continuação Tabela IV.2)

NÍVEIS DE CINZA		CLASSE DE USO DA TERRA IDENTIFICADA EM FOTOGRAFIA AÉREA	CARACTERÍSTICAS E COMENTÁRIOS
CANAL 7	CANAL 5		
0	2	Pastagens e Campos em pousio recente	Área de pastagem e em pousio localizadas na Várzea do Paraíba. São áreas alteradas pelo pisoteio, com baixa densidade de cobertura de solo por gramíneas. Em geral são áreas <u>pe</u> quenhas, na periferia de campos de cultivo. A umidade do solo aluvial determina tonalidade escura no canal 7 e, a menor densidade de cobertura do solo pela vegetação, determina tonalidade de cinza mais clara, no canal 5, quando comparada às áreas ocupadas por <u>culturas</u> de inverno.
0	3	Campos de Arroz Colhido	Áreas em que os campos de arroz foram colhidos e gradeados, imediatamente antes da <u>passagem</u> do satélite. O solo está totalmente exposto, determinando tonalidade de cinza clara no canal 5. No canal 7, devido ao maior conteúdo de umidade do solo de várzea, os campos de cultivo aparecem com tonalidade cinza escuro.

(continuação Tabela IV.2)

NÍVEIS DE CINZA		CLASSE DE USO DA TERRA IDENTIFICADA EM FOTOGRAFIA AÉREA	CARACTERÍSTICAS E COMENTÁRIOS
CANAL 7	CANAL 5		
0	4	Campos de Arroz Colhido	Tratam-se também de áreas colhidas recentemente. A tonalidade de cinza mais clara, no canal 5, pode ser talvez associada à presença de solos mais reflexivos.
0	5	Campos de Arroz Colhido	Trata-se de caso semelhante ao anterior, em que a diferença de tonalidade no canal 5 pode ser associada à diferença na cor do solo. 10. Pelas fotografias aéreas observa-se que correspondem as áreas de tonalidade mais clara.

(continuação Tabela IV.2)

NÍVEIS DE CINZA		CLASSE DE USO DA TERRA IDENTIFICADA EM FOTOGRAFIA AÉREA	CARACTERÍSTICAS E COMENTÁRIOS
CANAL 7	CANAL 5		
1	0	Eucalipto	Corresponde a áreas com reflorestamento de Eucalipto Antigo. Segundo Hernandez Filho e Shimabukuro, o Eucalipto Antigo caracteriza-se pela desuniformidade das copas, falha na cobertura do solo e desbastes. Essa classe apresentou tonalidade de cinza escuro (preto), no canal 5, e tonalidade de cinza um pouco mais claro, no canal 7. Segundo Hernandez Filho e Shimabukuro (1978) a área de Eucalipto Antigo se caracteriza por tom de cinza escuro no canal 5 e claro no canal 7. Apesar de não coincidir com a caracterização dos autores, no caso em estudo também foi atribuído tom escuro no canal 5 para caracterizar eucalipto antigo, embora no canal 7, a tonalidade de cinza, relacionada ao Eucalipto, tenha sido a segunda mais escura encontrada na imagem. Na análise visual da tonalidade, a atribuição de níveis é subjetiva e, também, varia com o processamento fotográfico da imagem.

(continuação Tabela IV.2)

NÍVEIS DE CINZA		CLASSE DE USO DA TERRA IDENTIFICADA EM FOTOGRAFIA AÉREA	CARACTERÍSTICAS E COMENTÁRIOS
CANAL 7	CANAL 5		
1	0	Eucalipto	No caso específico da imagem utilizada, pode-se observar que ela apresentava saturação nos níveis de cinza mais claros, o que determinaria um deslocamento dos níveis de densidade do filme para a formação de tons mais escuros, tornando a imagem marcadamente escura, em relação a outras imagens da região.
1	1	Campos com cultura de inverno e/ou permanentes	Áreas correspondentes a porções da várzea do Rio Paraíba do Sul mais distanciadas do Rio, e com solos de menor teor de umidade, determinando tons de cinza no canal 7, não tão escuros como os correspondentes ao nível 0. No canal 5 essa umidade apresenta tonalidade cinza escuro devido à cobertura do solo pelas culturas já em fase de crescimento nessa época do ano.

