

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA ELETRICA

DESENVOLVIMENTO DE ALGORITMOS COMPUTACIONAIS PARA RECONHECIMENTO
DE CULTURA AGRICOLA USANDO IMAGENS DE SATELITE LANDSAT

*Este trabalho corresponde a
redação final da tese de
por Eurovaldo de Oliveira Ferraz
& aprovada pelo Conselho
em 16/08/89
Saulo Magalhães*

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ORIENTADO : EUROVALDO DE OLIVEIRA FERRAZ

ORIENTADOR: PROF. DR. PAULO CESAR BEZERRA

Campinas, Agosto de 1989.

Agradecimentos

Agradecemos ao Prof. Dr. Helio Drago Romano pela orientação na fase de créditos, às secretárias que datilografaram a fase inicial da tese Vera Lucia de Oliveira e Cleide Muchiutti Pinheiro.

Agradeço ao Prof. Dr. Paulo Cesar Bezerra pela orientação que nos deu com tanta *capacidade e competência*, e pela paciência de nos ter suportado as nossas deficiências.

Agradecemos ainda a UNICAMP E A CAPES pelo apoio, e a todos que de uma forma ou outra contribuíram para o nosso trabalho.

Dedicatória

Dedico esta página ao meu
sustentáculo pelo amor dedicado
minha Mãe e minha Irmã:
FRANCISCA E
MARIA EUFRASIA.

Dedicatória

Dedico esta página à minha
esposa e as minhas filhas
pelo amor dedicado:

Maria Lucia

Paula Caeli

Graziela Karina

Renata Carolina

RESUMO

Este trabalho trata da implementação de algoritmos computacionais para reconhecimento de áreas através da imagem de satélite Landsat. São desenvolvidos alguns conceitos na área de sensoriamento remoto, estudo de áreas de treinamento, reconhecimento de padrões e células neurais na implantação do programa EUROS.

INDICE

1 - Capitulo I - Introduçãõ.....	1
2 - Capitulo II - Conceitos basicos de sensoriamento remoto.....	4
II.1 - Conceitos básicos de sensoriamento remoto.....	5
3 - Estudo da Região de Trabalho.....	21
III.1 - Determinação da região de trabalho.....	22
III.2 - Estudos preliminares de campo.....	23
III.3 - Aquisição de imagens LANDSAT.....	31
III.4 - Estudo aéreo da área de treinamento.....	32
4 - Coleta e Análise de Dados.....	45
IV.1 - Aquisição e análise de dados.....	46
5 - Modelamento.....	58
V.1 - Introduçãõ.....	59
V.2 - O modelamento neural utilizado.....	60
V.2.1 - O estado da célula.....	60
V.2.1.1 - Os momentos (01) e (10). Centro de massa... 61	
V.2.1.2- Os momentos (02) e (20). Momento de inércia 62	
V.2.1.3 - A composição da célula. O protótipo..... 64	
V.2.2 - A definição da função de saída..... 65	
V.2.3 - Implementação do modelo. Programa EUROS..... 67	
6 - Treinamento de Células e Reconhecimento de Regiões.....	69
VI.1 Treinamento de células.....	70
VI.2 O reconhecimento de regiões terrestres.....	70
VI.2.1 - Análise dos resultados dos reconhecimentos... 73	
7 - Conclusões.....	76
VII - Conclusões e considerações finais.....	77

8 - Apendice I.....	81
9 - Apendice II.....	94
10 - Referências Bibliográficas.....	105

CAPITULO I

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

O Instituto de Planejamento e Estudos Ambientais (IPEAD), Campus de Presidente Prudente da UNESP, adquiriu da Alemanha Oriental, equipamentos destinados ao uso da cartografia, incluindo um microdensitômetro MD-100 da ZAISS, com a finalidade de levantar dados para interpretação de fotografias aéreas e imagens de satélites. Entretanto não fazia parte do equipamento, o computador e o software necessário ao estudo das imagens.

Já que a técnica de interpretação visual de imagens exige um conhecimento da área em estudo, sendo também lenta e onerosa, a utilização do computador na interpretação de imagem se apresenta de grande utilidade.

Considerando-se estes aspectos procurou-se desenvolver um trabalho que pudesse ser de interesse dos Departamentos do IPEA no tocante ao desenvolvimento de pesquisas, bem como nos serviços prestados a comunidade local.

