



AUTORES AUTHORS	PALAVRAS CHAVES/KEY WORDS		AUTORIZADA POR/AUTHORIZED BY
	USO DA TERRA - SENSORIAMENTO REMOTO - TM/LANDSAT		<i>Roberto Pereira da Cunha</i> Diretor SRE

AUTOR RESPONSÁVEL RESPONSIBLE AUTHOR	DISTRIBUIÇÃO/DISTRIBUTION	REVISADA POR / REVISED BY
<i>Madalena Niero Pereira</i> Madalena Niero Pereira	<input type="checkbox"/> INTERNA / INTERNAL <input checked="" type="checkbox"/> EXTERNA / EXTERNAL <input type="checkbox"/> RESTRITA / RESTRICTED	<i>Mário Valério Filho</i> Mário Valério Filho

CDU/UDC	DATA / DATE
528.711.7:631.47	Novembro 1989

TÍTULO/TITLE	PUBLICAÇÃO Nº PUBLICATION NO INPE-5032-MD/042		ORIGEM ORIGIN DPA
	COBERTURA E USO DA TERRA ATRAVÉS DE SENSORIAMENTO REMOTO		PROJETO PROJECT
Nº DE PAG. NO OF PAGES 126			ULTIMA PAG. LAST PAGE 118
AUTORES/AUTHORSHIP	MADALENA NIERO PEREIRA MARIA DE LOURDES NUNDEO. KURKDJIAN CELINA FORESTI		VERSÃO VERSION
			Nº DE MAPAS NO OF MAPS

RESUMO - NOTAS / ABSTRACT - NOTES

Neste trabalho são apresentados diferentes produtos de Sensoriamento Remoto utilizados para mapeamento da cobertura e uso da terra; sistemas de classificação de uso da terra desenvolvidos; definição e exemplos de chaves de interpretação utilizadas no levantamento de uso e ocupação da terra através de Sensoriamento Remoto; e metodologias desenvolvidas para a classificação digital e o monitoramento de uso da terra. Aliado a estas informações é mostrado um exemplo prático, em todas as suas fases, de um trabalho de levantamento de uso da terra desenvolvido no INPE utilizando-se dados TM/LANDSAT.

OBSERVAÇÕES / REMARKS

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vii
<u>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</u>	1
1.1 - Conceituação do termo uso da terra	1
1.1.1 - Diferenciação entre uso atual e uso potencial da terra	1
1.2 - Importância do mapeamento da cobertura e uso da terra	2
<u>CAPÍTULO 2 - FONTES DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA O MAPEAMENTO DA COBERTURA E USO DA TERRA</u>	5
2.1 - Fotografias aéreas	5
2.1.1 - Fotografias pancromáticas	5
2.1.2 - Fotografias falsa-cor	7
2.1.3 - Fotografias multiespectrais	9
2.2 - Imagens orbitais	11
2.2.1 - Produtos do satélite LANDSAT	11
2.2.2 - Produtos do satélite SPOT.....	12
<u>CAPÍTULO 3 - SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO DE USO DA TERRA.</u>	15
3.1 - O objeto de uso de um sistema de classificação.	15
3.2 - Sistema de utilização da terra proposto pela UGI (União Geográfica Internacional)	16
3.3 - Sistema de classificação de uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos	20
3.3.1 - Terra urbana ou construída	22
3.3.2 - Terra Agrícola	27
3.3.4 - Terra Florestal	30
3.3.5 - Água	31
3.3.6 - Terras úmidas	33
3.3.7 - Terras áridas	34
3.3.8 - Tundra	37

	<u>Pág.</u>
<u>CAPÍTULO 4 - ELABORAÇÃO DE CHAVES DE INTERPRETAÇÃO ..</u>	41
4.1 - Conceituação e propósito das chaves de interpretação	41
4.2 - Elementos de reconhecimento empregados na identificação da cobertura e do uso da terra através de fotografias aéreas	42
4.2.1 - Forma	42
4.2.2 - Tamanho	44
4.2.3 - Sombra	44
4.2.4 - Tonalidade e cor	45
4.2.5 - Padrão	48
4.2.6 - Textura	48
4.2.7 - Localização	52
4.2.8 - Relação de Aspectos	52
4.3 - Exemplos de chaves de interpretação elaboradas para levantamento de uso da terra a partir de fotos aéreas	53
4.4 - Elementos de reconhecimento da cobertura e uso da terra em imagens orbitais	69
4.5 - Exemplos de chaves de identificação para uso de imagens	76
 <u>CAPÍTULO 5 - UMA METODOLOGIA PARA O MAPEAMENTO DE COBERTURA E USO DA TERRA ATRAVÉS DA INTERPRETAÇÃO VISUAL DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO</u>	 87
 <u>CAPÍTULO 6 - UMA METODOLOGIA PARA O MAPEAMENTO DE COBERTURA E USO DA TERRA ATRAVÉS DE CLASSIFICAÇÃO DIGITAL</u>	 97
 <u>CAPÍTULO 7 - MONITORAMENTO DE USO DA TERRA ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO.....</u>	 101
 <u>CAPÍTULO 8 - O PROJETO AUTES - ATUALIZAÇÃO DE USO DA TERRA DO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS ATRAVÉS DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO UM EXEMPLO PRÁTICO</u>	 105
 <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	 113
 <u>BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR</u>	 117

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
4.1 - Exemplos de textura grosseira (esquerda) e fina (direita).....	50
4.2 - Exemplos de textura variada (esquerda) e uniforme (direita)	50
4.3 - Exemplo da textura densa (esquerda) e menos densa (direita)	51
4.4 - Exemplo de textura mosqueada	51
4.5 - Fotografia aérea pancromática, na escala 1:25.000 mostrando área construída de uso misto (a); indústria (b); loteamento (c) e chácaras	65
4.6 - Fotografia aérea pancromática, na escala 1:25.000 mostrando cultura anual (a); granja (b); pastagem melhorada (c); pastagem e ou campo antrópico (d)	66
4.7 - Fotografia aérea pancromática, na escala 1:25.000, mostrando reflorestamento (a); mata/capoeira (b) reflorestamento recém-implantado (c)	68
4.8 - Composição colorida falsa cor mostrando área urbana construída de uso misto (a); indústria (b); loteamento novo (c); chácara (d); cultura-anual (e); granja (f); pastagem melhorada (g); pastagem e/ou campo antrópico (h)	83
4.9 - Composição colorida falsa cor mostrando reflorestamento (a) reflorestamento recém-implantado (b) e mata/capoeira (c)	85
7.1 - Esquema de processo de obtenção de composição multiespectral	103
7.2 - Composição multiespectral obtida a partir de dados LANDSAT - área urbana de São José dos Campos	103

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
3.1 - Sistema de uso da terra e revestimento do solo para utilização com dados de sensoriamento remoto	21
4.1 - Principais aplicações potenciais das bandas TM do LANDSAT 5	72
4.2 - Aplicações potenciais das bandas do HRV-SPOT ..	73
5.1 - Valores ótimos de n para X_c é $[0,47]$ e para $\alpha = 0,05$ e $P_u = 0,85$ e correspondentes valores de β^* para $P_p = 0,90$ e $0,99$	94
8.1 - Porcentagem de área ocupada do município de São José dos Campos por diferentes classes de uso da terra	111

ABSTRACT

This work shows different products of Remote Sensing used for land use survey; land use classification systems; definition and example of land use identification criterias through the utilization of Remote Sensing techniques and methodologies for digital processing/ monitoring of land use. An addition to these informations it is shown a practical example of land use survey, in all these phases, developed at INPE using LANDSAT-TM data.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - CONCEITUAÇÃO DO TERMO USO DA TERRA

Neste texto o termo cobertura e uso da terra é definido como a forma pela qual o espaço está sendo ocupado, quer por aspectos naturais quer por atividades desenvolvidas pelo homem.

Deste modo não se faz uma divisão entre uso da terra e revestimento do solo como encontrada em trabalhos de autores internacionais. Neste sentido as definições de CLAWSON e STEWART que afirmam que o uso da terra se refere à atividade do homem na terra, ou seja, que se acha diretamente relacionada com a terra, ou a de Burley que define revestimento do solo como "Vegetação e construções artificiais que recobrem a superfície da terra" (Anderson et al., 1979), estarão contidas no conceito de cobertura e uso da terra sempre que forem referidas neste trabalho.

A junção da definição é feita em função da complementaridade dos conceitos que, em muitos casos, têm sido utilizados alternativamente.

1.1.1 - DIFERENCIAÇÃO ENTRE USO ATUAL E USO POTENCIAL DA TERRA

É importante fazer a distinção entre os conceitos de uso potencial e uso atual da terra; o primeiro requer uma análise complexa que envolve aspectos geomorfológicos, geológicos, pedológicos, ecológicos, etc., os quais permitem determinar a capacidade da terra para um

uso específico. O segundo refere-se ao uso presente da terra, à descrição das características da paisagem em uma época determinada, sem levar em conta sua vocação ou uso futuro. É a este segundo conceito que se refere o presente texto didático.

1.2 - IMPORTÂNCIA DO MAPEAMENTO DA COBERTURA E USO DA TERRA

"Embora muitos países tenham estatísticas detalhadas sobre a utilização da terra e sobre a agricultura em geral, somente o registro dos fatos em mapas poderá mostrar as áreas e a distribuição real das diferentes formas de uso do espaço" (Keller, 1969).

O conhecimento da distribuição espacial da cobertura e uso da terra é imprescindível no processo de tomada de decisões relativas à organização racional da atividade humana no espaço.

O levantamento da cobertura e do uso da terra é indispensável para o planejamento racional que irá superar problemas de desenvolvimento descontrolado e de deterioração da qualidade ambiental pela perda das terras agrícolas. Dados sobre cobertura e uso da terra são necessários para a análise de processos e problemas ambientais. Esta análise permite decidir sobre a conveniência de manter ou melhorar as condições de uso.

As técnicas convencionais de levantamento de uso da terra caracterizam-se pelo alto custo, pela dificuldade de obter dados em um curto período, o que constitui uma limitação para sua aplicação por parte dos órgãos governamentais. No Brasil, por exemplo, os registros de uso da terra limitam-se a pequenas áreas, levantadas para propósitos específicos.

Informações atualizadas sobre cobertura e uso da terra e sua distribuição são essenciais para o desenvolvimento equilibrado das atividades humanas frente aos recursos naturais.

Considerando a dinâmica da ocupação e uso da terra, faz-se imprescindível a atualização constante dos mapas temáticos correspondentes, uma vez que apenas com um acompanhamento das alterações de uso da terra ocorridas no tempo é possível uma avaliação dos efeitos, na organização do espaço, provenientes da atividade humana.

Com o lançamento de satélites para levantamento de recursos naturais, tornou-se possível a obtenção periódica de dados de cobertura e uso da terra a um custo relativamente baixo, respeitando as restrições impostas pela resolução do sistema sensor.

CAPÍTULO 2

FONTES DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA O MAPEAMENTO DA COBERTURA E USO DA TERRA

2.1 - FOTOGRAFIAS AÉREAS

A fotografia aérea tem sido usada intensivamente como um dos produtos de sensores remotos na identificação e mapeamento dos recursos naturais e uso da terra. De um modo geral, os pesquisadores que se utilizam de fotografias aéreas, não são especialistas na ciência fotográfica, mas a maioria deles se familiariza com os processos e materiais fotográficos, o que facilita bastante o processo fotointerpretativo.

2.1.1 - FOTOGRAFIAS PANCROMÁTICAS

São as que resultam em fotos em branco e preto e nos diferentes tons de cinza. Essas são as mais usadas e sensíveis a praticamente todas as radiações do espectro visível. Apresentam como principais vantagens:

- a) facilidade de manuseio e processamento;
- b) custo relativamente baixo.

No entanto, elas apresentam algumas desvantagens:

- a) os objetos são registrados em tons de cinza;
- b) há ausência de limite de cores, o que diminui a percepção;

Na interpretação das fotografias pancromáticas, usam-se os seguintes elementos de reconhecimento: tonalidade, textura, padrão, tamanho, sombra, local e associação. Dependendo do objetivo, cada um desses elementos assume uma importância maior ou menor perante os outros, sendo fundamental, em qualquer dos casos, a escala do material utilizado.

Quanto ao uso de fotografias coloridas, o trabalho do fotointerprete é facilitado com o critério adicional da cor.

De um modo geral as vantagens do filme colorido em relação ao preto e branco são:

- a) grande contraste de cor e brilho, o que aumenta a interpretação das fotografias aéreas;
- b) cor que aumenta a velocidade, a confiança e a precisão do processo interpretativo;
- c) maior possibilidade de diferenciação de objeto, visto que o olho humano é capaz de distinguir 2000 combinações diferentes entre cores contra 200 diferentes tons de cinza, embora o filme colorido não possa discriminar naquele grau.

As desvantagens neste caso são:

- a) custos mais elevados quando comparados com o pancromático;
- b) perda ou saturação de cor durante o processamento;

- c) qualidade da imagem que diminui com o aumento da altitude, devido à influência da névoa, embora isto possa ser controlado com uso de filtros específicos.

2.1.2 - FOTOGRAFIAS FALSA-COR

O filme infravermelho, desenvolvido originalmente com propósitos militares, tem sido utilizado no levantamento do uso da terra. A sensibilidade espectral deste tipo de filme vai de 0,36 a 0,9 um, avançando assim para porção infravermelha do espectro.

Estes filmes dão igualmente fotos em preto e branco, onde as cores da paisagem não são traduzidos nos mesmos tons de cinza que nas pancromáticas e certos detalhes insensíveis aos olhos podem ser revelados.

As fotografias infravermelhas podem ser em branco e preto e coloridas, também chamadas de falsa cor, recebendo estes nomes porque os objetos não aparecem nas fotografias em suas cores reais. Dessa maneira, a vegetação verde sadia aparece nas fotografias em diferentes tons de vermelho, enquanto o solo nu aparece em diferentes tons de verde, dependendo da intensidade de vermelho.

Citam-se como vantagens deste filme: possibilidade de uso em dias com névoa e fumaça; alto poder de resolução para delinear umidade e certos tipos de florestas e grande contraste entre objetos. No entanto, ele apresenta algumas desvantagens como: custo relativamente alto quando comparado ao pancromático; sensibilidade à variação de temperatura e tonalidade, pois com o tempo esta não é mantida.

O uso de filmes no infravermelho é de grande utilidade na caracterização de espécies, na variedade entre espécies, nas condições de umidade do solo, nas condições de fitossanidade de culturas etc.

A biomassa verde registra-se em tons claros no filme infravermelho em preto e branco, porque a radiação no infravermelho reflete-se através da parede celular das folhas e não através da clorofila, como no caso de luz visível (luz verde).

Muitas variações tonais podem ser detectadas (entre árvores e tipos de vegetação) com filme infravermelho. Por via de regra, coníferas e folhosas de madeira mole são registradas em tons escuros e os outros tipos de folhosas em tons claros. As sombras registram-se em preto verdadeiro, por isso variações no padrão de sombra entre espécies e tipos de florestas são enfatizadas, o que simplifica o problema de identificação da árvore. A desvantagem é que todos os detalhes nas sombras se perdem.

O uso de filme infravermelho colorido mostra-se melhor na identificação de tipos e tamanhos de vegetação, sendo ainda os melhores na identificação de espécie em povoamentos heterogêneos.

Na agricultura, amplos estudos têm sido realizados com o uso de filme infravermelho colorido. Vasconcelos et al. (1976) detectaram a doença "fumagina" em culturas de citrus. Plantas afetadas pela fumagina apresentavam-se, nas fotos, com uma coloração "café-castanho", em contraste com as sadias, de tonalidade vermelha.

A partir da utilização de fotografias aéreas no infravermelho, podem-se realizar estudos detalhados sobre áreas residenciais unifamiliares. Estas áreas poderão ser subdivididas em diferentes níveis sócio-econômicos, tendo como variáveis importantes a qualidade das habitações, a presença de vegetação, o tamanho e a densidade das construções, o número de piscinas, o tamanho dos quintais e jardins, etc.

2.1.3 - FOTOGRAFIAS MULTIESPECTRAIS

São fotografias aéreas obtidas simultaneamente em diferentes comprimentos de onda, do visível ao infravermelho próximo, a partir do uso de câmeras aéreas multiespectrais. Com este equipamento é possível obter fotografias simultâneas de uma mesma área, através da combinação de filme e filtro, obtendo-se assim maior quantidade de informações sobre a área.

Diversos estudos têm mostrado que maiores informações podem ser obtidas no levantamento dos recursos naturais de uma região quando se utilizam fotografias aéreas multiespectrais. A comparação dos alvos (classes de uso da terra) em diferentes comprimentos de onda irá proporcionar melhor separabilidade entre eles.

As fotografias aéreas, portanto possuem grande aplicação na área de uso da terra, pois dão uma imagem exata das condições de uma região, tais como:

- 1) registro da situação de uma área (matas principalmente). Após alguns anos é fácil diagnosticar o que acontece em termos de desmatamento;

- 2) seleção de áreas de plantio, bem como estudo da situação de rebrota (reflorestamento) em talhões cortados;
- 3) projeção das melhores opções para as vias de acesso num reflorestamento ou em matas nativas;
- 4) planejamento das áreas de recreação;
- 5) cadastramento de propriedades;
- 6) planejamento de um sistema de proteção contra fogo;
- 7) estudo da vida silvestre.

A seleção da escala das fotografias aéreas a serem utilizadas no levantamento do uso da terra é uma fase importante no planejamento do trabalho. A escolha da escala a ser utilizada depende dos objetivos do trabalho e dos recursos disponíveis.

Para estudos regionais nas escalas de 1:40.000 ou menores, essas fotografias são frequentemente utilizadas e mostram classes amplas de paisagem e seus relacionamentos espaciais. No entanto, para estudos de uso da terra locais e municipais é recomendado o uso de fotografias aéreas na escala de 1:25.000. Nesta escala é possível o detalhamento da zona rural e a separação de classes intra-urbanas. Para detalhamento de classes de uso do solo urbano, são mais utilizadas escalas de 1:10.000 ou maiores.

2.2 - IMAGENS ORBITAIS

2.2.1 - PRODUTOS DO SATÉLITE LANDSAT

Atualmente existem disponíveis dois tipos de dados obtidos de satélites LANDSAT, os dados MSS em 4 bandas espectrais com resolução espacial de 80 m e os dados do mapeador temático (TM) em 7 bandas espectrais, com resolução espacial de 30 m para as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 e de 120 m para a banda 6.

Esses canais individuais podem ser apresentados conjuntamente a partir de diferentes combinações de até 3 canais associados a cores, o que gera as composições coloridas, que, por suas características multiespectrais, são de grande valia na identificação de classe de uso da terra.

O dados LANDSAT podem ser obtidos sob a forma de transparências positivas, cópias fotográficas (papel) associadas a diferentes escalas e fitas compatíveis com computador.

As transparências positivas têm um limite de escala para a cena toda de 1:1.000.000 e para quadrante (1/4 de cena 92 km) de 1:500.000. Estes dados, entretanto, podem ser ampliados para escalas maiores e superpostos a informações cartográficas através do uso de equipamento, como é o caso do sistema PROCOM-2 disponível no INPE.

O uso das transparências positivas através do sistema PROCOM-2 facilita a análise dinâmica do uso da terra, uma vez que as informações de duas ou mais datas podem ser superpostas diretamente em mapas anteriores.

As imagens TM-LANDSAT podem ser obtidas em escalas até 1:50.000 sem perda de resolução. O uso de diferentes escalas está associado aos objetivos do trabalho. Para estudos regionais são indicadas escalas até 1:100.000 e para maior detalhamento das classes de uso da terra devem ser utilizadas escalas de 1:50.000 ou maiores.