(continuação Tabela IV.2)

NÍVEIS DE CINZA		CLASSE DE USO DA TERRA IDENTIFICADA EM FOTOGRAFIA AÉREA	CARACTERÍSTICAS E COMENTÁRIOS
CANAL 7	CANAL 5		
1	2	Campos com culturas de inverno e/ou permanentes. Pastagens naturais e artificiais, Capineiras, Campos em pouso Antigo.	Essa classe inclui uma grande variedade de usos da terra, já instaladas fora da Várzea, na região de terraços fluviais e de colinas. Todos os usos da terra incluídos nessa categoria caracterizam-se por cobertura mais densa do solo por vegetação de pequeno porte, como gramíneas e arbustos que determinam tom de cinza médio no canal 5 e tons de cinza escuro no canal 7. A tonalidade de cinza mais escura, no canal 7, pode ser explicada, em parte, pela topografia mais dissecada que determina efeito de sombreamento maior, principalmente se foi considerado a época do ano (inverno), com menor ângulo de elevação do sol. Como se pode observar, essa combinação de níveis de cinza não apresentou condições para discriminar diferentes usos da terra, devendo ser utilizado, nesse caso, outros critérios de interpretação além da tonalidade, quando necessária a individualização dos diferentes tipos de uso.

(continuação Tabela IV.2)

NÍVEIS DE CINZA		CLASSE DE USO DA TERRA IDENTIFICADA EM FOTOGRAFIA AÉREA	CARACTERÍSTICAS E COMENTÁRIOS
CANAL 7	CANAL 5		
1	3	Campos de Arroz Colhido	Essa classe corresponde a áreas menos úmidas, dentro da várzea em que os campos já foram colhidos, mas o solo não está totalmente exposto. O menor teor de umidade determina níveis de cinza, no canal 7, não tão escuros como os correspondentes ao nível 0. A presença de campos colhidos, com o solo parcialmente exposto, determina níveis de cinza claros, no canal 5.
1	4	Campos de Arroz Colhido Área Urbana Construída	Correspondem a áreas de campos de cultivo já colhidos e à área edificada central das cidades. No canal 7 apresentam tonalidade de cinza escuro e, no canal 5, tonalidade clara devido à presença de prédios, ruas, etc.

(continuação Tabela IV.2)

NÍVEIS DE CINZA		CLASSE DE USO DA TERRA IDENTIFICADA EM FOTOGRAFIA AÉREA	CARACTERÍSTICAS E COMENTÁRIOS
CANAL 7	CANAL 5		
1	5	Campos de Arroz Colhido	Apresentam as mesmas características da classe anterior, com exposição de solos mais claros determinando tonalidades quase brancas no canal 5.
2	0	Eucalipto	Correspondem às áreas de Eucalipto bem formado e de mata. Apresentam tonalidade cinza escuro no canal 5, e tonalidade de cinza médio, no canal 7. Hernandez Filho e Shimabukuro(1978) conseguiram discriminar visualmente a mata de Eucalipto. Segundo eles, a mata se apresenta com tonalidade de cinza médio no canal 7 e tonalidade de cinza escuro no canal 5, ao passo que o Eucalipto Antigo apresenta tonalidade de cinza variando de claro a médio, no canal 7. No caso da região em estudo, essa discriminação não foi possível usando-se apenas o critério tonalidade.

(continuação Tabela IV.2)

NÍVEIS DE CINZA		CLASSE DE USO DA TERRA IDENTIFICADA EM FOTOGRAFIA AÉREA	CARACTERÍSTICAS E COMENTÁRIOS
CANAL 7	CANAL 5		
2	1	Pastagem	Corresponde às áreas de pastagens, naturais e artificiais, localizadas na região de colinas terciárias. Apresenta tonalidade de cinza um tanto escura, no canal 5, talvez devido à menor lotação de pastos.
2	2	Pastagem	Corresponde à área de pastagens com baixa densidade de cobertura de gramíneas, em área de colinas terciárias, que determina tonalidade de cinza médio, no canal 5, ou seja, tonalidade mais clara que a da classe anterior. Seriam áreas de pastagens utilizadas mais intensamente e sujeitas a maior pisoteio pelo gado.
2	3	Campos com Cultivos de Inverno e/ou Permanente Pastagem	Áreas de cultivos de inverno localizadas na parte mais elevada da várzea, com solos de menor teor de umidade e pastos bem formados com cobertura pouco densa de gramíneas. Produzem tonalidade cinza médio, no canal 7, e cinza claro, no canal 5.