Assim, para a realização deste estudo, foi escolhida a região de Presidente Prudente, no Oeste do Estado de São Paulo, uma vez que ela está dentro dos planos de atividades auxiliares à comunidade, dos Departamentos de Cartografia e Ciências Ambientais e por ser de fácil acesso para a observação do campo.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi prover o Departamento de Cartografia de um sistema computacional de baixo custo que processasse os dados de imagens MSS do satélite LANDSAT obtidos pelo microdensitômetro MD-100m da ZAISS e fornecesse um relatório sobre as áreas em estudo.

A técnica de reconhecimento utilizada baseou-se na teoria clássica de protótipos. Por outro lado a estrutura do sistema implementado tem base nas implementações de arquitetura neurais. Os algoritmos de cálculo da média das distância usadas na função discriminadora é sequencial o que permite atualizar o parâmetro de cada secção de aprendizado sem ser necessário a armazenagem de todos os valores anteriores. Na classificação foi usado um potencial com a função arcotangente.

Para a definição das áreas de estudos que serviram como protótipos iniciais na fase de treinamento das células neurais do sistema, foram feitas inspeções de campo e obtenções de aerofotos.

As aerofotos foram obtidas nos dias em torno da passagem do satélite sobre a região, na mesma época do ano e não no mesmo ano, para que se pudesse ter maior certeza na informação aerofotográfica.

Alem das inspeções e aerofotos foram consultados mapas da região junto ao próprio IPEA.

Ao final do trabalho foi possível treinar células para o reconhecimento de água, mata e solo bem como prover ferramentas para a geração e treinamento de novas células para serem usadas no reconhecimento de outras áreas de ocupação.

CAPITULO II

CONCEITOS BÁSICOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

1.1 CONCEITOS BÁSICOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

O emprego do sensoriamento remoto a nível orbital, tem, sido intensificado na última década com o lançamento de satélites pela NASA, principalmente da série Landsat MSS e TM e atualmente o SPOT pela França.

Um dos sistemas de sensores que são transportados pelo satélite é o imageador multiespectral, através do qual são obtidos os dados indicativos dos recursos agrícolas terrestres.

Devido ao caráter multiespectral das imagens MSS (Multispectral Scanner) as informações nelas contidas são em muito maior quantidade do que as obtidas por exemplo na aerofotogrametria.

Os satélites tem órbitas quase circulares aproximadamente polar e síncronas com o Sol. A Terra é sensada de modo contínuo na região ensolarada e a cada imagem corresponde a uma área aproximada de 35.000 Km². Após 251 rotações, o satélite volta a imagear o mesmo local, o que significa um período de 18 dias. Assim as imagens de uma região sensada periodicamente por um satélite permite a análise temporal da evolução das vegetações.

O princípio básico do sensoriamento remoto é a interação da radiação eletromagnética (REM) com a Terra, caracterizado pela reflexão, absorção, emissão, dispersão e transmissão atmosférica..

Na figura (2.1) pode-se observar as várias formas de interação.