Algumas vantagens do uso de cópias fotográficas são: facilidade de manipulação; interpretação direta da imagem sem necessidade de equipamentos especiais; e possibilidade de realizar inspeção de campo com o uso da própria imagem, pela grande quantidade de pontos de referência.

As fitas compatíveis com computador permitem: a análise dos dados em escalas maiores do que as obtidas em papel; utilização de técnicas de realce que melhoram a qualidade visual dos dados originais, aplicação de técnicas de classificação digital; integração de produtos de diferentes sensores; maior objetividade na análise dos dados através de parâmetros estatísticos; maior facilidade na análise multitemporal dos dados; e maior rapidez no tratamento dos dados.

2.2.2 - PRODUTOS DO SATÉLITE SPOT

Os sensores HRV-1 e HRV-2 (Haute Resolution Visible) fornecem dados multiespectrais e pancromáticos com resolução de 20 m e 10 mm, respectivamente.

No modo multiespectral, as observações são feitas em três bandas espectrais e no pancromático, em uma única banda espectral.

Os dados SPOT estão disponíveis em bandas individuais ou composições coloridas formadas por duas bandas no visível e uma banda no infravermelho.

Além da melhora da resolução em relação aos dados orbitais existentes, os dados SPOT possibilitam uma visão estereoscópica destes dados.

As formas de apresentação dos dados são semelhantes às dos produtos LANDSAT como transparências positivas, cópia fotográfica e fitas compatíveis com computador (CCTs).

CAPÍTULO 3

SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO DE USO DA TERRA

3.1 - O OBJETO DO USO DE UM SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO

Para a realização do mapeamento de uso da terra em grande escala, seria conveniente que se dispusesse de um sistema de classificação de cobertura e uso da terra que facilitasse a padronização de levantamentos de dados e a integração destas atividades por parte de diferentes agentes.

Na prática, os levantamentos de uso da terra têm sido realizados por diferentes órgãos governamentais para fins específicos, o que tem resultado em produto de pouco ou nenhum valor para finalidades semelhantes, ou incompatíveis para vários tipos de aplicações.

Embora, conforme apontado por especialistas da área, não exista uma classificação de uso da terra que seja única e ideal e que atenda a diferentes objetivos, e haja pouca probabilidade de desenvolver tal taxionomia, esforços têm sido empreendidos para elaborar um sistema de classificação abrangente que, com algumas adaptações em face das realidades locais, permita a compatibilização dos diferentes levantamentos realizados em espaços e tempos distintos.

3.2 - SISTEMA DE UTILIZAÇÃO DA TERRA PROPOSTO PELA UGI
(UNIÃO GEOGRÁFICA INTERNACIONAL)

Em 1949 foi criada a comissão de levantamento da utilização da terra no mundo (ligada a UGI), que estabeleceu uma classificação cujo principal objetivo foi permitir registrar o uso atual da terra em diferentes partes do globo através de um sistema uniforme de categorização.

O sistema de classificação elaborado baseia-se essencialmente na realização de trabalho de campo, não se excluindo o uso de outros materiais básicos como as fotografias aéreas e os mosaicos.

Embora a classificação proposta seja muito geral para estudos detalhados, foi reconhecido pela comissão que a classificação básica pode ser ampliada de acordo com as necessidades locais e com a escala dos mapas a serem elaborados.

A classificação proposta pela UGI apresenta as seguintes categorias de uso da terra com suas respectivas descrições conforme Keller (1969):

1) Estabelecimentos humanos e áreas associadas não agrícolas

Abrangem as áreas ocupadas pelas cidades e pelos estabelecimentos industriais. Nas áreas ou nos países desenvolvidos, quando se dispõe de mapas de grande escala, deve-se distinguir entre diferentes tipos de estabelecimento. De acordo com as necessidades, podem ser

usadas classificações locais para distinguir os diferentes aspectos do uso do solo urbano das zonas funcionais.

As áreas de mineração, que incluem as terras devastadas por esta atividade são indicadas nesta classe.

2) Horticultura

Esta categoria pode ser usada para incluir todos os cultivos intensivos de hortaliças e frutas (não-arbóreas). Se as hortaliças são plantadas em rotação com cultivos comuns, a área pode ser mapeada como da categoria 4 (cultivos anuais).

3) Culturas arbóreas e outras culturas perenes

Uma grande gama de cultivos é abrangida por esta categoria e pode diferir muito de uma para outra parte do globo, de modo que em cada levantamento as culturas devem ser indicadas por seus nomes ou por meio de símbolos. Aqui se incluem, além dos cultivos arbóreos permanentes, também as culturas perenes feitas sem rotação, como o sisal. A cana-de-açúcar ou a alfafa, embora plantadas no mesmo terreno por vários anos, devem ser incluídas na categoria 4.

4) Cultivos anuais

a) **Cultivos contínuos ou de rotação**

b) **Rotação de terras**

Esta categoria abrange tanto as terras aradas como as cultivadas manualmente. Por cultura contínua entende-se, por exemplo, a do arroz, que frequentemente é o

único cultivo feito anos seguidos na mesma terra, como também a cana-de-açúcar e monoculturas como o trigo e o milho. Nos cultivos de rotação incluem-se aqueles feitos segundo uma rotação fixa ou variável, que abrange forragens, alfafa, gramíneas, que podem ocupar a terra por dois ou três anos.

A rotação de cultura inclui também os pousios regulares, nos quais a terra permanece em descanso por pequeno período (não excedente a três anos).

Por rotação de terras entende-se o sistema no qual os cultivos são feitos por poucos anos, e, em seguida, a terra é deixada em descanso por um longo período, antes que a vegetação secundária então desenvolvida seja derrubada e a terra seja novamente cultivada.

5) Pastagens permanentes plantadas ou pastagens naturais melhoradas

Incluem-se nesta categoria, além das pastagens plantadas, as pastagens melhoradas por adubação, calagem ou sementeira. As pastagens podem ser de pastoreio direto ou cortadas para feno.

6) Pastagens naturais não-melhoradas

São pastagens de criação extensiva. Não são fertilizadas, embora possam ser periodicamente queimadas. A vegetação é nativa, embora suas características tenham sido modificadas pelo pastoreio ou ocasionalmente pela introdução de plantas não-locais.

7) Florestas

Devem ser distinguidas as diferentes categorias, de acordo com o caráter morfológico da floresta, independentemente da idade das árvores.

- a) **Florestas densas:** são florestas onde as copas das árvores se tocam.
- b) **Florestas abertas:** são florestas onde as copas das árvores não se tocam, e se desenvolve uma vegetação de gramíneas ou outra vegetação herbácea. Se as árvores são muito esparsas, tais áreas entram na categoria 6.
- c) **"Scrub"** (vegetação composta de arbustos com caules múltiplos de 0,5 a 5 metros de altura).
- d) **Florestas paludosas.**
- e) **Florestas com cultivo subsidiário.**

Nesta subcategoria incluem-se as áreas de cultura itinerante, onde as matas são derrubadas em longos períodos para cultivo.

As diferentes espécies de florestas (densas, abertas, "scrub") podem ser subdivididas em: (p) perenifólias, (sd) semi-decíduas, (d) decíduas, (c) coníferas, (m) mistas, de coníferas e espécies decíduas., etc.

Se possível, devem-se também indicar as espécies dominantes e o tipo de sub-bosque, bem como as áreas de florestas comercialmente exploradas.

8) Áreas pantanosas (não-florestais)

9) Terras improdutivas

Uma grande variedade de terras está incluída nesta categoria, como as áreas rochosas, os areais, as dunas movediças, etc. Usos potenciais, como terras aproveitáveis mediante irrigação, devem ser indicados.

3.3 - SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE USO DA TERRA E DO REVESTIMENTO DO SOLO PARA UTILIZAÇÃO COM DADOS DE SENSORES REMOTOS.

Com o desenvolvimento das tecnologias de sensoriamento remoto através de novas técnicas de obtenção de dados, surge um novo parâmetro a ser considerado na criação de um sistema de classificação de uso da terra que considere tanto os dados de fontes convencionais quanto os de sensores remotos localizados em aviões ou satélites.

Neste sentido, foi desenvolvido nos EUA por Anderson et al. (1971) um sistema de classificação que abrange diferentes níveis de detalhamento para as categorias de uso da terra, para que se tornem compatíveis com as características dos dados obtidos por diferentes sistemas sensores, cujos produtos em escalas variadas são utilizados por órgãos regionais, estaduais e locais.

Assim sendo, Anderson et al. (1979) relacionou a cada nível de classificação os tipos de dados de sensoriamento remoto a serem utilizados (Tabela 3.1).

TABELA 3.1

SISTEMA DE USO DA TERRA E REVESTIMENTO DO SOLO PARA
UTILIZAÇÃO COM DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

NÍVEL I	NÍVEL II
1 Terra Urbana ou Construída	11 Residencial.
	12 Comercial e Serviços.
	13 Industrial.
	14 Transportes, Comunicações e Utilidades.
	15 Complexos Industriais e Comerciais.
	16 Terra Urbana ou Construída Mista.
	17 Terra Urbana Diversas ou Construída.
2 Terra Agrícola	21 Terra de Cultura e Pastagem Plantada.
	22 Pomares, Bosques, Vinhedos, Viveiros e Áreas de Horticultura Ornamental.
	23 Atividades de Criação Confinada.
	24 Outros tipos de Terra Agrícola.
3 Campo Natural	31 Pastagem Herbácea.
	32 Pastagem com Arbusto e Carrasco.
	33 Pastagem Mista.
4 Terra Florestal	41 Terra de Floresta Decídua.
	42 Terra de Floresta Sempre verde.
	43 Terra de Floresta Mista.
5 Água	51 Cursos d'água e Canais.
	52 Lagos.
	53 Reservatórios.
	54 Baías e Estuários.
6 Terra Úmida	61 Terra Úmida Florestada.
	62 Terra Úmida Não Florestada.
7 Terra Árida	71 Planícies Salgadas Secas.
	72 Praias.
	73 Outras Áreas de Areia que não Praias.
	74 Rocha Nua Exposta.
	75 Minas e céu-aberto, Pedreiras e Minas de Cascalho.
	76 Áreas de transição.
	77 Terra Árida Mista.
8 Tundra	81 Tundra de Arbustos e Macega.
	82 Tundra Herbácea.
	83 Tundra de Solo Nú.
	84 Tundra Úmida.
	85 Tundra Mista.
9 Neve ou Gelo Perene	91 Campos de Neve Perene.
	92 Geleiras.

NOTA: Nível de Classificação

Características típicas dos dados

- | | |
|------------|---|
| I | Tipo de dados LANDSAT (anteriormente ERTS). |
| II | Dados de grande altitude, a 12.400 m ou mais (escala menor que 1:80.000). |
| III | Dados de altitude média tomados entre 1300 e 12.400 m (escala 1:20.000 a 1:80.000). |
| IV | Dados de baixa altitude tomados a menos de 3.100 m (escala mais que 1:20.000). |

Na Tabela 3.1 apresenta-se a parte do sistema de classificação compatível com dados de satélite e aeronave proposto por estes especialistas. Observa-se que este sistema foi desenvolvido para a realidade americana, que se adapta melhor a países de clima temperado, e que sua aplicação em outros países pode exigir adaptações quanto às classes a serem mapeadas.

Para melhor compreensão das classes relacionadas na Tabela 3.1 são apresentadas, a seguir descrições gerais das mesmas, baseadas nas descrições elaboradas pelos citados autores.

3.3.1 - TERRA URBANA OU CONSTRUÍDA

Incluem-se nesta categoria as metrópoles; cidades; vilas; áreas de rodovia; serviços de transporte, energia e comunicações; e áreas ocupada por fábricas, shopping centers, complexos industriais e comerciais, e instituições que podem, em alguns casos, encontrar-se isoladas das áreas urbanas.

Terras situadas no meio de áreas urbanas ou construídas, geralmente são incluídas nessa categoria. Terra agrícola, florestas, terra úmida, ou coleções d'água na borda de áreas urbanas ou construídas não serão incluídas, a não ser quando cercadas ou dominadas pelo desenvolvimento urbano. A categoria urbana ou construída tem precedência sobre outras quando ocorre o critério para mais de uma categoria. Por exemplo, áreas residenciais que apresentam cobertura arbórea suficiente para atingir o critério de terra florestal serão incluídas na categoria residencial.

1) Residencial

O uso residencial abrange áreas de alta densidade até áreas de ocupação rarefeita na periferia da cidade. São também incluídas nesta classe as áreas residenciais lineares ao longo de auto-estradas, ao longo de praias, subdivisões residências rurais e de recreação.

2) Comercial e serviços

Os componentes da categoria comercial e serviços são distritos de negócios dos centros urbanos; shopping centers, geralmente em áreas suburbanas e periféricas; faixas de desenvolvimento comercial ao longo das principais rodovias e vias de acesso às cidades; depósitos de sucata; e assim por diante. As construções principais, estruturas secundárias e áreas de suporte ao uso básico são todas incluídas - escritórios, armazéns, estradas, galpões, estacionamentos, áreas paisagísticas e áreas de depósito de refugos.

Áreas comerciais podem incluir alguns usos não-comerciais, pequenos demais para ser individualizados. Distritos centrais de negócios comumente incluem algumas instituições como igrejas e escolas, e as faixas de desenvolvimento comercial podem compreender algumas unidades residenciais. Quando esses usos não-comerciais excedem em um terço o total da área comercial, deve-se usar a categoria urbana mista e construída.

Usos institucionais da terra - tais como são as instalações educacionais, religiosas, de saúde, correcionais e militares - são também componentes desta categoria.

3) Industrial

As áreas industriais compreendem uma ampla variedade de usos da terra, desde indústrias leves até usinas de indústria pesada. A identificação de indústrias leves pode, com frequência, basear-se no tipo de construção, estacionamento e procedimentos de embarque. As áreas de indústrias leves podem, embora não necessariamente, encontrar-se em contato com áreas urbanas; muitas se encontram agora ao lado de aeroportos ou mesmo no campo. As indústrias pesadas incluem usinas de aço, fábricas de polpa e serrarias, usinas geradoras de energia elétrica, refinarias de petróleo e áreas de tanques de depósito, fábricas de produtos químicos e olarias. As áreas de depósitos de matérias primas e as de refugos são geralmente visíveis, juntamente com os serviços de transporte próprios para a manipulação de materiais pesados.

As estruturas de superfície relacionadas com as operações de mineração incluem-se nesta categoria.

4) Transporte, comunicações e utilidades

Os usos da terra incluídos na categoria transportes, comunicações, e utilidades ocorrem, numa certa proporção, em todas as demais categorias urbana ou construída, e podem mesmo ser encontrados em muitas outras categorias. A não ser que possam ser mapeados separadamente, seja qual for a escala que estiver sendo utilizada são, geralmente, considerados como parte integral do uso da terra na qual ocorram.

As rodovias e ferrovias se caracterizam por áreas de atividade relacionadas em esquemas lineares. As rodovias incluem direitos de passagem, áreas usadas para intercâmbios e facilidades de serviço e terminais. Instalações de estrada de ferro incluem estações, áreas de estacionamento, oficinas, pátios de reparos e de manobras, e áreas relacionadas, bem como conexões de linhas férreas e desvios de dimensão suficientes para serem delineados na escala mapeada.

Aeroportos, portos marítimos e os portos nos lagos são áreas isoladas de intensa utilização, geralmente sem conexões intervenientes bem definidas, embora alguns portos sejam ligados por canais. Instalações de aeroportos incluem as pistas, as áreas de manobra, terminais, construções de serviço, auxílios a navegação, pátios de estacionamento, e uma zona de proteção intermediária limitada. As instalações dos terminais geralmente incluem as funções associadas de frete e armazenagem. Os pequenos aeroportos (exceto aqueles em terra agrícola em rotação), heliportos, terra associada com bases de hidroaviões podem ser identificados, caso a escala do mapeamento o permita. Áreas portuárias incluem docas, estaleiros, docas-secas, comportas e estruturas de controle de canais.

Áreas de comunicação e serviços, como as relacionadas com o processamento, tratamento e transporte de água, gás, óleo e eletricidade, bem como áreas utilizadas para comunicações aéreas, são também incluídas nesta categoria. Estações de bombeamento, subestações elétricas e áreas utilizadas para antenas de rádio, radar ou televisão constituem os principais tipos.

5 - Complexos industriais e comerciais

A categoria de complexos industriais e comerciais inclui os usos industriais e comerciais da terra que, tipicamente, ocorrem juntos ou em proximidade funcional íntima. Tais áreas são geralmente descritas sob a denominação de "Parque Industrial", mas desde que funções tais como armazenagem, vendas por atacado e, ocasionalmente, a varejo, podem existir nas mesmas estruturas ou em sua proximidade, foi adotado esse título de categoria mais inclusivo.

Complexos industriais e comerciais apresentam um tipo definido de imagens por sensoriamento remoto, que permite sua separação de outros usos urbano ou construído da terra.

6 - Terra urbana, mista ou construída

A categoria urbana mista ou construída é utilizada para uma mistura de usos do nível II urbana ou construída, quando os usos individuais não podem ser separados na escala mapeada. Quando em uma certa área ocorre mais de um terço de intermistura de um ou mais usos, ela é classificada como terra urbana mista construída. Quando o uso ou usos intermisturados da terra totalizam menos de um terço da área específica, aplica-se a categoria apropriada ao uso dominante.

7 - Terra urbana, diversos ou construída

Terra urbana, diversos ou construída consiste tipicamente em usos como golfe, pista de corrida, zoológicos, parques urbanos, cemitérios, aterros de lixo, estruturas de abastecimento d'água e vertedouros. Uma terra

não construída pode estar sujeita a uso muito intensivo, porém que não requeira estrutura. O uso de expressões como "terra improdutiva", "terra descoberta" deve ser evitados ao se categorizar terras não-trabalhadas na região urbana, quando se utilizam dados de sensoriamento remoto, uma vez que a informação disponível, para o interprete, geralmente não é suficiente para tal refinamento na categorização.

3.3.2 - TERRA AGRÍCOLA

De maneira ampla, a terra agrícola pode ser definida como terra utilizada basicamente para produção de alimentos e fibras. Nas imagens de grande altitude, as principais indicações de atividade agrícola são os desenhos geométricos característicos dos campos e estradas na paisagem e as trilhas feitas pelo gado e pelo equipamento mecanizado. No entanto, pastagens e outras terras, onde tais equipamentos são utilizados com pouca frequência, podem não apresentar formas tão definidas como outras áreas.

Alguns usos urbanos da terra, tais como parques e grandes cemitérios, podem no entanto, ser confundidos com terra agrícola, especialmente quando eles ocorrem na periferia das áreas urbanas.

1 - Terra de cultivo e pastagem

Os diferentes componentes de terra de cultivo e pastagem, agora usados para estatística agrícola, incluem: terra de cultura colhida que inclui fruteiras arbustivas, terra de cultura estival e terra de cultivo improdutiva, terra onde houve fracasso na cultura, terra de cultura de gramíneas e leguminosas para melhoramento do solo, terra de cultivo utilizada para pastagem em rotação

com culturas e pastagem em terra usada mais ou menos permanentemente para esse fim. Geralmente não é possível, a partir somente das imagens, fazer a distinção entre terra e cultivo e pastagem, com um alto grau de precisão e uniformidade, ficando, apenas uma distinção entre os vários componentes de terra de cultivo (Hardy, et al., 1971). Ainda mais, alguns dos componentes relacionados mostram a condição da terra no fim da estação de cultivo e não se aplicam exatamente às imagens tiradas em outras épocas do ano.