(continuação Tabela IV.2)

NÍVEIS DE CINZA		CLASSE DE USO DA TERRA IDENTIFICADA EM FOTOGRAFIA AÉREA	CARACTERÍSTICAS E COMENTÁRIOS
CANAL 7	CANAL 5		
2	4	Pastagem	Área de pastagem com baixa densidade de cobertura de gramíneas determinando tonalidades mais claras no canal 5.
2	5	Indústria	São áreas com terrenos preparados para a implantação de indústrias, em fase inicial de construção, em que houve terraplanagens e o solo está revolvido. Essas indústrias se localizam na zona de terraços fluviais, constituídos por solos geralmente arenosos, os quais são altamente reflexivos no canal 5 (Valério Filho et al., 1978). A presença de solo nu, associado a materiais de construção, e mesmo a pátios de indústrias, tetos de amianto, etc. determinam alta reflectância desse tipo de uso da terra, no canal 5. No canal 7, entretanto, não são visualmente discerníveis.

(continuação Tabela IV.2)

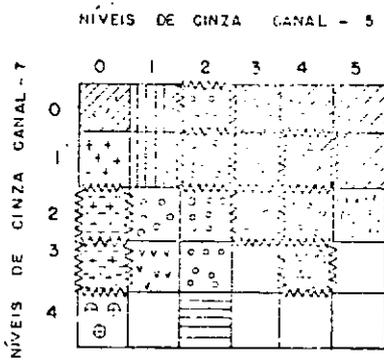
NÍVEIS DE CINZA		CLASSE DE USO DA TERRA IDENTIFICADA EM FOTOGRAFIA AÉREA	CARACTERÍSTICAS E COMENTÁRIOS
CANAL 7	CANAL 5		
3	0	Mata Eucalipto Arbustos	Corresponde à áreas de mata, arbustos e <u>reflorestamento</u> de Eucalipto. Os três tipos de <u>ocupação</u> do solo, nessa região, não puderam ser discriminados, levando-se em conta apenas os critérios tonalidade nos canais 5 e 7. Ambos apresentam tonalidade clara no canal 7 e tonalidade cinza escuro no canal 5.
3	1	Campos de Várzea	A resposta espectral apresentada por essa classe é <u>contrária</u> à resposta esperada pois, por se tratarem de campos inundáveis, a tonalidade no canal 7 deveria ser escura e não clara, como a registrada na área em estudo. Uma possível explicação pode ser a presença de uma vegetação arbustiva mais compacta que impede que a umidade afete sua reflectância. Isto também torna coerente a resposta do canal 5, que apresenta tonalidade escura típica de áreas de cobertura vegetal mais densa.

(continuação Tabela IV.2)

NÍVEIS DE CINZA		CLASSE DE USO DA TERRA IDENTIFICADA EM FOTOGRAFIA AÉREA	CARACTERÍSTICAS E COMENTÁRIOS
CANAL 7	CANAL 5		
3	2	Pastagem	Área correspondente a alguns vales, com pastagens bem manejadas, caracterizadas por cobertura uniforme de gramíneas.
3	4	Área Urbana Construída, Campos de Arroz Colhido	A porção central das cidades é bem definida no canal 5, onde se caracteriza por tonalidade de cinza variando de médio a claro. A área edificada mais recentemente e a área em fase de ocupação com lotes, construções, etc. apresentam justaposição com áreas agrícolas, conforme já havia sido observado por Niero(1978).
4	0	Eucalipto	São áreas que foram identificadas como possuindo reflorestamento de Eucalipto em fase de formação. A resposta apresentada por esse tipo de ocupação do solo está de acordo com a chave de interpretação proposta por Hernandez Filho e Shimabukuro (1978), ou seja, apresenta tonalidade cinza claro, no canal 7, e cinza escuro, no canal 5.