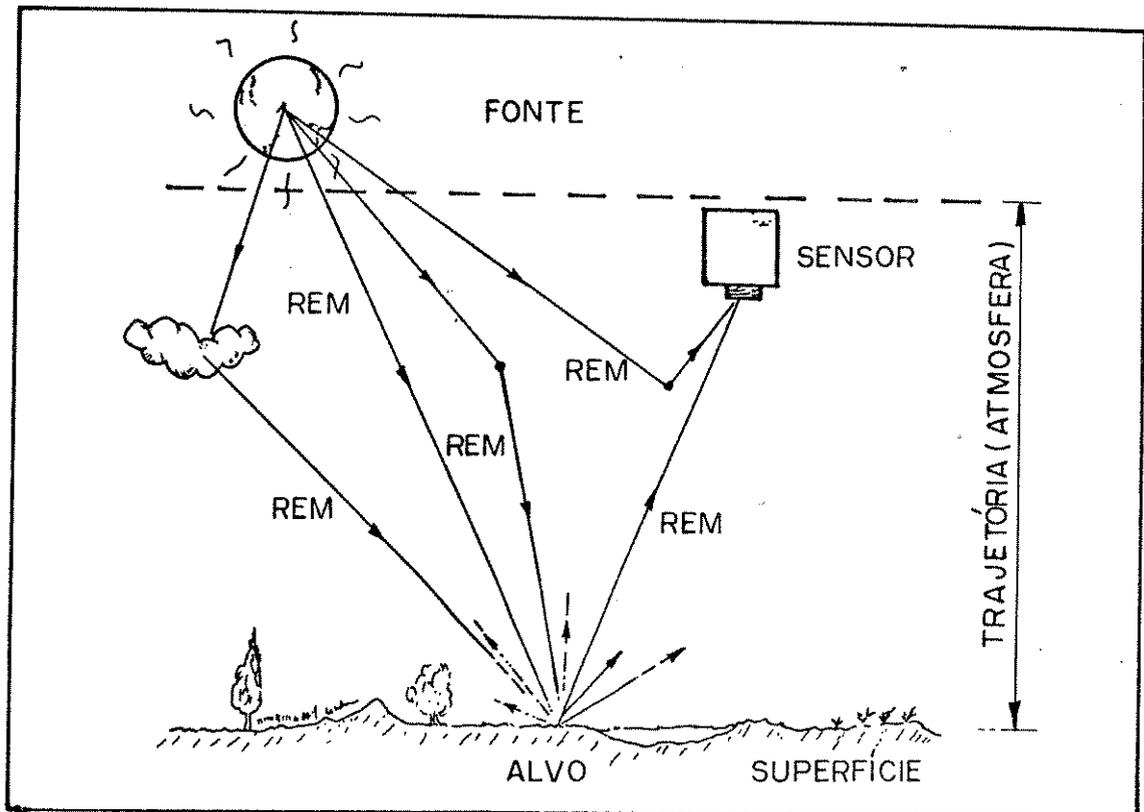


FIGURA 2.1.

Fig 2.1 - Caminho óptico da REM

Ainda na figura (2.1) pode-se notar que a energia radiante emitida pela fonte (Sol) após atravessar a atmosfera, atinge a superfície da Terra, sendo que parte é refletida e outra absorvida e reirradiada. Parte da radiação refletida ou reirradiada atravessa a atmosfera de volta e é coletada pelo sistema sensor.

Os imageadores de satélite usam bandas estreitas de REM pelos sensores remotos para observação e estudo da Terra e da atmosfera.

Os sensores dos imageadores de satélite, são construídos para serem sensíveis a bandas estreitas de REM centradas em comprimentos de ondas característicos dos espectros de reflexão e emissão de radiações do alvo (superfície da Terra) e que atravessam com pouca atenuação a camada atmosférica.

Os sensores do MSS (Multispectral Scanner) deteta a energia radiante refletida pelo alvo em quatro bandas do espectro eletromagnético adquirindo 10 bits de informação por pixel enquanto o TM (Thematic Mapper) deteta esta mesma energia em seis bandas adquirindo 18 bits de informação por pixel.

A figura (2.2) mostra o espectro eletromagnético, nas várias bandas, a transmitância da atmosfera terrestre para a REM e os efeitos causados pela sua interação ou presença.

Existem ao longo de todo o espectro eletromagnético regiões onde a absorção atmosférica é relativamente pequena. Estas regiões, chamadas janelas atmosféricas, caracterizam-se por uma boa transmitância à REM. Portanto, estas são as regiões onde praticamente, todas as atividades em sensoriamento remoto podem ser utilizadas com maior facilidade.

O espectro da REM refletida ou reirradiada pela Terra, mesmo afetado pela atmosfera, mantém informações sobre as características dos elementos da superfície que emitiu ou refletiu. Estas informações dependem da estrutura do alvo, isto é, exclusivamente das propriedades superficiais, da sua estrutura atômica e do comprimento de onda da radiação, fundamento do sensoriamento remoto.

As propriedades radiantes de uma superfície ou objeto, costumam ser estudadas através da medição e comparação, em intervalos de comprimento de onda discretos.