2 - Pomares, bosques, vinhedos, viveiros e áreas de horticultura ornamental

Os pomares, bosques e vinhedos produzem as diferentes colheitas de frutas e nozes. As áreas de viveiros e hortícolas, que incluem áreas de floricultura e de sementes e grama, bem como algumas estufas, são também classificadas neste tema. Os viveiros de árvores, que produzem mudas para reflorestamento, são também incluídos aqui.

3 - Atividades de criação confinada

As atividades de criação confinada são grandes negócios de produção especializada de animais, geralmente lotes para engorda de gado de corte, atividades leiteiras com alimentação confinada e grandes fazendas avícolas, incluem também, lotes para engorda de porcos. Essas atividades compreendem grandes populações animais restritas a pequenas áreas.

As atividades de criação confinada apresentam uma aparência construída, composta principalmente de construções, muitas cercas, caminhos de

acesso e áreas para lançamento de refugos. Algumas se localizam próximo a uma área urbana, para usufruir de facilidades de transportes e proximidade das fábricas de processamento.

Excluem-se os currais de embarque e outras instalações temporárias de manejo. Certas ocorrências, como fazendas de criação de cavalos de raça, geralmente não apresentam densidade de população animal que justifique sua colocação nesta categoria.

4 - Outros tipos da terra Agrícola

Outros usos da terra, tipicamente às três primeiras categorias de terra agrícola, constituem os principais componentes da categoria outros tipos de terra agrícola. Eles incluem fazendas, currais, instalações para criação e treinamento em fazendas de cavalos, caminhos e estradas rurais, valas e canais, laguinhos nas fazendas e usos semelhantes. Essas ocorrências são em geral muito pequenas em área e, com frequência, não-interpretáveis por ocasião do uso de dados de grande altitude. Mesmo quando elas são interpretáveis a partir desses dados, pode não ser viável mapeá-las nas escalas menores de apresentação, o que geralmente resulta em sua inclusão nas áreas adjacentes de uso agrícola. Esta categoria deve também ser utilizada para a agregação de dados de uso da terra obtidos em níveis mais detalhados de classificação.

3.3.3 - CAMPOS NATURAIS

Esta classe é definida como a área na qual a vegetação natural potencial é predominantemente de gramíneas, graminóide, outras ervas ou arbustos. Em alguns

casos nestes campos podem ter sido introduzida algumas espécies de plantas domésticas.

1) Pastagem herbácea (campo limpo)

Esta categoria compreende terra ocupada por gramíneas de ocorrência natural e outras ervas pastáveis.

2) Pastagem de arbustos (campo sujo)

Correspondem a áreas com dominância de arbustos e são caracterizados por tipos vegetativos com caules lenhosos. Muitas dessas áreas são ocupadas por gado de forma extensiva.

3) Pastagem mista

Esta classe é resultante da ocorrência de mais de um terço de intermistura de espécies herbáceas e arbustos numa determinada área.

3.3.4 - TERRA FLORESTAL

São consideradas como terra florestal as áreas que apresentam pelo menos 10% de árvores produtoras de madeira ou outros produtos florestais. Inclui florestas naturais, áreas de corte de madeira dentro de áreas de florestas, áreas reflorestadas.

Estas áreas podem ser identificadas com facilidade, embora o limite entre elas e outras categorias possa apresentar problemas no seu delineamento.

No nível II a terra florestal é dividida em três categorias: florestas decídua, floresta sempre-verde e floresta mista.

1) Floresta decídua

A categoria floresta decídua inclui todas as áreas florestais que apresentam predominância de árvores que perdem suas folhas no final da estação livre de geada, ou no início de uma estação seca.

2) Floresta sempre-verde

A terra de floresta sempre-verde inclui todas as áreas florestais nas quais predominam as árvores que permanecem verdes durante o ano todo. Nesta categoria se incluem tanto as árvores coníferas como latifoliadas sempre-verde.

3) Floresta mista

A terra de floresta mista inclui todas as áreas florestais onde ocorrem tanto árvores sempre-verdes como decíduas, sem que nenhuma predomine. Quando mais de um terço de mistura de sempre-verdes e decíduas ocorre em determinada área, ela é classificada como floresta mista. Quando o uso misto da terra ou usos totaliza menos de um terço da área em questão, aplica-se a categoria própria do tipo dominante de terra florestal, seja decídua ou sempre-verde.

3.3.5 - ÁGUA

O delineamento das áreas de água depende da escala de apresentação dos dados e da resolução dos

sistemas sensores utilizados. Inclui tanto os corpos lineares como os de superfície.

1) Cursos d'água e canais

A categoria cursos d'água e canais inclui rios, riachos, canais e outros corpos d'água lineares. Quando o curso d'água for interrompido por uma estrutura de controle, a área represada será colocada na categoria de reservatórios.

2) Lagos

Os lagos são corpos d'água naturalmente fechados e não em movimento, incluindo lagos naturais regulados, porém excluindo reservatórios. Ilhas muito pequenas para serem delineadas devem ser incluídos na área d'água. O delineamento de um lago deverá ser baseado na área do espelho d'água, na ocasião em que for obtido o dado do sensor remoto.

3) Reservatórios

Reservatórios são represamentos artificiais d'água utilizados para irrigação, controle de enchentes, fornecimentos municipais d'água, geração de energia hidrelétrica, etc. As represas, diques, outras estruturas de controle d'água, ou a própria escavação geralmente aparecerão de forma a auxiliar na identificação, embora as próprias estruturas de controle d'água e vertedouros sejam incluídos na categoria urbana diversos ou construída.

4) Baías e estuários

Baías e estuários são penetrações ou braços do mar que se estendem terra adentro. Eles são incluídos neste sistema apenas quando considerados como água interior à massa da terra.

3.3.6 - TERRAS UMIDAS

Terras úmidas são as áreas onde o lençol d'água se encontra na superfície ou está próxima, ou acima da superfície da terra durante grande parte do tempo. O regime hídrico é tal que geralmente se estabelece uma vegetação aquática ou hidrofítica, embora os planos aluvial e de marés possam se apresentar sem vegetação. As terras úmidas encontram-se frequentemente associadas às depressões topográficas, mesmo nas regiões montanhosas. Os exemplos de terras úmidas compreendem brejos, lodaçais e pântanos, situados nas margens rasas de baías, lagos, lagoas, cursos d'água e represamentos feitos pelo homem, como os reservatórios. Elas incluem campinas úmidas ou charcos em vales de altas montanhas, depressões inundadas dos desertos, ou panelões sem água superficial vertente.

Extensas partes das várzeas inundáveis de alguns rios qualificam-se como terras úmidas, assim como áreas regularmente inundadas por irrigação.

As categorias do nível II de terra úmida são terra úmida florestada e terra úmida não-florestada.

1) Terra Úmida Florestada

Terras úmidas florestadas são terras úmidas dominadas por vegetação florestal. Terra úmida florestal

inclui latifoliadas de baixadas inundadas estacionalmente, pântanos com manguesal, pântanos arbustivos e pântanos com vegetação lenhosa, inclusive aquela em redor dos brejos.

Uma vez que as terras úmidas florestadas podem ser identificadas e mapeadas através do uso de imagens sazonais (inverno/verão) e visto que o delineamento das terras úmidas florestadas é necessário a várias atividades de planejamento ambiental, elas são separadas de outras categorias de terra florestal.

2) Terra úmida não-florestada

As terras úmidas não-florestadas são dominadas por vegetação herbácea de solos úmidos ou são desprovidas de vegetação. Essa terras úmidas incluem pântanos sujeitos ou não às marés de água doce ou salobra e salgadas, além de extensões não-navegáveis e também várzea de água-doce, campinas úmidas e brejos.

3.3.7 - TERRAS ÁRIDAS

Terra árida é terra com capacidade limitada para manter a vida e na qual menos de um terço da área apresenta vegetação ou outra cobertura. Em geral, é uma área de solo raso, areia ou pedras. A vegetação, quando presente, é mais rala e de pequeno porte do que aquela da categoria de pastagens de arbustos e carrasco. Condições pouco usuais tais como uma forte chuva, ocasionalmente dão como resultado o crescimento de uma cobertura vegetal mais luxuriante e de vida efêmera.

Quando o uso anterior e o uso futuro não podem ser discernidos e a área encontra-se, obviamente, em

fase de transição de uso da terra, ela é considerada como terra árida para evitar erros de interpretação.

As categorias de terra árida no nível II são: planícies salgadas secas, praias, outras áreas de areia que não praias, rocha nua exposta; minas a céu aberto; pedreiras e minas de cascalho; áreas de transição; e terra árida mista.

1) Planícies salgadas secas

As planícies salgadas ocorrem nos fundos planos de bacias de desertos interiores, que não se qualificam como terra úmida.

Nas fotografias aéreas as planícies salgadas secas tendem a aparecer brancas ou com tonalidades claras, devido à alta concentração de sais na superfície, uma vez que a água evaporou-se, dando como resultado um albedo maior que o das ocorrências adjacentes do deserto.

2) Praias

Praias são o acúmulo inclinado e liso de areia e cascalho, ao longo da linha do litoral.

3) Outras áreas de areia que não praias

Outras áreas de areia que não praias são compostas, em primeiro lugar, por dunas - acumulações de areia transportada pelo vento. Os acúmulos de areia são mais frequentemente encontrados em desertos, embora também ocorram nas planícies costeiras, várzeas inundáveis de rios e deltas e em ambientes periglaciais.

4) Rocha nua exposta

A categoria rocha nua exposta inclui área de leito rochoso exposto, pavimento desértico, escarpas, taludes encostas, material vulcânico, glaciares rochosos e outros acúmulos de rochas sem cobertura vegetal, com exceção das exposições rochosas que ocorrem nas regiões de tundra.

5) Minas a céu aberto, pedreiras e minas de cascalho

Tais atividades extrativas de mineração, que apresentam expressão significativa na superfície, são incluídas nesta categoria. A cobertura vegetal e o material de recobrimento são removidos a fim de expor os depósitos de carvão, minério de ferro, calcário e cobre. A mineração de pedra para construção e decoração, bem como extração de depósitos de areia e cascalho, também resultam em grandes minas a céu aberto. A atividade comum de mineração não é sempre distinguível, e minas a céu aberto inativas, abandonadas, e ativas, pedreiras, minas de perfuração e minerações de cascalho se incluem nesta categoria até que se estabeleça outra cobertura ou utilização.

6) Áreas de transição

A categoria áreas de transição destina-se às áreas que se encontram em transição de uma atividade de uso da terra para outra. Elas se caracterizam pela falta de qualquer informação de sensoriamento remoto que torne possível ao intérprete predizer, com segurança, o uso futuro ou discernir o uso passado.

7) Terra árida mista

A categoria terra árida mista é utilizada quando ocorre uma mistura de aspectos de terra árida, e o uso dominante da terra ocupa menos de dois terços da área.

As classes subsequentes serão apresentadas apenas de maneira breve, para completar o quadro proposto por Anderson et al. (1979), uma vez que se referem aos usos de ocorrência nos países de clima temperado a frio e em região de clima frio associado à altitude.

3.3.8 - TUNDRA

Tundra é o termo aplicado às regiões desprovidas de árvores, além do limite da floresta boreal e acima do limite altitudinal das árvores nas cadeias de alta montanhas.

A cobertura vegetal da tundra é baixa, enfezada, e com frequência forma um tapete contínuo. A vegetação da tundra consiste principalmente em gramíneas, ciperáceas, pequenas árvores florísticas, arbustos baixos, líquens e musgos.

São as seguintes as categorias no nível II de tundra, baseadas principalmente no que é interpretável a partir do que aparece nas imagens de sensores remotos: tundra de arbustos e macega, tundra herbácea, tundra de solo nu, tundra úmida e tundra mista.

1) Tundra de arbusto e macega

A categorização tundra de arbustos e macega é composta pelos vários arbustos lenhosos e tufo de macega encontrados no meio ambiente da tundra.

2) Tundra herbácea

A tundra herbácea é composta por vários ciperáceas, gramíneas, ervas pastáveis, líquens e musgos, todos desprovidos de caules lenhosos.

3) Tundra de solo nu

A categoria tundra de solo nu destina-se às ocorrências de tundra que vegetam em menos de um terço da área. Ela geralmente consiste em sítios visualmente dominados por áreas extensas de rocha nua exposta, areia, ou cascalhos intercalado com plantas baixas herbáceas ou arbustivas. Esse tipo de tundra é indicativo da tensão ambiental mais rigorosa; geralmente ocorre em direção ao pólo das áreas que apresentam as formas herbáceas e arbustivas mais luxuriantes, e nas cadeias de altas montanhas.

4) Tundra úmida

A tundra úmida é geralmente encontrada em áreas que apresentam pouco relevo topográfico. Este tipo de vegetação encontra-se associado à presença de águas paradas, nos meses em que a temperatura fica acima do ponto de congelamento; lagos rasos; solos de permafrost.

5) Tundra mista

A categoria tundra mista é aplicada a uma mistura das ocorrências de tundra no nível II, onde qualquer tipo de vegetação em particular ocupe menos de dois terços de área da unidade de mapeamento.

3.3.9 - NEVE OU GELO PERENE

Certas terras apresentam uma cobertura perene de neve ou de gelo, devido a uma combinação de fatores ambientais que permite que ela subsista ao degelo do verão. Nessas condições, elas persistem como ocorrências relativamente permanentes na paisagem e podem ser usadas como alternativas do meio ambiente.

Nessas áreas ocorre o acúmulo de neve, de neve granulada, compactada, ou de gelo.

Uma subdivisão do nível II em categoria de campos de neve perenes e geleiras parece adequada para utilização com dados de sensoriamento remoto. Tal subdivisão se baseia na forma da superfície e na presença ou ausência de características indicadas do curso glacial.

1) Campos de neve perenes

Campos de neve perenes são acúmulos de neve e de neve granulada compactada que não derretem completamente nos verões anteriores. Os campos de neve podem ser bastante extensos e, assim, representar um clima regional; ou podem ser bastante isolados e localizados, quando então são conhecidos por denominações diversas, tais como bancos de neve.

2) Geleiras

O gelo glacial se origina da compactação da neve em grânulos e, finalmente, em gelo, sob o peso e diversas acumulações anuais sucessivas.

CAPÍTULO 4

ELABORAÇÃO DE CHAVES DE INTERPRETAÇÃO

4.1 - CONCEITUAÇÃO E PROPÓSITO DAS CHAVES DE INTERPRETAÇÃO

A chave de interpretação consiste na descrição do conjunto de elementos de fotointerpretação que carecterizam um determinado alvo da superfície da terra. No caso específico deste texto, interessam as chaves de interpretação voltadas para o mapeamento de uso da terra que permite o levantamento de diferentes classes de uso da terra compatíveis com a legenda adotada e o produto de sensoriamento utilizado.

Segundo Avery (1977) a chave de interpretação é o uso de um guia, que ajuda os fotointerpretes a identificar rapidamente as características de determinados alvos nas fotografias. Esta chave baseia-se na descrição e ilustração de objetos de determinadas categorias.

O primeiro propósito da chave de interpretação é a identificação de alvos da superfície terrestre de forma mais precisa e objetiva. Assim sendo, o uso de chaves de interpretação através de procedimentos sistematizados visa obter o mesmo resultado com diferentes interpretes, ou o mesmo fotointerprete em ocasiões diferentes, utilizando o mesmo produto de sensoriamento remoto.

Um dos tipos de chaves de interpretação mais utilizado é o que apresenta uma descrição dos objetos conforme sua aparência e ocorrência no terreno, seguido

de uma descrição de como são percebidos através das fotografias aéreas. Neste caso são utilizadas, além da descrição dos objetos no terreno e na foto, ilustrações deles em ambas as situações.

As chaves de interpretação variam conforme o produto de sensoriamento remoto utilizado, uma vez que, em função da resolução espacial, espectral e radiométrica do sistema sensor usado, diferentes fatores guias são gerados para auxiliar o fotointerprete.

Neste texto, apresentam-se como exemplo: chaves de identificação definidas para fotografias aéreas em branco e preto, em escala média, e imagens de satélite.

4.2 - ELEMENTOS DE RECONHECIMENTO EMPREGADOS NA IDENTIFICAÇÃO DA COBERTURA E DO USO DA TERRA ATRAVÉS DE FOTOGRAFIAS AÉREAS

As características mais importantes na interpretação de uso da terra através de fotografias aéreas são: forma, tamanho, sombra, tonalidade/cor, padrão, textura, localização e relação de aspectos.

4.2.1 - FORMA

A forma dos alvos registrados nas imagens fotográficas constitui um elemento bastante objetivo na fotointerpretação. Reconhecer na imagem a forma destes alvos é essencial. A forma relaciona-se com a configuração geral de um objeto. O elemento forma em fotointerpretação é função da escala. Sua maior ou menor significação depende de uma escala que permita a visualização das características morfológicas na imagem.

Nas imagens de pequena escala, a forma pode ser analisada a um nível mais genérico e oferece meios de reconhecer aspectos de superfície (geometria) como extensão de ocupação do solo, áreas reflorestadas, núcleos urbanos, redes viárias, bem como aspectos geológicos, geomorfológicos etc.

Nos produtos de sensoriamento remoto em grande escala a forma permite identificar estádios de futebol, aeroportos etc.

Existem basicamente duas classes de forma de objetos, ou seja, formas regulares e irregulares. As formas regulares são indicadoras de aspectos artificiais, de povoamentos de eucaliptos, pinus, áreas agrícolas. As formas irregulares, por outro lado, são indicadores de aspectos naturais e ocorrem na ausência de formas geométricas definidas, é o caso de matas naturais.

Em termos gerais de fotointerpretação, apresentam formas características os seguintes alvos:

- 1) **Cursos d'água** - linhas sinuosas contínuas de trajeto irregular que, segundo suas dimensões e escala de fotografia, podem apresentar ou não espelho d'água. Geralmente os cursos tributários atingem o principal, formando um ângulo cujo vértice aponta o sentido da corrente.
- 2) **Pântanos e alagadiços** - áreas com predominância de contornos curvilíneos, geralmente associadas a cursos d'água.
- 3) **Vegetação natural** - áreas de contornos irregulares e de aspecto variável, segundo o tipo e a idade.

- 4) **Culturas** - formas retangulares ou em faixas, de aspecto variável segundo a idade.

4.2.2 - TAMANHO

O tamanho dos objetos ou dos alvos que se pretende identificar sobre as imagens fotográficas constitui um fator de grande importância na sua identificação. Objetos de forma idêntica, em visão plana, podem ser distribuídos pelo seu tamanho relativo. Através do tamanho, por exemplo, distinguem-se vossorocas de sulcos de erosão, grandes avenidas, para tráfego intenso, de ruas para tráfego de chegada, entre outros alvos. Na prática, no processo de fotointepretação as dimensões dos alvos a serem identificadas são comparadas às de alvos mais familiares. Trata-se, evidentemente, de um elemento que só é válido uma vez que se observa devidamente a escala da imagem.

4.2.3 - SOMBRA

Nas fotografias aéreas e imagens multiespectrais, as sombras são resultantes da iluminação oblíqua da superfície pelo Sol, no instante da tomada de registro pelos sensores. As sombras são úteis porque muitos objetos podem ser reconhecidos através delas. Por exemplo, pontes, chaminés, torres árvores, postes de iluminação. No caso de áreas agrícolas, plantas altas como, por exemplo, o milho ou a cana podem ser identificadas pela sombra ao longo das bordas dos campos de cultivo. Estas sombras constituem um elemento de fundamental importância quando se trabalha com imagens fotográficas de sensores orbitais, ou com mosaicos de radar, com os quais não se pode utilizar o recurso de estereoscopia (que propicia a visão

tridimensional), pois conferem a estas imagens a impressão de reprodução bastante aproximada da morfologia do terreno.