(continuação Tabela IV.2)

NÍVEIS DE CINZA		CLASSE DE USO DA TERRA IDENTIFICADA POR FOTOGRAFIA AÉREA	CARACTERÍSTICAS E COMENTÁRIOS
CANAL 7	CANAL 5		
4	2	Solo Nu e Desmatamento	Esta classe apresenta tonalidade clara no canal 7, devido à exposição de solos claros e pouco úmidos. No canal 5 esta classe apresentou tonalidades de cinza médio.



LEGENDA

- | | | | | |
|---|-----------------|---|-------------------------|---|
| □ | ÁREAS AGRÍCOLAS | { | COM CULTIVO E/OU POUSIO | □ |
| | | | COLHIDAS | □ |
- | | |
|---|-----------|
| □ | PASTAGENS |
|---|-----------|
- | | | | | |
|---|-----------|---|-------|---|
| □ | EUCALIPTO | { | NOVO | □ |
| | | | VELHO | □ |
- | | |
|---|-----------------|
| □ | MATA E ARBUSTOS |
|---|-----------------|
- | | |
|---|----------------------------|
| □ | ÁREA URBANA E/OU EDIFICADA |
|---|----------------------------|
- | | |
|---|-----------|
| □ | INDÚSTRIA |
|---|-----------|
- | | |
|---|------------------|
| □ | CAMPOS DE VÁRZEA |
|---|------------------|
- | | |
|---|----------------------------|
| □ | SOLO NU E/OU DESMATAAMENTO |
|---|----------------------------|
- | | |
|---|-------------------------|
| □ | JUSTAPOSIÇÃO DE CLASSES |
|---|-------------------------|

FIG. II - 5 MATRIZ COM AS COMBINAÇÕES DE NÍVEIS DE CINZA EM DOIS CANAIS IDENTIFICADAS NA SUB-ÁREA-TESTE DE CAÇAPAVA E AS CLASSES DE USO DA TERRA CORRESPONDENTES.

- b) tons de nível 1 - correspondem a campos inundáveis, recobertos por vegetação de gramíneas e arbustos com alta densidade de cobertura do solo, áreas de pastagens com cobertura mais densa de gramíneas.
- c) tons de nível 2 - correspondem a pastagens com baixa densidade de cobertura de gramíneas.
- d) tons de nível 3 - correspondem a áreas de campos de cultivo, localizados na várzea, com culturas de verão já colhidas, campos em pousio recente, pastagens mal manejadas, com solos expostos nas vertentes mais íngremes.
- e) tons de nível 4 - campos de cultivo colhidos com solos de alta reflectância no visível, áreas urbanas.
- f) tons de nível 5 - solos expostos em áreas de cultivo já colhidas e solos terraplanados.

No caso do canal 7 tem-se:

- a) tons de nível 0 - áreas de campos de cultivo localizados na várzea.
- b) tons de nível 1 - áreas de campos de cultivo localizados na várzea, com culturas de inverno implantadas, áreas urbanas, indústrias, reflorestamento de eucalipto.
- c) tons de nível 2 - áreas de pastagens naturais.
- d) tons de nível 3 - áreas com mata galeria, área de campos em pousio, campos de várzea, reflorestamento, solo exposto.
- e) tons de nível 4 - áreas de eucalipto.

A análise da matriz da Figura IV.5 demonstrou, também, que o canal 7 é o mais indicado para se identificar a área ocupada por culturas na várzea. Todo o nível 0 caracteriza áreas de cultivo na várzea. O nível 1 já apresenta superposição com outros usos. Entretanto, o canal 5 deve ser utilizado para se distinguir áreas co

lhidas, com solo exposto, de áreas com culturas. Os níveis de cinza mais escuros no canal 5 definem as áreas com culturas e os mais claros as áreas já colhidas.

Para identificação de ocupação urbana o canal 5 é o mais adequado, como já foi salientado por diversos autores, entre os quais Foresti e Mendonça (1974). De fato, enquanto as áreas urbanas estão caracterizadas por um nível de cinza no canal 5, existem dois níveis de cinza associados a elas no canal 7, determinando uma região de superposição com áreas agrícolas.