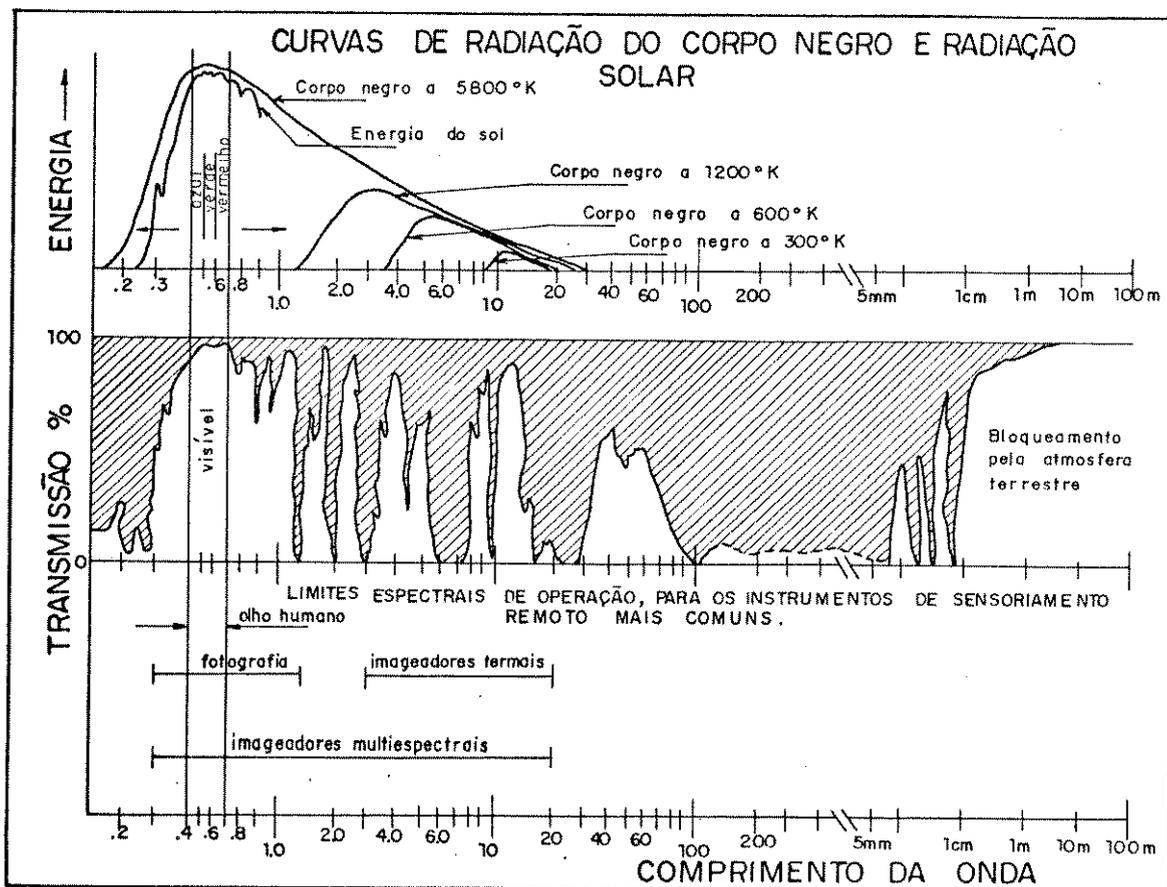


FIGURA 2.2.

Fig. 2.2 - Espectro solar.

O fluxo radiante é definido como a quantidade de energia radiante, por unidade de tempo que atravessa uma unidade de área.

A emissão de energia radiante, decorrente da estrutura e temperatura da substância, embora seja muito baixa comparada com a energia do sol, possibilita o sensoriamento, principalmente a noite, fazer levantamentos na faixa do infra-vermelho.

As relações entre a reflectância, transmitância e a absorvância pode ser dada pelo balanço energético para um determinado comprimento de onda.

$$\theta_{I\lambda} = \theta_{R\lambda} + \theta_{A\lambda} + \theta_{T\lambda}$$

onde:

$\theta_{I\lambda}$ = é o fluxo de energia incidente

$\theta_{R\lambda}$ = é o fluxo de energia refletido

$\theta_{A\lambda}$ = é o fluxo de energia absorvido

$\theta_{T\lambda}$ = é o fluxo de energia transmitido

Dividindo por θ_I tem-se:

$$\frac{\theta_{R\lambda}}{\theta_{I\lambda}} + \frac{\theta_{A\lambda}}{\theta_{I\lambda}} + \frac{\theta_{T\lambda}}{\theta_{I\lambda}} = 1$$

onde:

$$\frac{\theta_{R\lambda}}{\theta_{I\lambda}} = \rho(\lambda) \text{ que é a reflectância espectral}$$

$$\frac{\theta_{A\lambda}}{\theta_{I\lambda}} = \tau(\lambda) \text{ que é a transmitância espectral}$$

$$\frac{\theta_{T\lambda}}{\theta_{I\lambda}} = \alpha(\lambda) \text{ que é a absorptância espectral}$$

daí temos:

$$\rho(\lambda) + \tau(\lambda) + \alpha(\lambda) = 1$$

Segundo Slater [32], em sensoriamento remoto a quantidade total de radiação incidente não é importante mas sim a proveniente de reflexão ou emissão. Os instrumentos de sensoriamento remoto, operam na faixa de 0,3 μm a 3 μm , medindo a radiação refletida e

emitida, permitindo assim o estudo do espectro de radiação da superfície terrestre.

A figura (2.3) mostra a percentagem da energia refletida por uma folha típica em função do comprimento de onda.

Desta forma pode-se verificar que na faixa do visível há uma grande absorção pela clorofila e na faixa do infra-vermelho próximo uma alta reflexão.

Uma pequena parte da luz que incide sobre uma folha é refletida pela cutícula da folha, a restante a maior parte, penetra na folha onde os raios sofrem desvios nas numerosas paredes celulares ocorrendo fenômenos físicos, como a reflexão, devido a mudança do índice de refração.

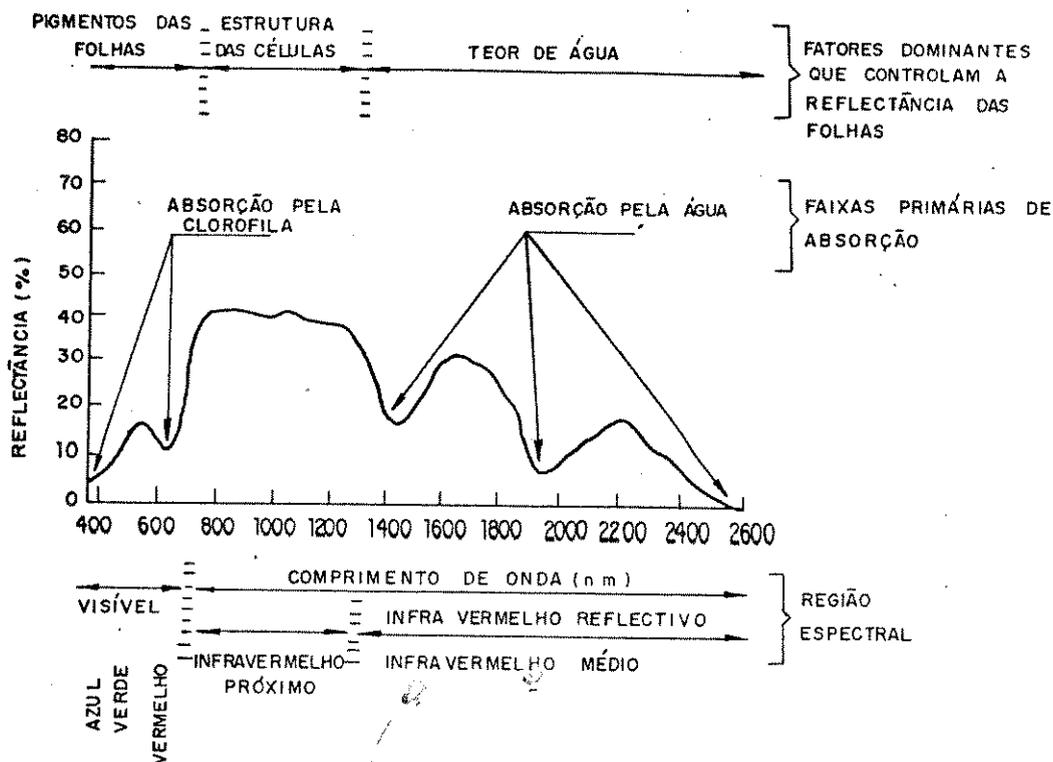


Fig.2.3 - Reflexão de uma folha típica.