4.2.4 - TONALIDADE E COR

A tonalidade fotográfica é uma resposta da quantidade relativa da luz refletida ou da radiação emitida, que é registrada numa emulsão fotográfica. Esta tonalidade é um elemento essencial na interpretação de imagens, especialmente quando se trata das pancromáticas ou no infravermelho em preto branco. Nessas imagens a tonalidade constitui-se de gradações de cinza que variam do branco ao preto. Os termos claro, médio e escuro são usados para descrever as variações de tons.

Segundo U.S. Department of Defense (1954) a tonalidade fotográfica de um objeto é uma das melhores chaves, e muitas vezes a única, para sua identificação, sem a qual a forma dos objetos não poderia ser discernida.

A maior ou menor variação de tonalidade numa imagem é função do intervalo de sua densidade. Uma imagem caracterizada por uma maior variação de densidade apresentará contraste menos intenso, oferecendo maior variedade tonal e maiores possibilidades de interpretação. Evidentemente, a gradação de tons na imagem depende não apenas das características da emulsão e do processamento fotográfico, mas também da natureza do objeto imageado, formas, estrutura e orientação de sua superfície.

A tonalidade resulta, além da dimensão da superfície refletora, das propriedades físicas e químicas do objeto imageado. Cada objeto, de cor e superfície características, tem um padrão de reflectância definido. A tonalidade está sujeita a ampla variação, pois muitos

fatores interferem na sua definição. Portanto, sua utilização como elemento de interpretação fotográfica deve ser encarada com certo critério. A tonalidade fotográfica depende da luz que, por sua vez, depende da situação do objeto em relação à fonte de energia. Assim, a hora do dia, o mês do ano e a latitude local são variáveis que nela interferem.

A névoa atmosférica, por sua característica de difundir a luz, especialmente a de extremidade azul do espectro-eletromagnético, é um fator que causa grande interferência na tonalidade. Em um par de imagens fotográficas, uma lagoa pode aparecer com tonalidades totalmente diversas em cada uma. Os raios de luz que incidem sobre o espelho de água, devido à mudança da posição do avião entre duas tomadas de foto, sofrem variação de ângulo, modificando a reflectância do objeto.

A tonalidade, apesar de ser um elemento de interpretação limitado, é particularmente útil devido ao seu potencial de informação. Tem importância especial na identificação de tipos de vegetação, tipos de solo, natureza da sedimentação, entre outros aspectos. Em áreas tropicais, deve-se considerar o emprego da tonalidade fotográfica para interpretação de imagens com certas restrições. Tratando-se de vegetação natural ou cultivada, deve-se levar em consideração as condições climáticas tropicais e os sistemas agrários, os quais se caracterizam por aspectos de grande interferência na tonalidade (Grupo Executivo da Grande São Paulo, 1976).

A tonalidade, como elemento de interpretação, deve ser encarada mais como um fator de diferenciação relativa do que como um meio de identificação. Por outro lado, seu emprego terá melhores

resultados quando combinado com outros elementos como a textura e a forma.

A cor é uma propriedade que os materiais possuem de refletir raios de luz de um comprimento de onda particularmente dominante. Cromo, saturação e brilho são as três variáveis que a constituem; tais variáveis podem ser diferenciadas pelo ser humano através de 1000 unidades coloridas (American Society of Photogrammetry 1975).

A percepção de cor pelo olho humano é importante na identificação dos componentes de um ambiente natural. Objetos diferentes refletem, emitem e transmitem diferentes quantidades e comprimentos de onda de energia, que são gravadas como variações tonais policromáticas, ou como variações de densidade monocromática em uma imagem. As imagens fotográficas de cor verdadeira frequentemente facilitam a interpretação, pois fornecem ao fotointérprete uma visão mais completa do objeto em estudo.

Um outro ponto que deve ser abordado é o aumento que está havendo no uso de fotografias falsa cor ou fotografias de cor realçada, como uma forma de melhorar a interpretação. Fotografias coloridas no infravermelho e dispositivos de realce de imagem, tanto óticos como eletrônicos, podem produzir várias combinações de cores diferentes a partir de um conjunto de transparências em preto e branco. Para ampliar os detalhes e obter imagens de alta qualidade em pequena escala, ou para realçar contrastes tonais de pouca variação entre objetos, podem ser feitas filtragens ou combinações de várias faixas de imagens multiespectrais em preto e branco.

4.2.5 - PADRÃO

O padrão refere-se ao arranjo espacial dos objetos. A repetição de certas formas e seus relacionamentos estabelece padrões que ajudam à identificação de objetos através de fotointerpretação. Por exemplo, têm-se alguns padrões facilmente identificáveis como os aspectos retilíneos e ortogonais do traçado das ruas em áreas urbanas (correspondente ao tradicional traçado em "tabuleiro de xadrez"), padrões de rede de drenagem formado pelo arranjo dos rios e seus tributários (dentrítico, treliça, retangular, radial, anular, paralelo), traçado retilíneo e paralelo de canais de irrigação em áreas de cultura.

Alguns padrões que poderiam ser detectados somente através de exaustiva observação de campo são nitidamente visíveis nas imagens fotográficas. Alguns padrões em nosso ambiente são fundamentalmente naturais. Entretanto, existem poucas partes do mundo que não foram influenciadas pelo homem e muitos padrões visíveis, de uma perspectiva aérea, resulta da interação de fatores naturais e culturais.

4.2.6 - TEXTURA

O elemento textura é produzido pela agregação de unidades muito pequenas para serem identificadas individualmente, passando a ser analisadas em conjunto. Segundo Julesz (1975), para a percepção da textura são básicos os agrupamentos de pontos adjacentes.

A textura fotográfica pode ser definida como a frequência de mudanças de tons dentro de uma unidade de área. Segundo Haralick (1979) quando uma parcela de área

pequena de uma imagem tem diminuta variação dos componentes tonais primários, a propriedade dominante é a tonalidade. Quando uma parcela de área pequena tem grande variação dos componentes tonais primitivos, a propriedade dominante desta área é a textura. Ainda segundo o mesmo autor, uma textura caracteriza-se pelos elementos primários que a compõem e pela organização espacial destes componentes.

Com base nesta consideração fica mais fácil a compreensão das classificações texturais em grosseira, fina, uniforme, variada, mais densa, menos densa, mosqueada. Na textura grossa os elementos primários são maiores e nas finas são menores, o que gera padrões diferenciados de textura (Figura 4.1).

No caso das texturas uniformes e variadas, estas diferenciam-se quanto aos tipos de elementos primários que as compõem. Enquanto no primeiro caso os elementos são homogêneos e no segundo isto não ocorre, como mostrado na Figura 4.2. As texturas são mais ou menos densas em função do menor ou maior número de elementos texturais por unidade de área. Assim, a densidade de textura é o inverso da distância média entre os elementos texturais (Figura 4.3). No caso da textura mosqueada esta, é formada por elementos primários em forma de manchas (Figura 4.4). O tamanho real requerido para que um objeto influencie a textura aumenta com a diminuição da escala da imagem.

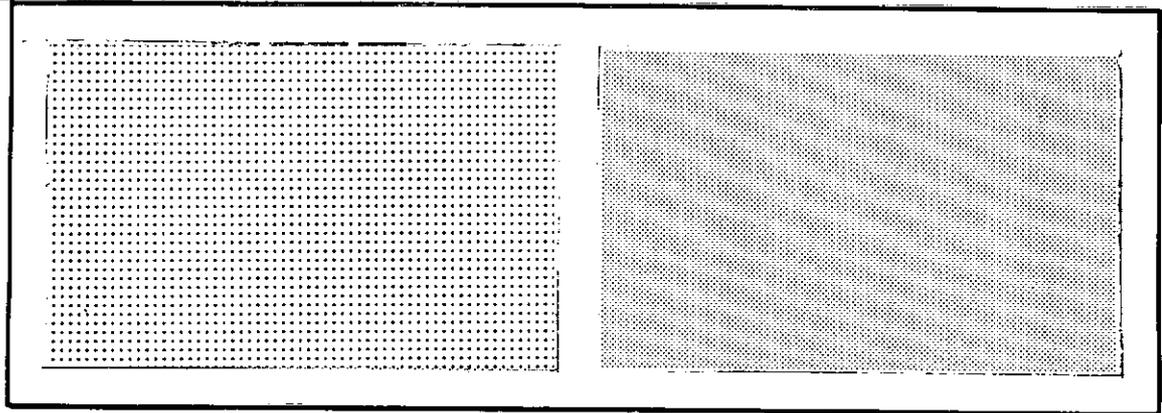


Fig. 4.1 - Exemplos de textura grosseira (esquerda) e fina (direita).

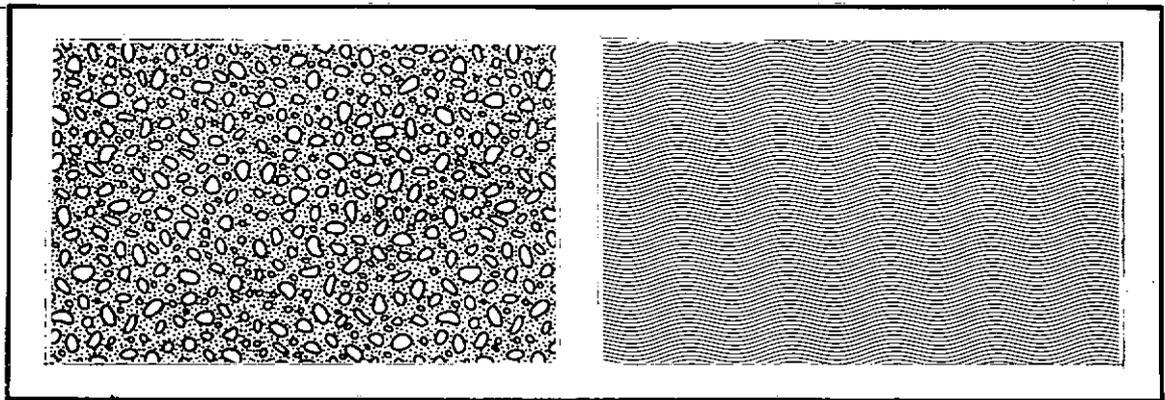


Fig. 4.2 - Exemplos de textura variada (esquerda) e uniforme (direita).

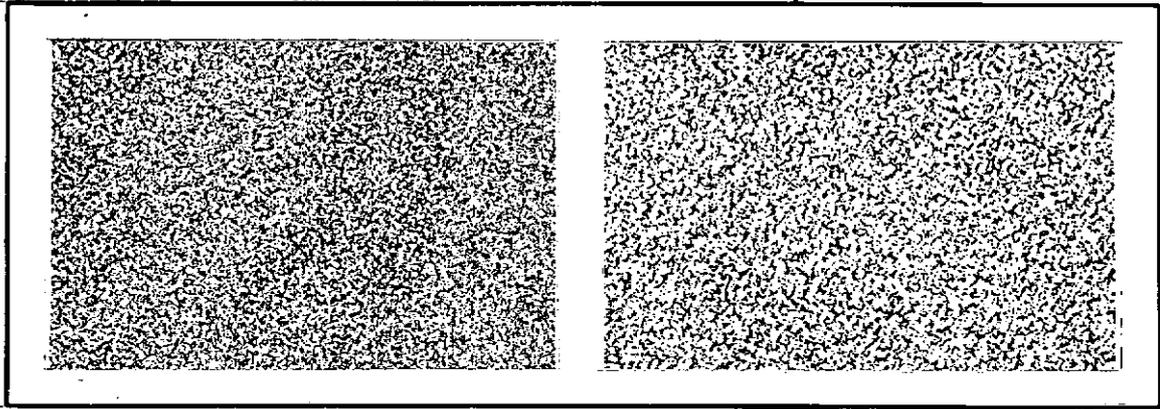


Fig. 4.3 - Exemplo de textura densa (esquerda) e menos densa (direita).

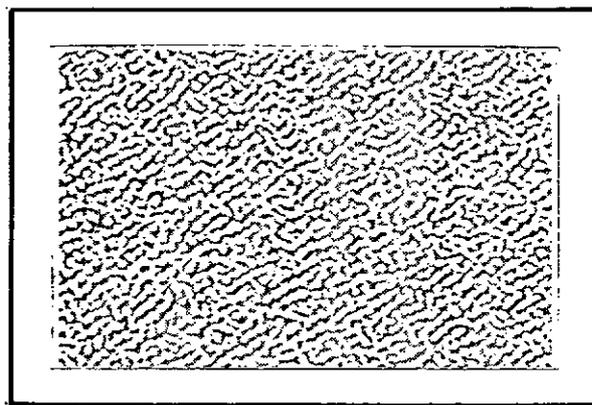


Fig. 4.4 - Exemplo de textura mosqueada.

4.2.7 - LOCALIZAÇÃO

A localização diz respeito à posição geográfica de um objeto. A localização é um elemento de reconhecimento que auxilia a interpretação à medida que se conhece, por exemplo, o clima, o tipo de vegetação, a influência humana etc. Sabendo-se que as imagens fotográficas são de uma zona de cerrado, a vegetação desta área não será confundida com a que aparece em imagens de outras áreas no Sul do País.

A localização de determinados objetos numa área urbanizada pode ser um elemento para sua identificação. Por exemplo, as áreas industriais tendem a se localizarem junto a vias de ligação externa da cidade.

Do mesmo modo a localização de um objeto em relação à topografia pode auxiliar o processo de interpretação. Por exemplo certos tipos de vegetação são característicos de determinados sítios geográficos como pântanos, bancos de areia. A partir da identificação do sítio topográfico diretamente na imagem, deduz-se o tipo de vegetação provável para a área.

4.2.8 - RELAÇÃO DE ASPECTOS

A relação de aspectos é um elemento básico para a fotorinterpretação. Consiste na correlação de fenômenos físicos, naturais e antrópicos. Assim, um tipo de vegetação pode ser um bom índice do tipo de solo e rocha subjacente impermeável. Um alinhamento de vegetação mais exuberante que se destaca numa área de cobertura vegetal menos densa é sinal de solo mais úmido. Isto pode significar presença de drenagem ou falha geológica. Ao reconhecer uma área de exploração de argila, pode se

deduzir que as edificações e depósitos próximos tratam-se de olarias. Uma vez identificado na imagem um determinado tipo de edificação, é fácil localizar outros por correlação de suas formas.

Conforme já apontado no início do presente capítulo, na interpretação visual de dados de uso da terra é importante a definição de chaves de interpretação para a caracterização dos diferentes usos a serem levantados. Estas chaves, definidas pela interação dos vários elementos que levam à interpretação de um dado fato presente na imagem fotográfica em análise, constituiu-se da descrição da imagem em termos de tonalidade, tamanho, forma, arranjo espacial, textura, ou outro elemento que dê uma característica à ela. É recomendável que as chaves sejam preparadas para cada uso particular, para áreas relativamente homogêneas quanto ao clima e solo.

4.3 - EXEMPLOS DE CHAVES DE INTERPRETAÇÃO ELABORADAS PARA LEVANTAMENTO DE USO DA TERRA A PARTIR DE FOTOS AÉREAS

Nesta seção serão apresentadas as chaves de interpretação desenvolvidas por Novo (1979), Koffler et al. (1979), Pereira et al. (1987).

Novo (1979) ao analisar o mapeamento do uso da terra no setor paulista do Vale do Paraíba, utilizando fotografias aéreas em branco e preto na escala 1:25.000, determinou as seguintes chaves de identificação:

- 1) **Área urbana edificada** - área construída, caracterizada pela presença de ruas asfaltadas, casas, prédio de apartamentos, jardins e ruas arborizadas

- Textura: rugosa, e na áreas de maior densidade de edificações essa rugosidade é aumentada.
 - Tonalidade: alternância de tons claros, correspondentes ao arruamento e edificações, e tons escuros, correspondentes à arborização de ruas, sombreamento, jardins etc.
 - Aspectos associados: a forma e o arranjo espacial das áreas urbanas são caracterizadas pelas quadras regulares, pelo sistema viário, e pelas construções etc.
- 2) **Indústria** - as áreas ocupadas por indústrias caracterizam-se pela presença de grandes edificações, pátios de estacionamento e localização periférica à cidade.
- Textura: lisa.
 - Tonalidade: clara.
 - Aspectos associados: forma regular e distribuição espacial ao longo de vias de comunicação.
- 3) **Área urbana desocupada** - são áreas que envolvem a área urbana edificada, mas que não foram ocupadas pelas edificações.
- Textura: lisa..
 - Tonalidade: cinza-escuro devido à presença de cobertura vegetal arbustiva.

- Aspectos associados: forma irregular.
- 4) **Solo exposto** - áreas que foram terraplenadas, ou onde os processos de erosão do solo retiraram a cobertura vegetal.
- Textura: lisa.
 - Tonalidade: varia do branco a cinza-claro.
 - Aspectos associados: forma regular no caso de terraplenagens, e irregular no caso de erosão.
- 5) **Campos de arroz colhido.**
- Textura: lisa nos campos recém-colhidos.
 - Tonalidade: varia de branco a cinza-claro.
 - Aspectos associados: a forma desses campos é regular, acompanhando, em geral, a disposição dos canais de irrigação.
- 6) **Campos com culturas de inverno e/ou permanentes**
- Textura: em geral lisa.
 - Tonalidade: varia do cinza-médio ao cinza-escuro.
 - Aspectos associados: essas culturas apresentam-se distribuídas em quadras de formato regular e ocorrem somente na área da várzea do rio.

7) **Pomar** - geralmente inclui plantações de laranja. Localiza-se, em geral, próximo à sede de fazendas.

- Textura: apresenta-se com textura pontual, com densidade que varia em função da idade, espécie e/ou espaçamento entre as árvores.

- Tonalidade: cinza-escuro nos pontos correspondentes às copas e cinza-médio nos pontos entre as copas.

- Aspectos associados: forma regular e tamanho pequeno.

8) **Pastagens** - esta categoria inclui as pastagens naturais, as pastagens melhoradas e os pastos cultivados.

- Textura: lisa, tornando-se mais rugosa em áreas com presença de herbáceas.

- Aspectos associados: apresentam formato irregular e ocupam grandes extensões em áreas de topografia acidentada.

9) **Arbustos**

- Textura: menos rugosa que a de regiões recobertas por mata.

- Tonalidade: cinza-médio

- Aspectos associados: formato irregular e ocorrência em áreas mais úmidas.

10) **Eucalipto**

- Textura: lisa

- Tonalidade: cinza-escuro

11) **Mata** - as áreas classificadas como mata caracterizam-se pela formação dominada por elementos arbóreos, composta de três estratos de vegetação.

- Textura: rugosa desuniforme

- Tonalidade: cinza-escuro

- Aspectos associados: a mata localiza-se junto a cursos de água ou nas encostas mais íngremes.

Koffler et al. (1979), realizando o mapeamento de cana-de-açúcar na região de Piracicaba através de fotos aéreas pancromáticas na escala 1:35.000 (junho - agosto, 1979), utilizaram as seguintes chaves de identificação:

1) **Cana-de-açúcar** - é distribuída em áreas de cultivos relativamente grandes, muito recortadas por carreadores; consta no mínimo de 3 estágios de desenvolvimento.

a) Cana adulta: estágio avançado de desenvolvimento, sendo cortada na safra em andamento, na época da tomada da fotografia.

- Textura: aveludada grosseira - cana de 1 ano e meio, aveludada fina - cana de 1 ano e cana-soca.

- Porte: baixo, visível ao estereoscópio.