As pastagens são bem caracterizadas no canal 7 onde correspondem a tom de cinza médio. O canal 5, entretanto, pode ser utilizado para se determinar a qualidade dos pastos em termos de cobertura de gramíneas (Santos e Novo, 1977), pois os níveis de cinza mais claros, no canal 5, correspondem, em geral, a pastos com baixa densidade de cobertura do solo por gramíneas, portanto pastos com manejo deficiente.

Os resultados da Tabela IV.2 demonstraram, também, que é difícil se determinar classes funcionais de uso da terra com base, apenas, na análise da tonalidade em dois canais.

Com base nesses resultados procurou-se identificar classes de uso da terra utilizando critérios auxiliares de interpretação visual como forma, textura, localização, relação com outros aspectos etc..

Os resultados dessa fase permitiram a confecção de um mapa de Uso da Terra da Área Teste de Taubaté. Nele encontram-se discriminadas 10 classes de uso da terra (Figura IV.6):

a) Área Cultivada

1. Campos de arroz após a Colheita

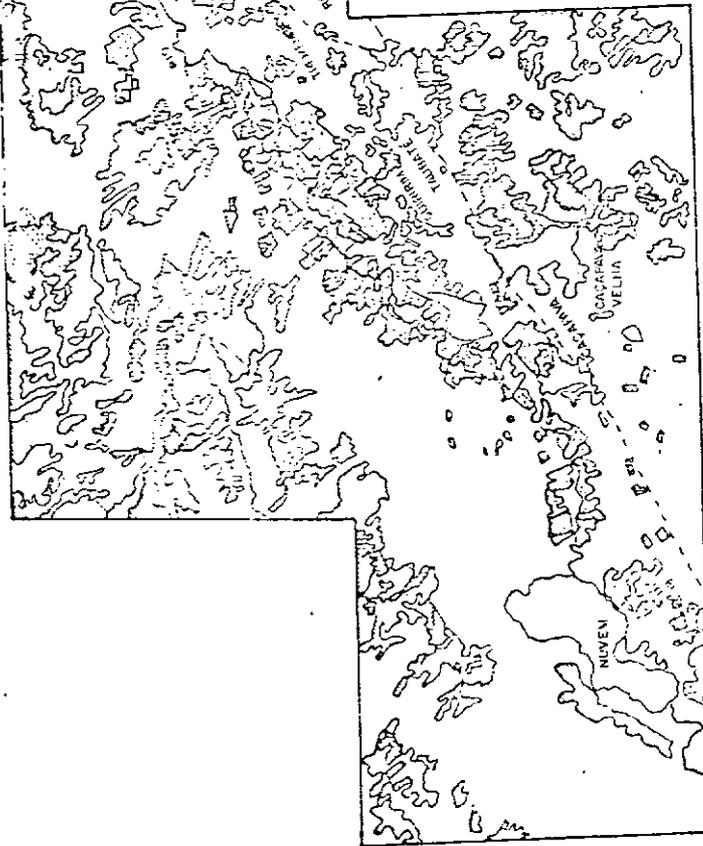
Áreas que, por ocasião da passagem do satélite, já ha

45°30'



23°00' S

23°00' S



45°30'

-  ÁREAS CULTIVADAS, COM CULTURAS DE VERÃO RECÉM COLHIDAS
-  ÁREAS CULTIVADAS, COM CULTURAS DE INVERNO IMPLANTADAS EM ÁREAS EM POUSO
-  PASTAGENS NATURAIS
-  EUCALIPTO NOVO
-  EUCALIPTO ANTIGO
-  MATA, MATA GALERIA, ARBUSTOS
-  CAMPOS DE VARZEA
-  ÁREA URBANA E/OU EDIFICADA
-  INDÚSTRIA
-  SOLO NU E ÁREAS DESMATADAS RECENTEMENTE

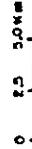


FIG. IX 6 - MAPA DE USO DA TERRA DA ÁREA TESTE DE - TAUBATE - II DE JUNHO DE 1973

viam sido colhidas. Foram identificadas com base na tonalidade escura, no canal 7, e clara, no canal 5. Apresentaram também formato regular, acompanhando o sistema de irrigação e drenagem. A localização dos campos, na Várzea do Paraíba do Sul, auxiliou sua classificação pois sabe-se que, nessa área, é cultivado o arroz na estação chuvosa, e que ele já está colhido por volta do mês de julho, época da passagem do satélite.