De modo geral os fatores que afetam a reflectância da cultura agrícola são de natureza estrutural e geométrica das células da folha.

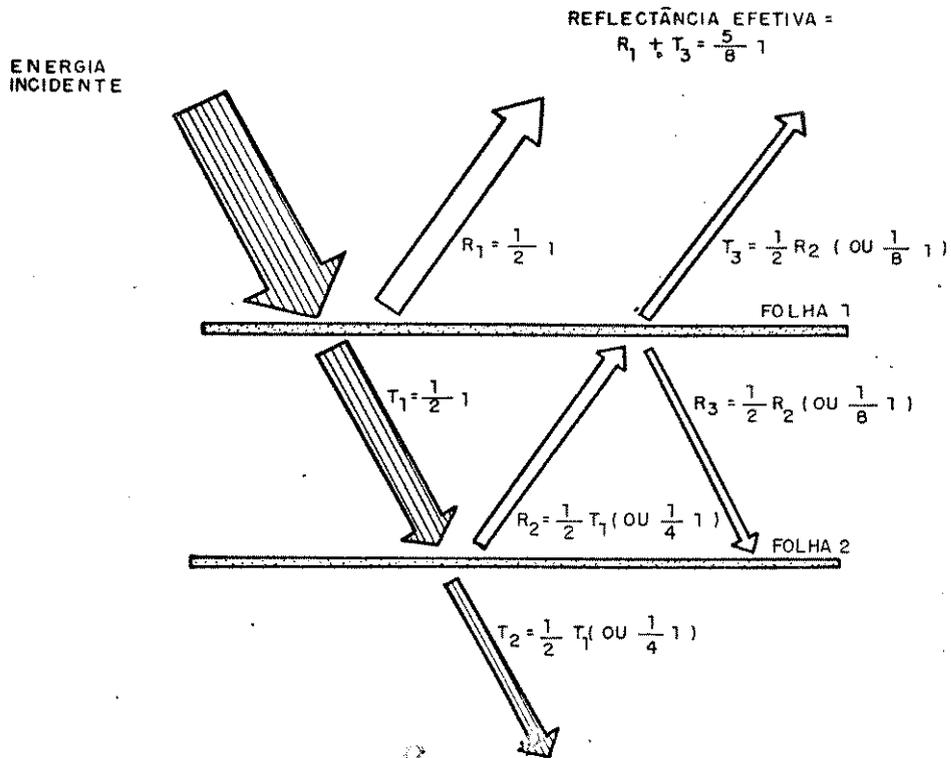


Fig. 2.4 - Esquema do efeito da reflectância aditiva.

A figura (2.4) mostra de modo ideal como ocorre esta reflexão. Da energia incidente, parte é refletida e parte é transmitida, da qual 50% é refletida e 50% transmitida, e o total da energia refletida que sair da camada superior corresponde a 62,5%.

Uma das outras variáveis é a idade que depende do crescimento, época de floração e maturação e até mesmo o estágio com idade diferente como mostra a figura (2.5).

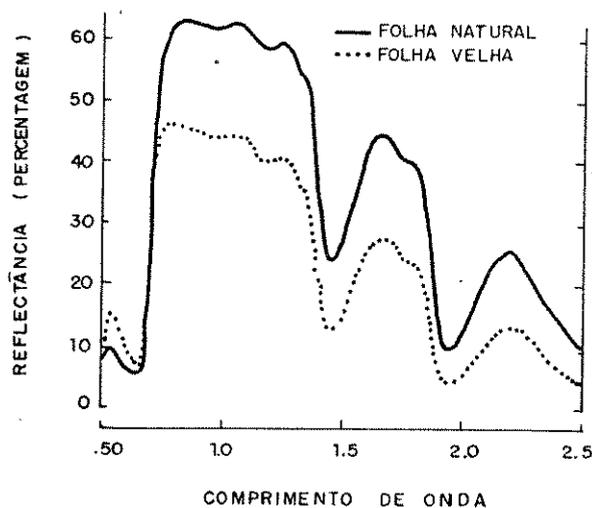


FIGURA 2.5.

Fig. 2.5 - Reflectância de um mesmo vegetal com idade diferentes.

Nesta figura pode-se perceber que a folha natural tem uma reflectância maior do que a folha velha.