- Tonalidade: cinza-claro, cana de 1 ano e meio e cana-soca; cinza-médio, cana de 1 ano.

- Aspectos associados: telhado homogêneo, com ondulações que acompanham o terreno.

b) Cana cortada: áreas colhidas durante a safra em andamento, na época da tomada das fotografias aéreas.

- Textura: fina e descontínua (aspecto penteado).
Porte: ausente ou rasteiro, não perceptível ao estereoscópio.

- Tonalidade: cinza-claro ou esbranquiçado (devido à ausência de vegetação).

- Aspectos associados: presença de alinhamentos em paralelo das leiras de palhada que acompanham o sentido do corte. Geralmente, as leiras são dispostas a cada 5 linhas de plantio, ou seja, um espaçamento de cerca de 7 metros, o que proporciona um aspecto penteado ao padrão fotográfico.

c) Cana nova: cana de 1 ano e meio, em início de desenvolvimento, que não seria cortada na safra em andamento, na épocas da tomada das fotografias aéreas .

- Textura: fina e contínua.

- Porte: rasteiro, não perceptível ao estereoscópio.

- Tonalidade: variável conforme a época do plantio e o tipo de solo. De um modo geral, é cinza-médio na área de solos argilosos, podendo ser branco ou cinza-claro nas áreas de solos arenosos, por efeito de plantio mais tardio e da alta reflexão da luz solar pela superfície desses solos. A variedade plantada também pode influir na tonalidade fotográfica.

- Aspectos associados: ausência de leiras de palhada.

2) **Cultura temporária** - baixa ocorrência de carreadores e baixa subdivisão em glebas, quando as áreas cultivadas são extensas; ausência de diferentes estágios de desenvolvimento simultâneos; curvas de nível mais frequentes e evidentes dentro das glebas.

a) Cultura estabelecida (de inverno).

- Textura: fina e contínua.

- Porte: rasteiro ou baixo.

- Tonalidade: cinza-claro ou médio.

b) Restos culturais (características diferenciais).

- Tonalidade: cinza-claro.

- Aspectos associados: restos enleirados, e bandeiras (áreas de amontoamento da colheita).

c) Terreno arado ou em processo de aração (características diferenciais).

- Tonalidade: cinza-claro quando o terreno já foi arado, com faixas de tonalidades diferentes quando em processo de aração.

3) **Cultura perene** - frutíferas em geral, cafezal etc.

- Textura: granular (fina e média).

- Porte: baixo e médio.

- Tonalidade: cinza-médio e escuro.

- Aspectos associados: possibilidade de individualização das plantas em função do plantio uniforme com largos espaçamentos; configuração geométrica das glebas.

4) **Pastagem.**

- Textura: fina, homogênea, ligeiramente aveludada.

- Porte: rasteiro, não perceptível ao estereoscópio.

- Tonalidade: cinza-claro e médio.
- Aspectos associados: aguadas, bebedouros, cercas, currais, trilhas, árvores para sombreamento.

5) **Reflorestamento** - formações arbóreas homogêneas, instaladas pelo homem, para fins industriais ou para consumo dos estabelecimentos rurais.

- Textura: fina e média.
- Porte: médio alto.
- Tonalidade: varia do cinza-médio a escuro intenso.
- Aspectos associados: telhado uniforme; em geral, apresentam limites irregulares e ausência de carregadores.

6) **Mata**

- Textura: média a grossa.
- Porte: alto.
- Tonalidade: cinza-médio a escuro.
- Aspectos associados: telhado desuniforme, geralmente limites irregulares e ausência de carregadores

7) Capoeira

- Textura: fina e/ou média
- Porte: média
- Tonalidade: cinza-médio
- Aspectos associados: telhado uniforme ou desuniforme

8) Cerrado

- Textura: fina.
- Porte: baixo.
- Tonalidade: varia de cinza claro a médio.
- Aspectos associados: telhado uniforme.

9) Campo cerrado.

- Textura: fina e contínua.
- Porte: rasteiro e baixo.
- Tonalidade: cinza-claro.

Para o mapeamento do uso da terra do município de São José dos Campos (SP) através de fotos aéreas na escala 1:25.000, Pereira et al. (1988) elaboraram as chaves de identificação descritas abaixo:

a) Área construída de uso misto

Na escala das fotos analisadas esta classe apresenta alternância de tons claros, correspondentes à área edificada, e tons escuros, correspondentes ao arruamento, arborização de ruas, sombreamento, áreas verdes, terrenos baldios etc. (Figura 4.5). Um forte elemento de interpretação no caso desta classe é o padrão definido pelo sistema viário, o qual constitui quadras regulares ocupadas por edifícios de diferentes formas, tamanho e alturas, em função do seu uso. Esta classe apresenta textura rugosa, nas áreas de maior densidade de edificação a rugosidade aumenta.

b) Indústria

Esta classe é caracterizada pela presença de grandes estruturas ao longo das vias que fazem ligações externas, extensão areal das edificações, presença de grandes pátios de estacionamento, ocorrência de amplos telhados e chaminés (Figura 4.5).

c) Loteamento novo

No caso das áreas de loteamento de ocupação rarefeita e não ocupadas, os loteamentos novos são facilmente identificados nesta escala pela presença do sistema viário e pelo contraste entre os tons de cinza claro, relativos às ruas recém abertas, e os tons de cinza escuro, associados à vegetação natural que recobre os lotes não ocupados, conforme pode ser visto na Figura 4.5. Com relação as áreas terraplenadas para loteamento, elas se identificam pela ocorrência de grandes áreas de tons de cinza claro associadas à retirada total da vegetação. Ambas as áreas de loteamentos novos analisadas têm como

característica a proximidade da malha urbana e a presença de ligações viárias à ela.

d) Chácaras

Ocorrem sobretudo ao longo de estradas vicinais e são resultantes do parcelamento de propriedades agrícolas. Formam um conjunto de propriedades menores com certa regularidade no terreno. São identificadas pela presença de pomares, cercas, lagoas, áreas agrícolas, solo preparado para atividades agrícolas, etc. Nas fotografias aéreas isto resulta em áreas com grande alternância de tons de cinza claro e escuro (Figura 4.5).

e) Área agrícola

Esta classe abrange áreas de culturas anuais que na época de tomada das fotografias aéreas encontram-se em sua maior parte em fase de colheita com ocorrência de restos de cultura. As áreas de cultivo na várzea do Paraíba e em alguns de seus afluentes caracterizam-se pelo traçado regular de parcelas definidas pelo padrão dos canais de irrigação. Na foto estas áreas apresentam textura lisa com diferentes tonalidades de cinza. São entrecortadas por linhas retas paralelas em tons de cinza escuro, que representam os canais de irrigação da região (Figura 4.6).

As áreas de pomares são identificadas pelo formato regular das parcelas, pelo alinhamento próprio das árvores frutíferas e pela tonalidade cinza médio de suas copas. As granjas caracterizam-se pela presença de construções alinhadas, dispostas paralelamente ao terreno. Geralmente localizam-se próximas das áreas urbanas.

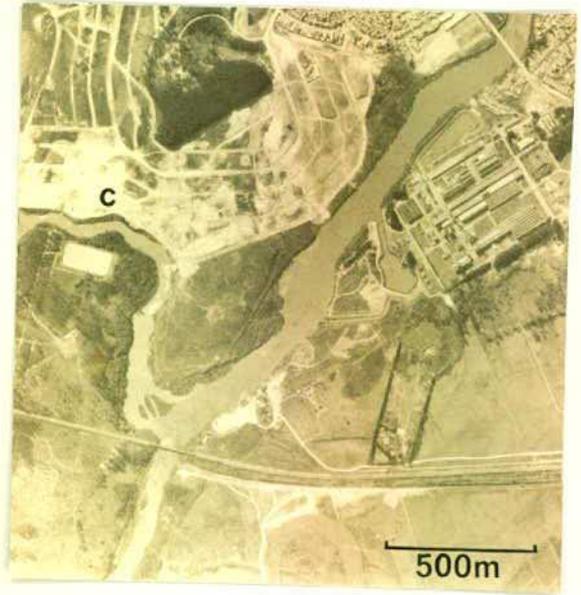
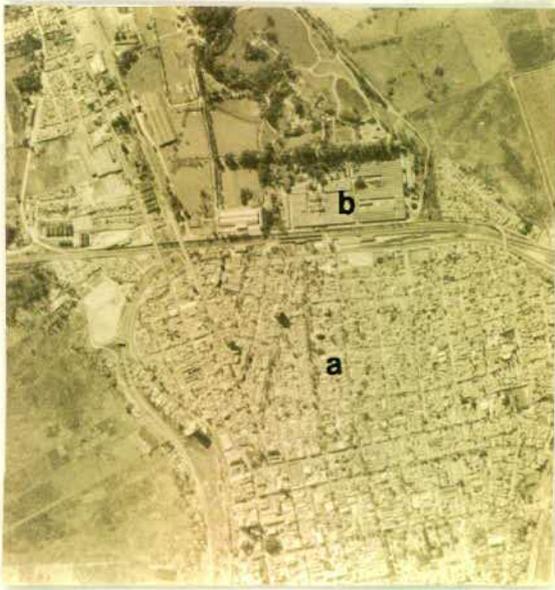


Fig. 4.5 - Fotografia aérea pancromática, na escala 1:25.000, mostrando área construída de uso misto (a); indústria (b); loteamento (c) e chácaras.

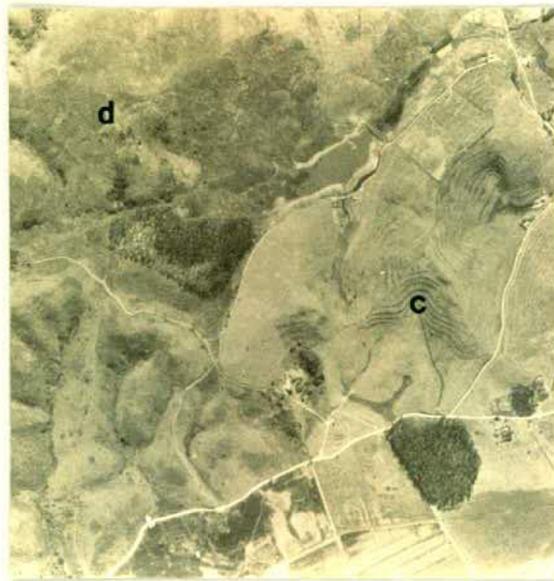
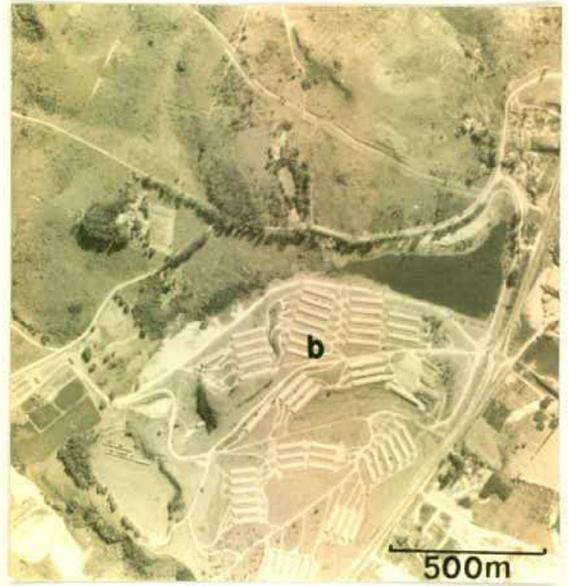


Fig. 4.6 - Fotografia aérea pancromática, na escala 1:25.000, mostrando cultura anual (a); granja (b); pastagem melhorada (c); pastagem e ou campo atrópico (d).

f) Pastagem

São áreas de tonalidade do cinza médio ao cinza claro, de textura fina homogênea e de vegetação de porte rasteiro não perceptível no estereoscópio. Quando são pastos limpos, roçados ou plantados (pastagem melhorada), apresentam textura lisa pela presença de gramíneas e herbáceas. Quando sujos, têm textura rugosa definida pela presença de espécies arbustivas (Figura 4.6). Têm forma irregular e, em geral, apresentam grandes extensões em terrenos de topografia acidentada. Na várzea do rio Paraíba, as áreas de pastagem mostram o traçado enfraquecido dos antigos canais de irrigação que indicam a substituição do uso da terra. Nas áreas em que as pastagens tenham substituído as áreas de cultivo a mais tempo, os padrões de irrigação desapareceram totalmente. Estas áreas apresentam além do tom cinza médio ou claro, sinais da presença do gado, a ocorrência de currais, açudes, trilhas etc.

g) Reflorestamento

Estas áreas são caracterizadas nas aerofotos por tonalidade de cinza-escuro intenso, textura lisa, em geral limites regulares e presença de carregadores definidos. Correspondem a extensas áreas localizadas principalmente na região montanhosa. No caso das áreas de reflorestamento recém-implantado (solo exposto), estas apresentam tom de cinza claro, textura lisa e diferenciam-se das áreas de solo exposto para outras atividades pela maior extensão (Figura 4.7).

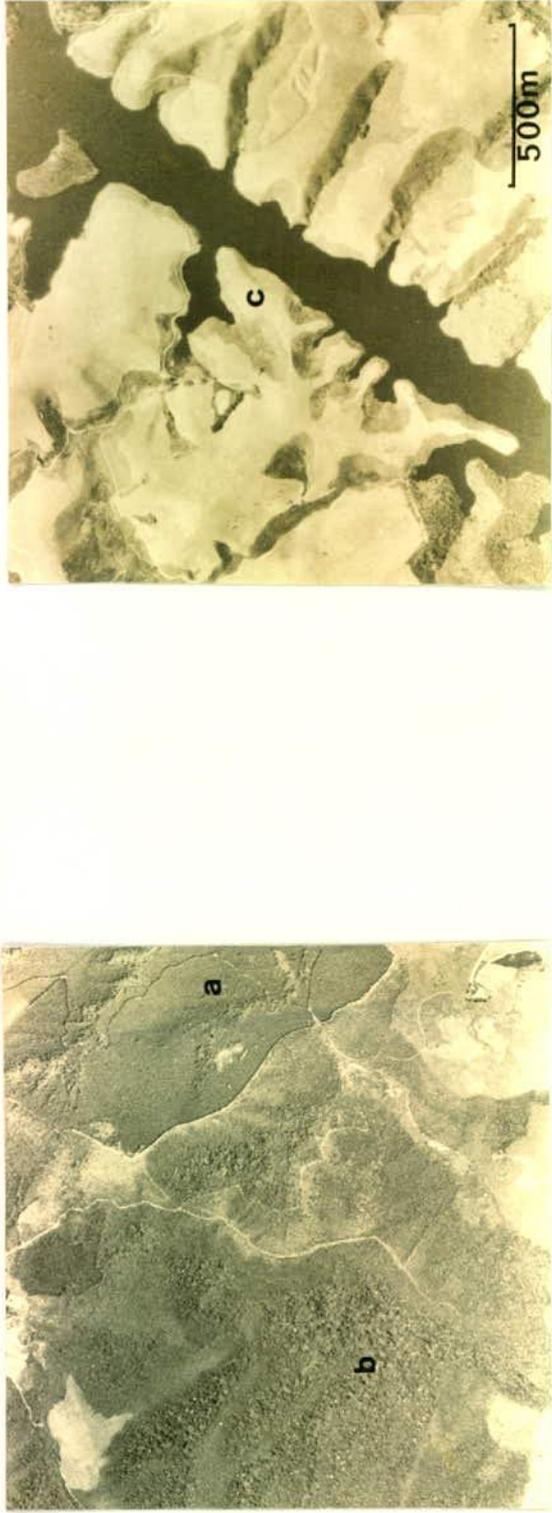


Fig. 4.7 - Fotografia aérea pancromática, na escala 1:25.000, mostrando reflorestamento (a); mata/capoeira (b); reflorestamento recém-implantado (c).

h) Mata/Capoeira

As áreas de mata/capoeira apresentam, em geral, a tonalidade cinza-escuro e textura rugosa definida pela diferença na altura das copas das árvores. Observa-se que a rugosidade é maior com o aumento da idade da capoeira. Estas áreas podem também ser identificadas pelo formato irregular e pela ausência de carregadores (Figura 4.7).

4.4 - ELEMENTOS DE RECONHECIMENTO DA COBERTURA E USO DA TERRA EM IMAGENS ORBITAIS

De maneira geral, os elementos de reconhecimento mais significativos para a interpretação de imagens orbitais são: forma, tamanho, sombra, tonalidade/cor, padrão, textura, localização e relação de aspectos. Estes elementos, originariamente definidos para as fotografias aéreas, são aplicados às imagens orbitais com algumas considerações. Tais considerações se fazem necessárias em virtude das características dos sensores utilizados na obtenção de imagens orbitais.

A interpretação visual das imagens é o processo de aquisição de informações sobre um dado alvo da superfície, através da análise de sua resposta em diferentes canais individuais ou combinados sob a forma de composições coloridas. Este processo consiste, basicamente, na inspeção e identificação de diferentes padrões tonais e texturais em cada canal e na sua comparação em diferentes canais e épocas. Desta forma, dois aspectos particularmente importantes, no caso das imagens orbitais devem ser considerados: aspecto espectral e temporal das imagens.

a) Aspecto espectral

É um dos principais aspectos das imagens orbitais; seu caráter espectral permite a coleta de informações em 04 bandas distintas do espectro eletromagnético, no caso dos dados MSS/LANDSAT, 7 bandas relacionadas ao sensor TM/LANDSAT e 4 bandas no caso dos produtos SPOT (3 bandas no módulo multiespectral e 1 banda no pancromático). Desta forma, as características espectrais do alvo podem ser registradas de modo diferente nas diversas bandas espectrais existentes, o que possibilita a identificação de diferentes alvos através da comparação entre canais.

A escolha do canal ou canais a ser(em) utilizado(s) na análise visual é um passo muito importante para o levantamento da cobertura e do uso da terra e depende do objetivo do trabalho. O conhecimento prévio das características do alvo em cada canal auxilia da escolha dos canais adequados ao objetivo do intérprete.

Para estudos de levantamento do uso da terra, em geral, são usados os canais 5 e 7 do MSS - LANDSAT. No canal 5 as feições culturais como cidades, indústrias, áreas de cultivo, etc. são mais facilmente identificadas e, no canal 7, as áreas úmidas de solo preparado para cultivo, bem como represas e açudes, podem ser identificadas.

No caso da utilização das imagens TM-LANDSAT, para o mesmo objetivo os canais 3 e 4 são os mais indicados, podendo ser complementados com informações das bandas 2, 5 e 7. Mais especificamente, os canais 2, 3, 5 e 7 são utilizados para levantamentos de feições culturais, vegetação e áreas agrícolas, enquanto o canal 4 é o mais

indicado que para identificação de corpos d'água e unidades de relevo (Tabela 4.1).

Com relação às imagens HRV-SPOT, são mais apropriadas para levantamento da cobertura e do uso da terra as bandas 2 e 3 (HRV multiespectral), sendo que esta última auxilia também a identificação de corpos d'água e tipos de vegetação. Em função da resolução de 10 m, o módulo pancromático também é de grande aplicação para levantamentos de uso da terra. (Tabela 4.2).

As composições coloridas constituem um produto com maior potencialidade para o mapeamento do uso da terra, permitindo a aquisição de maior quantidade de informações devido ao fato de o olho humano ser mais sensível às cores que aos tons de cinza. De modo geral, o uso de tais composições ajuda a identificação de qualquer alvo relativo à cobertura ou ao uso da terra. Para a vegetação, as composições coloridas no infravermelho falso-cor são bastante úteis, pois realçam os diferentes tipos de vegetação que aparecem desde o vermelho escuro (vegetação densa) até as tonalidade próximas do amarelo (áreas de vegetação rala).