2. Campos com Culturas de Inverno, Culturas Perenes de Várzea e Campos em Pousio

São áreas de cultivo, em que o solo está recoberto por vegetação. Não foi possível discriminar entre os campos cultivados e os campos em pousio, pois ambos se apresentam recobertos por vegetação. Na identificação dessa classe a forma dos campos foi um dos critérios mais importantes. O canal 5 também foi útil para discriminá-la da classe de culturas já colhidas. Onde houve superposição de tonalidade com as áreas de pastagens, o critério da forma dos campos foi decisivo para sua identificação.

b) Área de Pastoreio

1. Pastagens

Áreas que apresentam capineiras, pastos artificiais, pastos naturais melhorados e pastos naturais. Essa classe foi identificada pela tonalidade cinza médio, no canal 7, pela localização, em geral na área de terraços e colinas, e pela forma irregular.

c) Reflorestamento

1. Eucalipto Novo

Segundo Hernandez Filho e Shimabukuro (1978) o Eucalipto Novo se caracteriza pelo aspecto homogêneo das copas, que

recobrem totalmente o solo. Essa classe foi caracterizada pela tonalidade cinza-claro, no canal 7, e cinza escuro no canal 5. Foi uma das poucas classes que não apresentaram superposição quando considerado apenas o critério tonalidade.

2. Eucalipto Antigo

Hernandez Filho e Shimabukuro (1978) definiram Eucalipto Antigo como aquele que apresenta desuniformidade nas copas, falhas de cobertura de solo, e desbastes com porcentagens de extração variada. Essa classe foi difícil de ser discriminada das formações arbóreas naturais, e o critério de forma foi muito útil na caracterização da classe. Geralmente os reflorestamentos apresentam forma regular com limites retilíneos.

d) Vegetação Natural

1. Mata, Mata Galeria e Arbustos

Essa classe foi identificada por exclusão das áreas reflorestadas, pois apresentou bastante superposição, quanto à tonalidade, no canal 5 e no 7.

2. Campos de Várzea

Essa classe foi caracterizada pela localização, ao longo do Rio Paraíba do Sul. Encontra-se limitada pelos canais de drenagem e irrigação, que controlam o fluxo da ãgua do Rio Paraíba.

Sob o ponto de vista da tonalidade, essa classe não apresentou o resultado esperado, pois se caracterizou por tons claros no canal 7, quando o resultado mais lógico seria o de tons escuros, determinados pela umidade dos solos de várzea. Entretanto, como se trata de uma área bastante alterada pelo homem, pode-se supor que o sistema de drenagem e irrigação tenha provocado a dessecação dos solos ã margem do rio, principalmente no período seco (período em

em questão) quando a água do rio é drenada para os campos de cultivo.

e) Áreas Construídas

1. Áreas Urbanas

As áreas urbanas foram melhor identificadas no canal 5, onde apresentam tonalidade de cinza claro. Entretanto, as áreas urbanas apresentam superposição com certas áreas agrícolas, conforme já foi observado por Nieiro (1978). Para determinar portanto, as áreas de ocupação urbana, foram utilizados os critérios de localização e relações de aspecto. As áreas urbanas na região do Vale do Paraíba se localizam, geralmente, entre o Rio Paraíba do Sul e a Rodovia Presidente Dutra. Além disso se caracterizam por serem pontos de convergência de estradas vicinais.

2. Indústrias

As áreas ocupadas por indústrias se caracterizaram pela tonalidade clara no canal 5, principalmente. Outro critério para sua identificação foi a forma, geralmente regular, com lados retilíneos. A localização das indústrias ao longo da Rodovia Presidente Dutra e o tamanho, geralmente pequeno das unidades identificadas, foram também úteis para a caracterização da ocupação industrial.

f) Outros Tipos de Ocupação

1. Solo Nu e Áreas Desmatadas

As áreas de solo nu ocorrem, geralmente, na zona de colinas terciárias, onde ocorrem com maior frequência processos de erosão do solo. Essas áreas se caracterizam pela tonalidade clara, no canal 7, devido a exposição dos solos. No canal 5 essa unidade não foi discriminada.