Na escolha de composições coloridas MSS, tem-se utilizado mais comumente os canais 4, 5 e 7, adicionando as cores azul, verde e vermelho, respectivamente. O TM com 7 canais pode fornecer variados tipos de composições coloridas.

TABELA 4.1

PRINCIPAIS APLICAÇÕES POTENCIAIS DAS
BANDAS TM DO LANDSAT 5

BANDA	INTERVALO ESPECTRAL (μm)	APLICAÇÕES POTENCIAIS
1	0,45 - 0,52	<ul style="list-style-type: none">- Estudos batimétricos em regiões litorâneas.- Mapeamentos de superfície de água e materiais em suspensão.- Diferenciação solo/vegetação.- Cartografia de áreas costeiras.
2	0,52 - 0,60	<ul style="list-style-type: none">- Mapeamento de vegetação sadia pela reflectância da clorofila cujo pico se situa em 0,55 μm (verde).
3	0,63 - 0,69	<ul style="list-style-type: none">- Banda de absorção da clorofila.- Distinção das formações vegetais.- Distinção de variações de densidades urbanas.- Estudo do uso do solo.
4	0,76 - 0,90	<ul style="list-style-type: none">- Estudos do volume de biomassa.- Delimitação de corpos d'água.
5	1,55 - 1,75	<ul style="list-style-type: none">- Estresses de vegetação por desequilíbrio de água na cobertura foliar.- Estudo de estrutura urbana.
6	10,4 - 12,5	<ul style="list-style-type: none">- Propriedades termais do solo, rocha, vegetação e água.- Estudo de contraste térmico entre litologias.- Estudo micro-climáticos.
7	2,08 - 2,35	<ul style="list-style-type: none">- Estudo de formações superficiais.- Distinção de tipos de rochas.- Estudo de argilas e rochas carbonáticas.

FONTE: Adaptado de NASA (1984) e Thibault (1984).

TABELA 4.2

APLICAÇÕES POTENCIAIS DAS BANDAS DO HRV-SPOT

BANDAS	INTERVALO ESPECTRAL (µm)	APLICAÇÕES POTENCIAIS
1	(0,50 - 0,59 µm) (verde)	- Reflectância da vegetação sadia.
2	(0,61 - 0,68 µm) (vermelho)	- Absorção de clorofila para diferenciação entre espécies. Estudos de uso do solo urbano.
3	(0,79 - 0,89 µm)	- Estimativas de fitomassa. Delimitamento de corpos d'água.
Banda Pancromática	(0,51 - 0,73 µm)	- Levantamentos de uso da terra. Aplicações em cartografia básica. Estudos de estrutura urbana.

Nascimento e Thibault (1986) sugerem a utilização das composições coloridas com os canais TM 2, 3 e 4 (azul, verde e vermelho), que auxiliam a separação das diferentes formações vegetais, e outra com os canais TM 5, 4 e 3 (azul, verde e vermelho), que apresentam um grande contraste, sendo muito útil no estudo da vegetação. Estes autores sugerem ainda, para o levantamento do uso do solo, uma composição colorida que ocupe uma faixa bem ampla do espectroeletrromagnético; um canal no visível (bandas 1, 2 e 3), um canal no infravermelho próximo (banda 4) e um canal no infravermelho médio (bandas 5 ou 7).

Foresti (1987) considerou as composições coloridas das bandas 5, 3 e 4 (azul, verde e vermelho) e das bandas 2, 7 e 4 (azul, verde e vermelho) as melhores para o estudo do uso do solo urbano e para a expansão urbana na área metropolitana de São Paulo.

Valério Filho et al. (1986), em estudos desenvolvimentos na região de Conchal, SP, concluíram que, para as condições da área de estudo, a composição colorida obtida a partir da combinação das bandas do infravermelho refletido nos canais 7, 5 e 4 associadas às cores azul, verde e vermelho, respectivamente, foi a que apresentou maior discriminação entre as classes citrus, cana-de-açúcar, pinus, eucalípto, cultura temporária, solo nu, pastagem implantada, pasto sujo e vegetação natural.

b) Aspecto temporal

Devido à características repetitiva dos imageadores feitos por satélites, podem-se analisar as variações temporais apresentadas pelos padrões de tonalidade e de textura do alvo. Como grande parte dos alvos naturais é de natureza dinâmica, ou seja, apresenta

variações no tempo, o aspecto temporal das imagens torna-se um fator de grande importância para a interpretação deles.

No caso de levantamento de cobertura e uso da terra, a utilização de imagens seqüenciais é de grande importância para a identificação das diferentes classes existentes numa área.

Muitas vezes um determinado uso da terra não é definido numa época do ano em função da sua resposta espectral não-diferenciada. Em outra época do ano, entretanto, poderá apresentar resposta espectral que o discriminará dos demais alvos. Um exemplo da grande importância do aspecto temporal é fornecido pela atividade agrícola. De maneira geral, cada tipo de cultura tem sua época de plantio e de colheita específica. Além disto, diferentes culturas apresentam diferentes taxas de crescimento durante seu ciclo vegetativo. Assim sendo, imagens tomadas em épocas sucessivas permitem a identificação das diferentes culturas, a partir das variações que apresentam no tempo.

Na identificação de áreas agrícolas e sua discriminação de áreas de cobertura vegetal natural, é aconselhável o uso de imagens relativas no início do plantio e fim do crescimento (maturidade da cultura). Isto se explica pela relação solo/biomassa que irá determinar a resposta associada a cada época analisada. No caso particular de uma área com vegetação constituída de espécies decíduas e perenes, sabe-se que durante a estação chuvosa há uma tendência da cobertura vegetal tornar-se mais homogênea, pois as espécies decíduas recuperam a folhagem; o mesmo acontece com as espécies que sofrem estresse devido à falta d'água, as quais recuperam a sua vitalidade. Desta forma, utilizando imagens dos períodos

seco e chuvoso, o primeiro correspondente à época em que estas vegetações apresentam maiores diferenças no seu comportamento espectral, sendo bastante útil na separação entre as espécies decíduas e perenes.

Se a classe área urbana for de interesse para o mapeamento de diferentes usos da terra, a imagem relativa ao período chuvoso será mais indicada, pois nesta época há maior contraste entre área urbana construída e a vegetação adjacente.

Diversos trabalhos realizados mostram a importância de dados temporais na discriminação de classes de uso da terra.

4.5 - EXEMPLOS DE CHAVES DE IDENTIFICAÇÃO PARA USO DE IMAGENS

Ao realizar um mapeamento de uso da terra no Vale do Paraíba (SP) através de interpretação visual de imagens MSS/LANDSAT, na escala 1:250.000 e nos canais 5 e 7, Novo (1979) elaborou uma legenda e chaves de identificação das quais apresentam-se alguns aspectos:

- Área urbana edificada:

Canal 5 - tonalidade: cinza-claro, mosqueado (arruamento).

Textura: média.

Limite: irregular.

Característica espacial: convergência de estradas.

Canal 7 - Mal caracterizada.

- Campos de arroz:

Canal 5 - Limite: irregular.

Forma: geométrica.

Característica espacial: linhas paralelas de cultivo.

Dimensão: unidades em torno de 2 ha.

Canal 7 - Limite: regular.

Forma: geométrica.

Característica espacial: linhas paralelas de cultivo.

- Áreas desocupadas e pastagens naturais melhoradas:

Canal 5 - Tonalidade: cinza-médio.

Limite: irregular.

Textura: média.

Canal 7 - Tonalidade: cinza-médio.

Limite: irregular.

Textura: média.

- Mata:

Canal 5 - Tonalidade: cinza-escuro.

Textura: rugosa.

Limite: irregular.

Canal 7 - Tonalidade: cinza-claro com o alvo na direção de iluminação e cinza-médio com o alvo sob efeito de sombra.

Textura: rugosa.

Limite: irregular.

- Estradas:

Canal 5 - Tonalidade: cinza-claro.

Forma: linear.

Canal 7 - Maldefinido

- Represas:

Canal 5 - Tonalidade: cinza-claro.

Textura: lisa.

Limite: mal-definido.

Forma: irregular.

Canal 7 - Tonalidade: cinza-escuro.

Textura: lisa.

Limite: nítido.

Forma: irregular.

- Rios:

Canal 5 - Tonalidade: cinza-médio.

Forma: curvilínea.

Canal 7 - Tonalidade: escura.

Forma: curvilínea.

Através da utilização de dados TM/LANDSAT na escala 1:100.000 sob a forma de composição colorida (TM 2, 3 e 4, e TM 5, 3 e 4), foram propostas por Pereira et al. (1988), durante um levantamento do uso da terra no município de São José dos Campos, chaves de identificação exemplificadas abaixo:

a) Área construída de uso misto

Na composição multiespectral utilizada, esta categoria apresenta, de modo geral, coloração azulada, que contrasta com as áreas de pastagem e de vegetação arbórea adjacentes em tons de vermelho. Outros elementos que complementam a identificação destas áreas são a textura rugosa, a possibilidade de observação do sistema viário

principal, representado por linhas em azul mais escuro, além da presença de ligações viárias com outros centros urbanos.

Na periferia urbana ocorre dificuldade de delimitação de áreas construídas devido, principalmente, à baixa densidade de construções.

b) Indústria

Esta classe é caracterizada, como qualquer outra área urbana construída, pela tonalidade azulada. No entanto, esta apresenta azul mais intenso e textura lisa, associados às grandes extensões dos telhados. Outro fator de identificação das indústrias, no município, observável nas imagens TM, é sua localização, em geral, ao longo da Rodovia Presidente Dutra e da ferrovia (Rede Ferroviária Federal S/A). No entanto, para a discriminação das áreas urbanas de uso misto e delimitação precisa, é imprescindível a disponibilidade de informações preexistentes e de campo.

c) Loteamento

Encontram-se associados a esta classe dois tipos de respostas. O primeiro refere-se aos loteamentos novos em que não houve a retirada da cobertura vegetal dos lotes. Neste caso, torna-se visível o arruamento, pelo contraste do branco das ruas com o vermelho da vegetação. No segundo caso, em que houve a terraplenagem, são observadas extensas áreas de tonalidade clara (branca) pela alta reflectância do solo exposto. A sua localização é em geral periférica à trama da cidade.

d) Chácaras

Esta classe caracteriza-se pela alta frequência de pequenas áreas esparsas em tons de cinza-claro (branco) correspondentes às sedes de propriedades, em contraste com a tonalidade vermelha da cobertura vegetal do solo. O resultado final, na imagem, é uma textura mosqueada para as áreas com aglomeração de chácaras. Outra característica destas áreas, observável na imagem TM, é a presença de pequenos lagos nas diferentes propriedades.

e) Área agrícola

Esta área, em sua maior parte, apresenta-se na imagem de novembro de 1985 (utilizada no trabalho) em branco e em várias tonalidades de verde, por se constituir em terrenos preparados para plantio com diferentes graus de umidade e tipo de solo. Estas áreas têm formato regular, grandes dimensões e localizam-se preponderantemente na várzea ao longo do rio Paraíba. Além disto, caracterizam-se por apresentar textura lisa.

As áreas de cultura perene, que pouco ocorrem no município, apresentam-se em tom vermelho-escuro pela presença constante da cobertura vegetal. Os pomares, no município, devido à sua pequena dimensão não apresentam padrão característico na imagem TM. As granjas apresentam-se em tom de cinza-claro (branco), textura lisa e formato irregular.

f) Pastagem

Esta classe é caracterizada por diferentes tonalidade de vermelho-claro em função da maior ou menor

presença de invasoras. Quando a presença de invasoras é maior a área apresenta tonalidade mais escura.

As áreas de pastagem melhorada apresentam coloração alaranjada na composição 2, 3 e 4, pouco diferenciada da pastagem e/ou campo antrópico. Para a separação destas duas classes foi utilizada também, com muita propriedade, a composição colorida TM 5, 3 e 4. Nesta imagem, as áreas de pastagem melhorada aparecem em tons róseos, enquanto a pastagem natural permanece em tons de vermelho. As características espectrais e geométricas descritas para as classes área construída de uso misto, indústria, loteamento novo, chácaras, área agrícola e pastagem podem ser observadas na Figura 4.8.

g) Reflorestamento

Em terrenos de relevo plano, estas áreas são caracterizadas nas imagens TM 2, 3 e 4 pela tonalidade vermelho-escuro intenso, textura lisa e em geral pelos limites regulares. Em regiões de relevo acidentado tais áreas apresentam-se em tonalidade vermelho-escuro e formato irregular com setores sombreados em função da variação topográfica e exposição das vertentes. Neste tipo de relevo é difícil a separação desta classe e a de mata natural. As áreas de reflorestamento recém-implantado aparecem em tons claros de verde e distinguem-se de outras áreas de solo exposto pelas suas grandes dimensões. Os reflorestamentos localizam-se em áreas com acesso viário que permita o escoamento do produto.

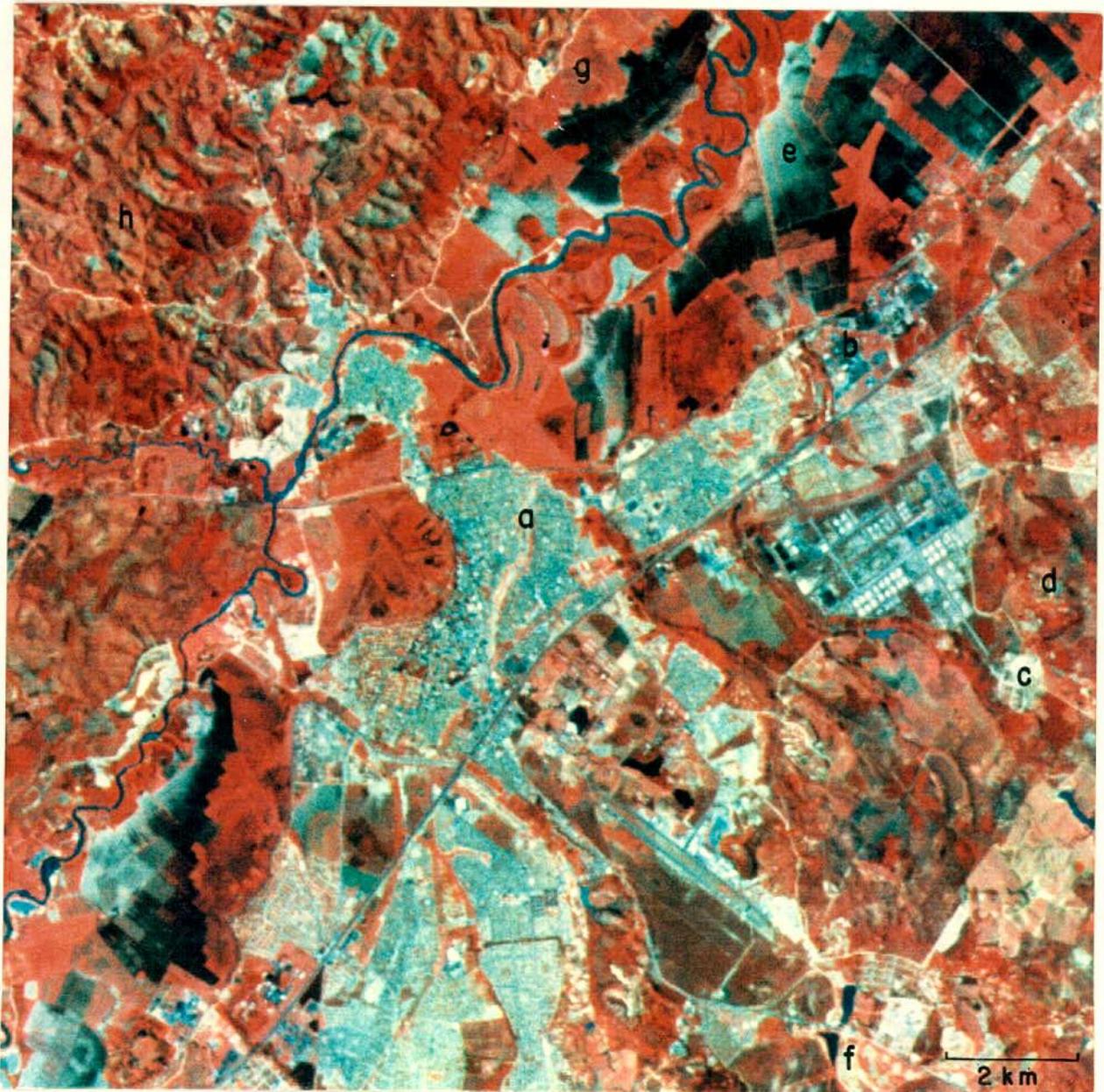


Fig. 4.8 - Composição colorida falsa cor mostrando área urbana construída de uso misto (a); indústria (b); loteamento novo (c); chácara (d); cultura-anual (e); granja (f); pastagem melhorada (g), pastagem e/ou campo antrópico (h).

h) Mata/capoeira

Esta categoria apresenta tonalidade vermelho-escuro e formato irregular. Nas áreas montanhosas podem ocorrer setores com sombreamento, associados à variação da exposição das vertentes. Apresentam grandes dimensões quando comparadas com as demais classes analisadas. As matas densas localizam-se nas áreas mais montanhosas do município, em geral inacessíveis pela ausência de estradas.

As características espectrais e geométricas descritas para as classes reflorestamento recém-implantado e mata/capoeira podem ser observadas na Figura 4.9.

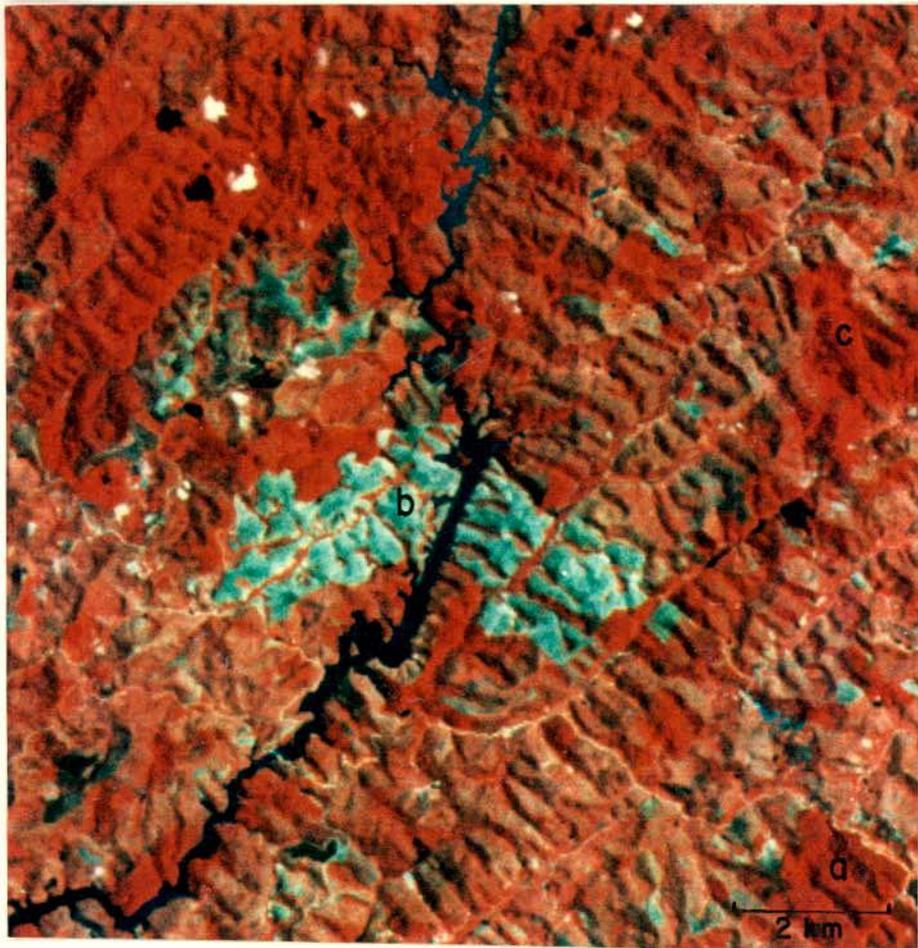


Fig. 4.9 - Composição colorida falsa cor mostrando reflorestamento (a) reflorestamento recém-implantado (b) e mata/capoeira (c).

CAPÍTULO 5

UMA METODOLOGIA PARA O MAPEAMENTO DE COBERTURA E USO DA TERRA ATRAVÉS DA INTERPRETAÇÃO VISUAL DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

O mapeamento de cobertura e uso da terra através de dados de sensoriamento remoto, visualmente interpretados deverá obedecer a alguns passos, que poderão ser adaptados aos objetivos do levantamento específico que está sendo realizado, bem como à área de estudo; esses passos são apresentados a seguir.

- 1) Delimitação da área de estudo, levantamento de dados preexistentes e reconhecimento de campo.

Nesta fase do trabalho deverão ser levantadas informações sobre a área de estudo, as quais serão úteis à sua caracterização e ao próprio mapeamento a ser realizado. São importantes as informações relativas a: mapas topográficos, geomorfológicos, pedológicos, de sistema viário e mapas de uso da terra anteriores que porventura existam.

Nesta etapa do trabalho é realizada a delimitação da área de estudo nas imagens LANDSAT, onde será feito o levantamento da cobertura e do uso da terra.

Em função de recursos disponíveis poderá ser feito um reconhecimento de campo através de visitas ou de sobrevôo para verificação dos usos da terra existentes na área de estudo.

No planejamento do reconhecimento de campo são definidos os roteiros a serem percorridos, geralmente considerando as estradas existentes na área de estudo, com apoio de cartas topográficas.

Além da definição do percurso deve-se determinar um método de coleta das informações, caracterizado pelos seguintes aspectos:

- número de pontos amostrais em relação à área de estudo;
- intervalos em km dos pontos amostrais;
- largura da faixa (em km) de cada lado da estrada onde devem ser coletadas as informações para cada ponto amostral;

Além da carta topográfica onde são anotados os diferentes usos da terra levantados, devem ser levados ao campo bússola, altímetro, binóculo, os quais auxiliam a localização e direção dos tipos de uso identificados.

Devem ser obtidas fotos, de preferência com filmes coloridos para facilitar o mapeamento final que será realizado em escritório.

Os pontos são localizados nas cartas topográficas e descritos com o máximo de informação possível em relação ao uso da terra, topografia e solos.

A coleta de dados por quilômetro percorrido nos percursos selecionados representa um conjunto de usos sem preocupação com sua extensão espacial; esta é uma deficiência desse levantamento. Não há precisão das

superfícies ocupadas por cada um dos usos levantados. Os dados altimétricos auxiliam a diferenciação daqueles tipos de cobertura vegetal ou uso da terra que necessitam de determinadas condições altimétricas para sua ocorrência.

Os perfis de levantamento de campo devem, quando possível, ter uma distribuição homogênea em toda a área a ser estudada.

Outro tipo de reconhecimento a ser considerado é através de sobrevôo. O plano de vôo deve levar em conta as grandes unidades de uso da terra observáveis durante a avaliação preliminar da área nas imagens a serem interpretadas. Este reconhecimento pode ser documentado através de fotografias panorâmicas e filmes. Estes dados auxiliarão o fotointerprete no processo de identificação das classes de uso e cobertura da terra na fase de interpretação visual preliminar das imagens.

2) Divisão da área em regiões homogêneas quanto a unidades de relevo.

Em caso de ocorrência de relevo diversificado, é interessante a subdivisão da área de estudo em áreas homogêneas em termos de textura associada a diferentes compartimentos topográficos. Este passo é realizado porque ocorre diversidade de uso da terra em regiões com diferentes relevos e maior dificuldade de separação entre determinadas classes de uso da terra em regiões montanhosas.

3) Seleção de áreas testes nas imagens, de forma que contenham diferentes classes de uso da terra

Com o objetivo de elaborar uma legenda de uso da terra e criar chaves de identificação, são selecionadas áreas testes com representatividade estatística de toda a área a ser mapeada.

As áreas testes a serem determinadas deverão abranger as diferentes coberturas e classes de uso da terra existentes na área a ser estudada.

Caso a área de estudo apresente grande diversificação topográfica, o que terá provocado sua divisão em unidades homogêneas em termos de compartimentos topográficos, deverão ser selecionadas áreas testes dentro de cada uma destas unidades.

A classificação do uso da terra nas áreas testes, que será realizada para a elaboração e consequente validação da legenda e chaves de identificação, pode ser realizada de dois modos alternativos ou complementares: análise de fotografias aéreas ou inspeção de campo.

4) Elaboração de legenda e chaves de identificação

O conjunto de classes de uso da terra que irá compor a legenda deverá ser organizado num sistema hierárquico de classificação compatível com proposições já convencionadas.

Na elaboração da legenda e das chaves de identificação são utilizadas informações provenientes da imagem analisada, de fotografias aéreas existentes e/ou de trabalho de campo num processo de realimentação constante.

Isto é realizado para as áreas testes obtendo-se assim um produto (legenda/chave) confiável que poderá ser utilizado no mapeamento da área de estudo como um todo.

5) Realização do mapeamento da área de estudo

Com base nos resultados da etapa anterior será estendida a interpretação realizada para as áreas testes e mapeada a cobertura e o uso da terra de toda a área de estudo

Ainda nesta etapa, a legenda elaborada poderá sofrer modificações com vistas em seu aperfeiçoamento. Isto caso surjam novas classes a serem incorporadas na legenda ou a necessidade de agrupar ou subdividir classes.

6) Obtenção de dados de verdade terrestre para checagem dos resultados obtidos

Esta etapa é de grande importância para a melhoria da qualidade do mapeamento realizado. A checagem dos resultados obtidos pode ser feita a partir do uso de fotografias ou através de visitas a locais que apresentaram problemas de classificação.

A fim de racionalizar este trabalho de campo, os pontos da imagem que apresentarem problemas de classificação serão transferidos para as cartas topográficas, com vistas em sua precisa localização.

Além disso, deve ser elaborado um roteiro das dúvidas e um plano de verificação, para que estas possam ser eliminadas sistematicamente, evitando que os roteiros

sejam desordenados. Com o propósito de auxiliar a localização precisa dos pontos de dúvida, no campo, é aconselhável também o uso de fotografias aéreas, ainda que não recentes, pelo referencial espacial que oferecem.

7) Transferência dos dados para base cartográfica

Devido à variação de precisão geométrica dos diferentes produtos de sensoriamento remoto, recomenda-se que os dados sejam transferidos para cartas de maior precisão cartográfica.

Mesmo para os produtos de maior precisão, a transferência dos dados para uma base cartográfica auxiliará a definição de rios, estradas ou trechos destes não identificáveis nas imagens por problemas de resolução destas. Esta transferência geralmente é feita através de equipamentos apropriados como, por exemplo, "Zoom Transfer Scope, Kartoflex e Procom-2".

8) Estimativa da exatidão do mapeamento realizado

De acordo com Hord e Brooner em 1976 (Valeriano, 1985), a aceitação de um mapa derivado de produtos de sensoriamento remoto é função da relação custo/benefício, quando comparado com mapas obtidos de outras fontes, e da exatidão dos resultados obtidos.

Devido ao fato de a relação custo/benefício ser comprovadamente mais baixa para levantamentos de média e pequena escalas através de sensoriamento remoto, ocorre a necessidade de estabelecer um método de avaliação da exatidão de mapeamento estatisticamente válido.

Os mapas derivados de produtos de Sensoriamento Remoto de pequena escala são geralmente avaliados através da comparação dos dados desde mapas com os dados coletados em campo ou obtidos de fotografias aéreas de grande escala.

Um exemplo de procedimento de avaliação de mapas é aquele proposto por Ginevan (1979) e aplicado no INPE por Valeriano (1985) e Pereira et al. (1987) em trabalhos de levantamentos de uso da terra através de imagens orbitais.

O procedimento proposto baseia-se nos seguintes critérios:

- baixa probabilidade de aceitar um mapa de má qualidade;
- alta probabilidade de aceitar um mapa de boa qualidade;
- número mínimo de amostras para verificação.

Para a realização desta avaliação são checados em campo ou em fotografias aéreas um número "n" de pontos amostrais. A este número de pontos amostrais (n) encontra-se relacionado um número de erros de classificação possíveis de ocorrerem (X_c) para que o mapa tenha uma exatidão mínima de 85% (P_u), considerado satisfatório para mapeamentos através de produtos de sensoriamento remoto (Tabela 5.1).

TABELA 5.1

VALORES ÓTIMOS DE n PARA $x_c \in [0, 47]$ E PARA $\alpha = 0,05$ E $P_u = 0,85$ E CORRESPONDENTES VALORES DE β^* PARA $P_p = 0,90$ E $0,99$

n	x_c	VALORES DE β PARA		
		$P_p = 0,90$	$P_p = 0,95$	$P_p = 0,99$
19	0	0,8649	0,6226	0,1738
30	1	0,8163	0,4465	0,0361
40	2	0,7772	0,3233	0,0075
50	3	0,7497	0,2396	0,0016
59	4	0,7152	0,1719	0,0003
68	5	0,6859	0,1242	0,0001
76	5	0,6467	0,0856	0,0000
85	7	0,6247	0,0624	0,0000
93	8	0,5919	0,0432	0,0000
102	9	0,5746	0,0318	0,0000
110	10	0,5464	0,0221	0,0000
118	11	0,5203	0,0153	0,0000
126	12	0,4959	0,0107	0,0000
134	13	0,4731	0,0074	0,0000
142	14	0,4518	0,0052	0,0000
150	15	0,4318	0,0036	0,0000
158	16	0,4130	0,0025	0,0000
166	17	0,3954	0,0018	0,0000
174	18	0,3787	0,0012	0,0000
182	19	0,3630	0,0009	0,0000
190	20	0,3481	0,0006	0,0000
197	21	0,3252	0,0004	0,0000
205	22	0,3122	0,0003	0,0000
213	23	0,2998	0,0002	0,0000
220	24	0,2802	0,0001	0,0000
228	25	0,2693	0,0001	0,0000
236	26	0,2589	0,0001	0,0000
243	27	0,2421	0,0000	0,0000
251	28	0,2329	0,0000	0,0000
259	29	0,2242	0,0000	0,0000
266	30	0,2097	0,0000	0,0000
274	31	0,2020	0,0000	0,0000
281	32	0,1890	0,0000	0,0000
289	33	0,1821	0,0000	0,0000
296	34	0,1704	0,0000	0,0000
304	35	0,1643	0,0000	0,0000
311	36	0,1537	0,0000	0,0000
319	37	0,1483	0,0000	0,0000
326	38	0,1388	0,0000	0,0000
334	39	0,1339	0,0000	0,0000
341	40	0,1253	0,0000	0,0000
349	41	0,1210	0,0000	0,0000
356	42	0,1133	0,0000	0,0000
364	43	0,1094	0,0000	0,0000
371	44	0,1024	0,0000	0,0000
379	45	0,0989	0,0000	0,0000
386	46	0,0926	0,0000	0,0000
393	47	0,0867	0,0000	0,0000

FONTE: Ginevan (1979).

* β : probabilidade de ocorrência do erro tipo II para exatidões reais da 0,90; 0,99.

Nesta tabela as colunas 3, 4 e 5 correspondem ao risco do produtor rejeitar mapas com exatidão de 90%, 95% e 99%, respectivamente. Por exemplo, para um número de pontos igual a 174 poderiam ocorrer até 18 erros de classificação no mapa que está sendo avaliado para que este fosse aceito como se tivesse a precisão estabelecida. Com este número de pontos corre-se um risco de 37,87% de aceitar um mapa como tendo uma exatidão menor que 85% quando na realidade ele tivesse uma exatidão de 90% (rejeitar um mapa bom).

CAPÍTULO 6

UMA METODOLOGIA PARA O MAPEAMENTO DE COBERTURA E USO DA TERRA ATRAVÉS DE CLASSIFICAÇÃO DIGITAL

Devido à grande quantidade de dados obtidos a partir de sensoriamento remoto orbital, têm sido desenvolvidas técnicas de classificação digital com o objetivo de analisar grande quantidade de dados num tempo relativamente curto.

O processo de classificação digital envolve os seguintes procedimentos:

- a) leitura do arquivo de fitas compatíveis com o computador e identificação das coordenadas correspondentes à área de estudo.
- b) Seleção dos melhores canais a serem utilizados na classificação a partir de algoritmos de seleção de atributos. Nesta etapa, dado o conjunto de n canais disponíveis, acha-se o melhor subconjunto de K canais a ser usado para classificação, os quais provêm um compromisso ótimo entre a precisão da classificação e o tempo/custo operacional.
- c) Delimitação da área de estudo na tela do sistema.
- d) Ampliação da área de estudo na tela do sistema utilizando os programas disponíveis.
- e) Definição da legenda a ser utilizada no trabalho.

- f) Seleção do algoritmo de classificação a ser utilizado. Tais algoritmos dividem-se quanto à interação homem/máquina em dois tipos principais: classificação não-supervisionada e supervisionada. Em ambas as classificações, os alvos que compõem a cena imageada são agrupados, a partir de similaridades, em suas respostas espectrais, em classes ou temas. No caso de classificação não-supervisionada as classes são definidas estatisticamente sem a interferência do analista. Na classificação supervisionada as classes são definidas a priori pelo analista, e a área de estudo é classificada de acordo com as respostas espectrais das diferentes classes a serem analisadas. São fornecidas ao sistema classificador amostras (áreas de treinamento) representativas das diferentes classes a serem analisadas, e o sistema irá classificar toda a área com base nas características destas amostras.
- g) Classificação da área de estudo.
- h) Cálculo da precisão da classificação. Este cálculo consiste na comparação dos dados digitalmente analisados com os obtidos de fotografias aéreas ou levantamento de campo, para determinar os acertos e erros ocorridos na classificação realizada. A avaliação da precisão da classificação pode ser feita a partir da própria utilização do sistema de tratamento de imagens. Neste caso, calculam-se automaticamente os erros de inclusão e omissão a partir da interseção dos resultados da classificação da área de estudo com as áreas testes definidas espacialmente para checar os

resultados obtidos e determinadas a partir do uso de dados de verdade terrestre. As áreas testes deverão ser relativas às diferentes classes analisadas. Deste modo, pode-se avaliar o número de "pixels" corretamente classificados em cada classe, bem como através da interseção do resultado da classificação de determinada classe com as áreas testes das demais classes, e obter o número de "pixels" incorretamente classificados. Este método, descrito em Niero e Lombardo (1979), calcula os erros de omissão e inclusão trabalhando com todos os "pixels" das áreas testes. O erro de omissão é calculado a partir do número de "pixels" que não foram classificados dentro da área teste analisada. O erro de omissão é obtido pela razão:

número de "pixels" não-classificados como pertencentes à área teste da classe analisada

número de "pixels" pertencentes à área teste da classe analisada

O erro de inclusão, "pixels" erroneamente classificados como pertencentes à classe analisada, é expresso pela razão:

número de "pixels" pertencentes às demais classes, classificados erroneamente como elemento da classe analisada

(número total de "pixels") - (número de "pixels" da classe analisada)

Observa-se que o método descrito anteriormente, no Capítulo 5, é aplicável também neste caso, através da comparação de informações pontuais do resultado da classificação automática ("print-out", fotos da tela do sistema) com dados de campo ou fotografias aéreas.

CAPÍTULO 7

MONITORAMENTO DE USO DA TERRA ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Em função da dinâmica de alteração de uso da terra há necessidade de um acompanhamento contínuo, pois as informações tornam-se desatualizadas num curto espaço de tempo.

A utilização de dados multitemporais, fornecidos por satélites de Sensoriamento Remoto associados às técnicas de interpretação permitem o levantamento do uso atual da terra necessário para fins de planejamento.

O monitoramento do uso da terra pode ser feito utilizando a interpretação visual ou o processamento digital.

No caso da interpretação visual, as informações obtidas nas diferentes épocas, analisadas sob a forma de mapas de uso da terra, podem ser comparadas entre si a partir da superposição de "overlays" e anotação das alterações ocorridas.

Com relação ao monitoramento de uso da terra através de processamento digital, este pode ser realizado a partir da técnica de registro de imagens, que permite a obtenção de um produto em que se localizam as alterações ocorridas a serem comprovadas em campo ou pela interpretação visual de outros produtos.

Através da técnica de registro de imagem é possível realizar a superposição de diferentes passagens e

produzir, com a associação de cores adequadas, uma composição multitemporal colorida, cujo processo geral de obtenção, no caso de duas passagens, é representado na Figura 7.1. Analisando esta figura pode-se verificar que:

- a) as áreas em que não ocorreram mudanças, considerando as duas passagens do satélite, apresentam uma composição colorida neutra (branca ou preta), dependendo da reflectância do alvo;
- b) as áreas em que ocorreram mudanças apresentam-se nas cores "cyan" ou vermelha, conforme a alteração, da primeira data para a segunda ou vice-versa.

A Figura 7.2 representa uma composição colorida do tipo descrita.

As áreas que na composição colorida aparecem em tons de cinza-claro correspondem às áreas que nas duas passagens apresentavam uso urbano e/ou solo exposto (alta reflectância). Os tons de cinza-escuro correspondem às áreas que nas duas passagens apresentavam cobertura vegetal e/ou corpos d'água e áreas úmidas (baixa reflectância). Nesta mesma composição colorida, as áreas em cyan representavam alvos que na primeira passagem eram áreas urbanas e/ou solo exposto e na segunda passagem encontravam-se ocupadas por vegetação (jardins, áreas de reflorestamento etc). As áreas que aparecem em cor vermelha são as que na primeira passagem apresentavam cobertura vegetal e na segunda mostravam ocupação urbana e/ou solo exposto.

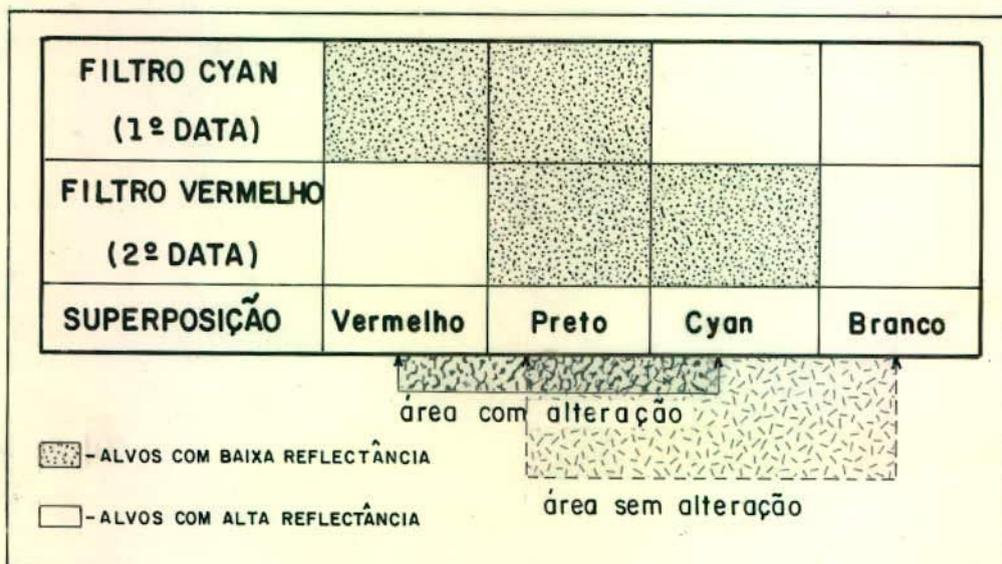


Fig. 7.1 - Esquema do processo de obtenção de composição multiespectral (Adaptado de Eyton, 1983).