4.3 - AVALIAÇÃO DA PRECISÃO DE CLASSIFICAÇÃO

Segundo Hord e Brooner (1976), a avaliação da precisão de classificação do uso da terra é um objetivo bastante complexo, pois uma determinada área, classificada em uma categoria particular, pode estar sujeita a erro de três tipos diferentes: erro de classificação, erro de limite da classe e erro de localização do ponto de controle.

No presente caso, foi utilizada a técnica proposta por Lins Jr. (1976) para estimar a precisão de classificação. Esta técnica leva em conta apenas o erro de classificação, pois é verificada, em cada quadrícula, a ocorrência ou não da classe de interesse, sem haver preocupação de se determinar a exatidão de seus limites. Embora seja um método rudimentar de avaliação de precisão de classificação ele foi utilizado devido às dificuldades de se correlacionar os pontos da imagem com os da fotografia aérea.

Em virtude da diferença de escala, entre a fotografia aérea e a imagem, o tamanho definido para cada quadrícula foi relativamente grande ($0,25 \text{ km}^2$), o que muitas vezes determinou a ocorrência de dois ou mais usos numa mesma área amostrada. Nessas circunstâncias, o critério utilizado foi o de se considerar o tipo de uso dominante em cada quadrícula, ou seja, o de maior expressão areal.

Outro problema, encontrado na avaliação da precisão de classificação, foi o do deslocamento entre pontos da imagem e pontos da fotografia aérea. Como a área amostrada, em certos trechos, é transversal ao vale do Paraíba, há grande variação na escala da fotografia, o que provoca distorções entre os pontos da imagem e da fotografia, quando uma grade de tamanho constante é utilizada. Para sanar esse problema procurou-se controlar os pontos de amostragem, tendo-se como referências o leito do Rio Paraíba. Em trabalhos futuros esse problema precisarã ser estudado com mais profundidade, de modo a se

ter uma avaliação mais segura da precisão de classificação.

A precisão de classificação encontrada foi de 71%, que é um valor razoável quando se leva em conta os problemas de posicionamento das amostras e de limites das classes. Além desse aspecto, deve-se salientar que a precisão de classificação é variável. Ellefsen (1973), conforme citação de Lins Jr. (1976), concluiu que mapas generalizados de uso da terra podem ser obtidos com precisão variando de 82,7%, para uso industrial, a 97,1 para áreas de irrigação.

Outro fato, que pode ter afetado a precisão de classificação, é a resolução do sistema LANDSAT. Na fotografia aérea, pequenas manchas de mata podem ser individualizadas, dentro de uma área de pastoreio, ao passo que na imagem isso não ocorre, exceto em condições de grande contraste. Desta forma, uma amostra coletada para uma área desse tipo será classificada como Pastagem quando se utiliza a imagem, e pode ser classificada como Mata quando se utiliza a fotografia aérea.

Essa precisão, entretanto, poderá ser melhorada através da combinação de técnicas de interpretação visual e automática, a serem realizadas nas próximas etapas desse trabalho de pesquisa.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES

A análise dos resultados desse trabalho permitiu a for
mulação das seguintes conclusões:

1. A superposição de "overlays" de níveis de cinza, nos ca
canais 5 e 7, permite a identificação de "classes espec
trais" que podem ser associadas e classes de uso da ter
ra.
2. O canal 7 é o melhor para a identificação de campos de cul
tivo localizados na várzea.
3. A discriminação entre campos colhidos e campos com cultura
pode ser feita através da análise da resposta do canal 5.
4. O canal 5 é o melhor para a identificação de áreas edifi
cadas, como as cidades, vilas e pátios industriais.
5. Alguns tipos de uso da terra apresentam superposição de res
postas nos dois canais, requerendo o uso de outros critê
rios para sua discriminação, como textura, forma, tamanho,
localização.
6. Determinadas classes de uso da terra podem ser represen
tadas por mais de uma "classe espectral", pois não são es
pectralmente homogêneas.
7. O uso da interpretação visual de imagens LANDSAT, nos ca
nais 5 e 7, permitiu a identificação de 10 classes de uso
da terra, com uma precisão estimada em 71%.