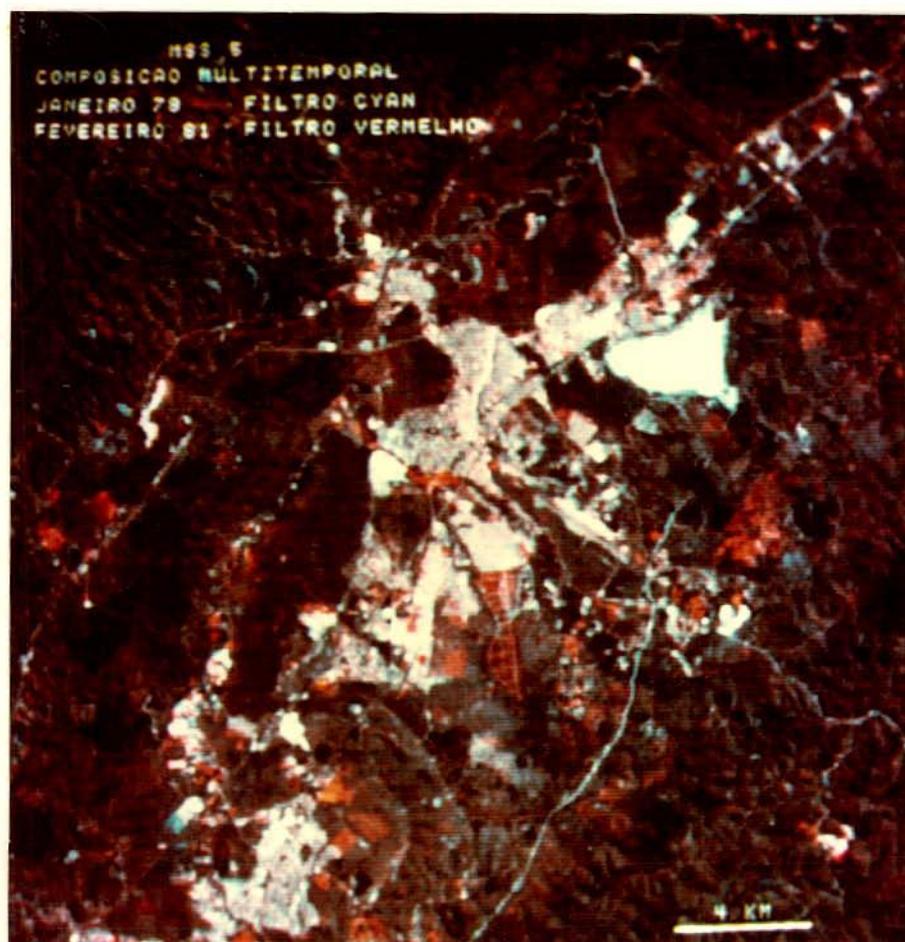


Fig. 7.2 - Composição multiespectral obtida a partir de dados LANDSAT - área urbana de São José dos Campos.

A utilidade destas composições coloridas para o monitoramento do uso da terra é destacar áreas em que ocorrem alterações de uso orientando e reduzindo os trabalhos de campo e/ou estudos mais detalhados através de outros produtos de sensoriamento remoto.

CAPÍTULO 8

O PROJETO AUTES - ATUALIZAÇÃO DE USO DA TERRA DO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS ATRAVÉS DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO - UM EXEMPLO PRÁTICO

O projeto AUTES teve como objetivo principal elaborar procedimentos para a extração de informações sobre uso da terra do município de São José dos Campos, através de dados de Sensoriamento Remoto; este projeto foi realizado em cooperação com a prefeitura local.

A área de atuação do projeto abrangeu todo o município de São José dos Campos, localizado no médio Vale do Paraíba, compreendendo uma área de 1.118 km².

Para a realização do trabalho foram utilizadas fotografias aéreas pancromáticas na escala 1:25.000, composições coloridas TM/LANDSAT obtidas a partir da combinação dos canais TM 2, 3 e 4; TM 5, 3 e 4 na escala 1:100.000, e imagens TM nos canais 3, 4, 5 e 7 na mesma escala. Foram também utilizadas cartas planimétricas na escala 1:25.000, e cartas topográficas na escala 1:50.000 que serviram de base cartográfica para a realização do trabalho.

A metodologia desenvolvida para o levantamento no uso da terra do município obedeceu os seguintes passos:

1) Obtenção de dados de Sensoriamento Remoto do município.

Esta fase consistiu na obtenção de fotografias aéreas na escala 1:25.000 e aquisição de imagens LANDSAT sobre o município de São José dos Campos.

2) Estratificação do Município em áreas homogêneas quanto ao relevo

Tendo em vista o efeito do relevo sobre o comportamento espectral dos diferentes tipos de uso da terra, bem como sobre sua distribuição espacial e a grande variedade topográfica da área de estudo, tornou-se fundamental a estratificação da área do município em termos de seus grandes compartimentos topográficos.

A estratificação da área foi feita a partir da utilização de imagem LANDSAT no canal correspondente ao infravermelho próximo.

3) Seleção de áreas testes que contenham diferentes classes de uso da terra

Dentro de cada unidade homogênea de relevo, foram selecionadas áreas testes representativas das diferentes classes de uso da terra que ocorrem no município.

A seleção das áreas testes foi feita após o lançamento das faixas de voo sobre as unidades de relevo e a inspeção das fotografias aéreas correspondentes a cada uma das unidades.

4) Elaboração de legenda e chaves de identificação de uso da terra

Na elaboração da legenda de uso da terra, num primeiro passo, foram utilizadas as fotografias aéreas correspondentes às áreas testes selecionadas. A seguir, estas áreas foram demarcadas na composição colorida TM/LANDSAT referente aos canais 2, 3 e 4. A partir da utilização deste novo produto, redefiniu-se a legenda e criaram-se chaves de identificação particulares de imagens TM.

A legenda final bem como as chaves de identificação elaboradas para as fotografias aéreas e imagens, encontram-se descritas nas seções 4.3 e 4.5, respectivamente.

5) Realização do mapeamento de uso da terra para o município como um todo, através do uso de fotos aéreas e imagens TM/LANDSAT

Após o mapeamento das áreas testes e a criação da legenda e das chaves de identificação, foi realizado o mapeamento de uso da terra de todo o município. Isto foi feito através de um mapa de uso da terra com a utilização de fotos aéreas interpretadas por técnicos da prefeitura de São José dos Campos e imagens TM/LANDSAT analisados por técnicos do INPE.

No mapeamento de todo o município foi utilizada basicamente a composição colorida TM 2, 3 e 4, e os dados foram complementados a partir do uso da composição 5, 3 e 4 e dos canais individuais 3, 4, 5 e 7.

A partir da interpretação visual de fotografias aéreas na escala 1:25.000, de imagens TM na escala 1:100.000 e checagem de campo, foram obtidos os seguintes produtos referentes ao uso da terra.

a) Mapas de uso da terra nas áreas testes na escala 1:25.000

Através da fotointerpretação das aerofotos das áreas testes em sua parte útil, eliminando as bordas (onde as distorções são maiores), foram produzidos mapas com as classes de uso da terra identificadas. Reforça-se a idéia de que o mapeamento destas áreas teve como objetivo não apenas o produto cartográfico em questão, mas também a geração da legenda e das chaves de identificação para o levantamento de uso da terra.

b) Mapas de uso da terra do município na escala 1:25.000

Este produto foi gerado utilizando para todo o município a legenda, as chaves de identificação e os procedimentos desenvolvidos para as áreas testes. Foram produzidas folhas temáticas em correspondência com as cartas planimétricas da ELETROPAULO. Quatro destas, já referidas na metodologia, serviram para testar a exatidão da classificação de uso da terra realizada com imagens TM.

c) Mapa de uso da terra do município, na escala 1:100.000, obtido a partir de aerofotos.

Outro produto obtido foi o mapa de uso da terra do município na escala 1:100.000, feito a partir da redução fotográfica das cartas temáticas na escala

1:25.000. Este mapa servirá de base para atualizações futuras de uso da terra através de imagens TM seqüenciais.

**d) Mapa de uso da terra na escala 1:100.000,
mapeamento das base nas imagens TM/LANDSAT**

A geometria das imagens TM até a escala 1:100.000 permite que elas sejam utilizadas como base planimétrica para a confecção de cartas temáticas conforme Machado e Silva e D'Alge (1986). Assim, com base nas imagens TM na escala 1:100.000 foram gerados mapas de uso da terra para as áreas testes do município e para o município como um todo.

**6) Estimativa da exatidão do mapa de uso da terra
obtido a partir de imagens TM/LANDSAT**

Com o objetivo de verificar a possibilidade de utilização dos dados TM/LANDSAT no processo de atualização do uso da terra do município de São José dos Campos, foi realizado um teste estatístico para estimar a exatidão da classificação realizada. Neste processo foi utilizada a abordagem proposta por Ginevan (1979), apresentado no Capítulo 5 deste texto.

Na avaliação da exatidão do mapa foram utilizados 150 pontos amostrais. Para tal número de elementos poderiam ocorrer até 15 erros de classificação para que o mapa fosse aceito como de boa qualidade e com 85% de precisão, considerando um α = igual a 0,05.

Dos 150 pontos observados, 14 foram classificados erroneamente. Tal resultado implicou aceitar a hipótese de que o mapa de uso da terra obtido a partir de

imagem TM, tem uma exatidão maior que 85% ao nível de confiança de 95%.

Com relação aos resultados do mapeamento propriamente dito realizado no município, tem-se a distribuição do uso da terra em São José dos Camos, mostrada na Tabela 8.1. Pela análise desta tabela verifica-se que a classe pastagem é predominante, ocupando 64% do município. Esta classe concentra-se na porção de relevo mais acidentado, embora ocorra também em terrenos da várzea do rio Paraíba do Sul.

Do total da área de pastagem mapeada apenas 7% corresponde ao que foi definido, neste trabalho, como pastagem melhorada, o que indica investimentos de capital nesta atividade. A porcentagem restante mapeada como pertencente a esta classe (57%) corresponde a pasto sujo ou campo antrópico, o qual é utilizado ou não para fins de pecuária, além das parcelas de uso com pouca expressão em área não mapeada em suas respectivas classes funcionais.

Em seguida, de modo menos expressivo em termos de área tem-se a classe mata/capoeira, que ocupa 18% da área total de município. Como a classe pastagem esta classe ocorre em regiões montanhosas. Convém ressaltar que nesta classe foram incluídas áreas de reflorestamento devido à dificuldade de separação entre elas.

As formações florestais, ou de mata primitiva, que ocorrem no município foram em quase sua maioria substituídas por pastagem.

TABELA 8.1

PORCENTAGEM DE ÁREA OCUPADA DO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS CAM-
POS POR DIFERENTES CLASSES DE USO DA TERRA

CLASSES DE USO DA TERRA	PORCENTAGEM (%)
- área urbanizada	9
. área construída de uso misto	5,34
. indústria	1,49
. loteamento novo	0,52
. chácaras	1,98
. núcleo residencial rural	0,02
- área agrícola	4
. cultura anual	4,22
. área hortifrutigranjeira	0,16
- pastagem	64
. pastagem melhorada	6,90
. pastagem e/ou antrópico	56,88
- reflorestamento	2
. reflorestamento	0,80
. reflorestamento recém im- plantado	0,88
- mata/capoeira	18
. mata/capoeira	18,06
- área do município	100

(*) cobertura de nuvem 2%

(**) Centro Técnico Aeroespacial (CTA) 1%

Nove por cento (9%) da área do município encontra-se atualmente ocupada pelo uso urbano, que teve grande desenvolvimento nas últimas décadas com a instalação de indústrias de grande porte, as quais ocupam 1,5% do município. Dentro do contexto urbano, a maior parte pertence a classe área construída de uso misto (5%), seguida pela categoria chácaras as quais ocupam 2% do município.

A área agrícola ocupa 4% do município e caracteriza-se apenas pela presença de cultura anual que ocorre na várzea do rio Paraíba. Com relação ao uso agrícola considerado para o município, dois fatos podem ser observados. O primeiro relaciona-se com a inexistência de cultura temporária ou perene expressiva. O segundo fato está ligado à distribuição espacial das áreas agrícolas, em que se verifica pequena ocorrência de culturas anuais na região montanhosa.

Dois por cento (2%) do município, segundo o mapeamento realizado, destina-se as atividades de reflorestamento. Este dado, entretanto, é subestimado, uma vez que esta classe não foi totalmente discriminada de áreas ocupadas por mata/capoeira.

Observa-se que 2% do município não foi mapeado devido à presença de cobertura de nuvens, e 1%, por ser ocupado pelo CTA, área de segurança nacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, J.R.; HARDY, E.E.; ROACH, J.T. *A land use classification system for use with remote-sensor data*, 1971. 16 p. (U.S. Geological Survey Circular 671).
- ANDERSON, J.R.; HARDY, E.E.; ROACH, J.T.; WITMER, R.F. *Sistemas de classificação de uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensoriamento remoto*. Trad. H. Strang. Rio de Janeiro, IBGE, 1979.
- AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY (ASP) *Manual of remote sensing*. Falls Church, VA, 1975.
- AVERY, T.E. *Interpretation of aerial photographs*. 3 ed. Minneapolis, MN, Burgess, 1977. 392 p.
- EYTON, J.R. LANDSAT multitemporal color composites. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 49(2):231-235, Feb. 1983.
- FORESTI, C. *Avaliação e monitoramento ambiental da expansão urbana do setor oeste da área Metropolitana de São Paulo: análise através de dados e técnicas de sensoriamento remoto*. Tese de doutoramento. São Paulo, USP, Departamento de Geografia, 1987.
- GARCIA, G.J.; SANCHEZ, M.C.; VALÉRIO FILHO, M.; NOVO, E.M.L.M.; PINTO, S.A.F.; PEREIRA, M.N. *Estabelecimento de parâmetros interpretativos e potencial de uso das imagens LANDSAT, sensor TM, no planejamento regional e local*. Rio Claro, UNESP, 1986.
- GINEVAN, M.E. Testing land use map accuracy: another look. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 45(10):1371-1377, 1979.
- GRUPO EXECUTIVO DA GRANDE SÃO PAULO (GEGRAN) *Programa de treinamento em fotointerpretação*. São Paulo, 1976.
- HARALICK, R.M. Statistical and structural approaches to texture. *Proceedings of the IEEE*, 67(5):786-804, 1979.
- JULESZ, B. Experiments in the visual perception of texture. *Scientific American*, 232(4):34-43, Apr. 1975.

- KELLER, E.C.de S. Projeto de mapeamento da utilização da terra. São Paulo. *Aerofotogeografia*, (3):1-16, 1969.
- KOFFLER, N.F.; CAVALLI, A.C.; CHIARINI, J.V.; NOGUEIRA, F.P. Inventário canavieiro com auxílio de fotografias aéreas. *PLANALSUCAR*, AI(2): 3-38, dez. 1979.
- MACHADO E SILVA, A.J.F.; D'ALGE, J.C. Avaliação da qualidade geométrica das imagens TM. *Simpósio Latino-Americano de Sensoriamento Remoto - Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 4., Reunião Plenária SELPER, 6., Gramado, RS, 10-15 ago. 1986.*
- NASCIMENTO, I.; THIBAUT, C. *Apports du satellite LANDSAT 5 (thematic mapper) a la connaissance de l'espace urbain.* Paris, Institut D'Amenagement et D'Urbanisme de la Region D'Ile-De-France (I.A.U.R.I.F.), Juin. 1986.
- NASA *LANDSAT data user notes.* Washington, USGS/EDC, 1984.
- 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-RPI/001).
- NOVO, E.M.L.M. *Projeto UTVAP - Análise comparativa entre fotografias aéreas convencionais e imagens do LANDSAT para fins de levantamento do uso da terra.* São José dos Campos, INPE, ago. 1979. (INPE-1337-NTI/113).
- PEREIRA, M.N.; NOVO, E.M.L.M.; KURKDJIAN, M.L.N.de O.; D'ALGE, J.C.L.; FLORENZANO, T.G. *Atualização do uso da terra do município de São José dos Campos através de dados de sensoriamento remoto.* São José dos Campos, INPE, 1987. (INPE-4479-RPE/562).
- THIBAUT, C. *Les possibilites d'exploration de données Thematic Mapper: Bases pour des propositions d'etudes.* Paris, IAURIF, Nov. 1984.
- US DEPARTMENT OF DEFENSE *Image interpretation handbook.* Washington, DC, Department of the Army, Navy and Air Force, 1954. v. 1.

VALERIANO, D.M. *Processamento digital de dados do MSS/LANDSAT aplicado ao mapeamento da cobertura da terra da planície costeira do Rio Tubarão, SC; metodologia e estimativa de exatidão de classificação.* Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos, INPE, mar. 1985. (INPE-3455-TDL/188).

VASCONCELLOS, H.O.; CASTRO, J.A.B.; DRUMMOND, O.A.; BATISTA, G.T.; TARDIN, A.T. *Deteção de fumagina (capnodium citri, Webber) em citrus através de sensores remotos usando filme infravermelho colorido.* São José dos Campos, INPE, out. 1976. (INPE-955-NTE/070).

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY *Manual of photographic interpretation.* Washington, DC, 1960.
- BROCKMANN, C.E.; ZERAIN, R.; OROS, R.; CÔRDOVA, J. *Aplicacion de imagenes LANDSAT en cobertura y uso actual de la tierra en Bolivia.* IN: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PERCEPCION REMOTA APLICADA EN DEMOGRAFIA Y USO ACTUAL DE LA TIERRA. La Paz, Bolívia, 28-30 Noviembre, 1977.
- GARCIA, G.S. *Sensoriamento Remoto: princípios e interpretação de imagens.* São Paulo, Nobel, 1982.
- LEPSCH, I.F.; BELINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; SPÍNDOLA, C.R. *Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso.* Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983.
- 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).
- LOMBARDO, M.A.; NOVO, E.M.L.M.; NIERO, M.; FORESTI, C. *Levantamento de uso da terra através de técnicas de interpretação automática de dados do sistema LANDSAT.* São José dos Campos, INPE, ago. 1981. (INPE-2198-PRE/007).
- MARCHETTI, D.A.B.; GARCIA, G.J. *Princípios de fotogrametria e fotointerpretação.* São Paulo, Nobel, 1977.
- OLIVEIRA, A.de *Fotointerpretação.* Lavras, Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1985.
- RICCI, M.; PETRI, S. *Princípios de aerofotogrametria e interpretação geológica.* São Paulo, Editora Nacional, 1965.
- SPURR, S.H. *Fotogrammetry and photo-interpretation.* 2. ed. New York, NY, Ronald, 1960.
- STRANDBERG, C.H. *Aerial discovery manual.* New York, NY, John Wiley, s.d. 249 p.

VENEZIANI, P. *Métodos de extração visual de dados*; roteiro de aula para o Curso de Mestrado em Sensoriamento Remoto do INPE. São José dos Campos, INPE, Departamento de Sensoriamento Remoto, nov. 1984.