8. A análise visual de imagens, para a identificação do comportamento espectral das diferentes classes de uso da terra, poderá auxiliar na seleção de amostras de treinamento para a análise automática.

BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, R.J.; HARDY, E.E.; ROACH, J.T.; WITMER, R.E. *A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data*. Washington, D.C., United States Government Printing Office, 1976 (Geological Survey Professional Paper).
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. *Carta de Solos do Estado de São Paulo*. São Paulo, 1960.
- ESTES, J.E.; SIMONETT, D. Fundamentals of Image Interpretation
In: *MANUAL of Remote Sensing*. Virginia, American Society of Photogrammetry, 1975, V.2, Cap. 14, p. 869-881.
- ESTES, J.E.; SENGER, L.W.; THAMAN, R.R.; BRUNELLE, D.; COTTRELL, D.; EVANISKO, F.; KRANS, S.P.; PALMER, B.; RYERSON, J.M.; SOPER, T.; THAMAN, K. Use of ERTS-A Data to Assess and Monitor Change in the West Side of the San Joaquin Valley and Central Coastal Zone of California. In: _____. *An Integrated Study of Earth Resources in the State of California Based on ERTS-1 and Supporting Aircraft Data*. Berkely, University of California, Space Sciences Laboratory, 1973, cap. 6.
- FORESTI, C.; MENDONÇA, F. Demographic Inference Using ERTS Images.
In: _____. *SEMINAR on Space Applications of Direct Interest to Developing Countries*. São José dos Campos, COSPAR, Brazilian Space Research Institute, Jun., 1974. p. 239-256.
- HARDY, E.E.; ANDERSON, J.R. A Land Use Classification System for Use with Remote Sensor Data. In: _____. *CONFERENCE on Machine Processing of Remotely Sensed Data*. Indiana, Purdue University Laboratory for Applications of Remote Sensing, 1973. p. 2A1-2A6.

- HERNANDEZ FILHO, P.; SHIMABUKURO, Y.E. *Estabelecimento de Metodologia de Avaliação de Povoamentos Florestais Artificiais Utilizando-se dados do LANDSAT*. Tese de Mestrado em Sensores Remotos e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1978. (no prelo)
- HORD, M.R.; BROONER, W. Land Use Map Accuracy Criteria. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 42(5), May, 1976.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Carta do Brasil: Escala 1:50.000*. Rio de Janeiro, 1973.
- JOHNSON, C.W.; COLEMAN, V. Semi-automatic Crop Inventory from Sequential ERTS-1 Imagery. In: *SYMPOSIUM on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1*. Maryland, mar., 1973 V.1, p.19-26.
- LINS, JR. H.F. Land Use Mapping From Skylab S.190B Photography. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 52 (3): 301-302, mar., 1976.
- NIERO, M. "Utilização de Dados Orbitais do LANDSAT-1 na Classificação do Uso do Solo Urbano de São José dos Campos". Tese de Mestrado em Sensores Remotos e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1978. (no prelo).
- SANTOS, A.P.; NOVO, E.M.L.M. *Uso de Dados do LANDSAT-1 na Implantação, Controle e Acompanhamento de Projetos Agropecuários no Sudeste da Amazônia Legal*. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1977 (INPE-1044-TPT/056).
- SEGREDO, F.L.; SALINAS, F.G. Identification of Large Masses of Citrus Fruit and Rice Fields in Eastern Spain. In: *SYMPOSIUM on Significant Results obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1*. Maryland, Marc., 1973. V.1, p.35-36.

VALÉRIO FILHO, M.; HIGA, N.T.; CARVALHO, V.C.DE *Avaliação das Imagens Orbitais (LANDSAT-1) como Base para Levantamento de Solos.* Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1976 (INPE-912-TPT/030).

WILLIAMS, D.L.; MORAIN, S.A.; BARKER, B.; COINER, J.C. Identification of Winter Wheat from ERTS-1 Imagery. In: *SYMPOSIUM on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Sattelite-1.* Maryland, Mar., 1973. V.1, p.11-18.