Por isso apenas o caráter espectral por si só não é suficiente para a identificação de uma cultura. Tem-se recomendado, segundo Moreira [24], associar a variação temporal e espacial às características espectrais.

Estas características espectrais são obtidas através da assinatura espectral de um aspecto de uma superfície de terreno que Slater [32] define como sendo "um conjunto de valores para a reflectância ou radiância de uma feição, onde cada valor correspondente para a reflectância ou radiância, é a média sobre um diferente, mas definido, intervalo de comprimento de onda".

Nesta definição está implícito que a medição tem que ser multiespectral. E para determinar a reflectância espectral de uma superfície é necessário que se saiba as respostas espectrais do sensor, a transmitância e a radiância da atmosfera no caminho entre a superfície e o sensor.

Como a atmosfera modifica-se a cada instante, e a radiação solar também não é constante variando com o tempo, as medidas obtidas através do satélite podem não fornecer as informações corretas. Deverá ser feita correções atmosféricas para que se possa ter uma certa confiabilidade no sistema.

A reflectância é a que varia com a atmosfera, segundo Slater (29). Isto posto, a tendência é de se supor que a atmosfera é transparente a todas as radiações eletromagnéticas. Entretanto os gases presentes na atmosfera dispersam, absorvem refletem ou transmitem seletivamente os diferentes comprimentos de onda. Desta forma as interações das radiações com a atmosfera, isto é, no caminho entre a superfície e o satélite, deve ser considerado. A figura (2.6) mostra a relação da energia emitida pelo sol e a refletida pela atmosfera e na figura (2.7) a absorção pelos gases.

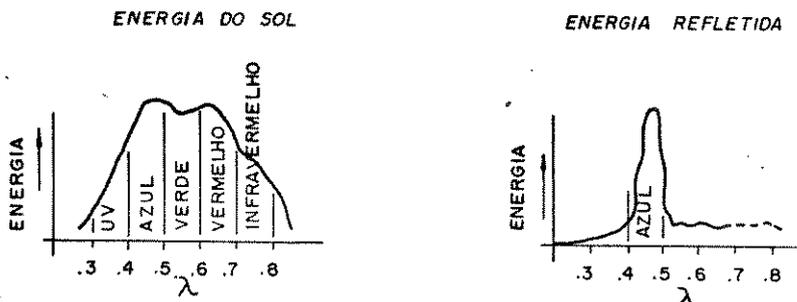


Fig. 2.7 - Energia emitida pelo Sol e refletida pela Terra

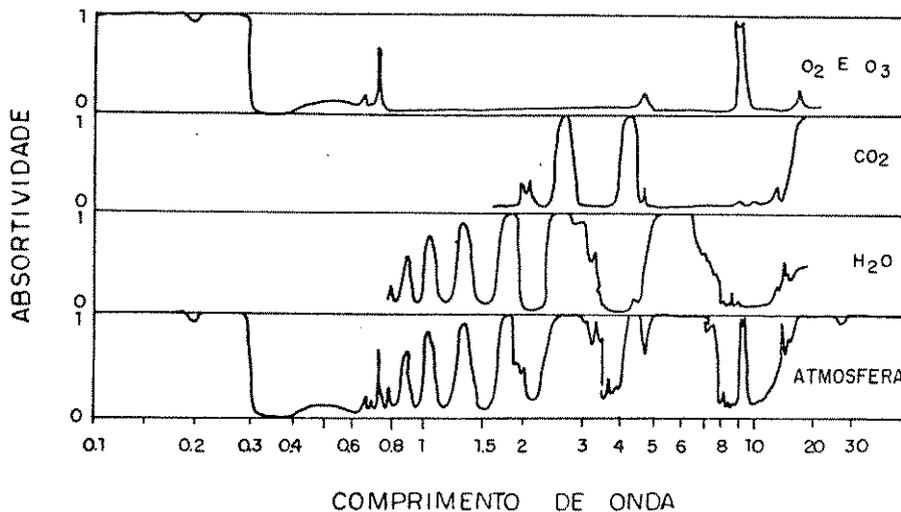


FIGURA 2.7.

Fig. 2.7 - Absorção dos gases

Pela figura (2.7) pode-se observar que na faixa de 0.3 a 0.6 μm há pouca variabilidade na reflexão devido a atmosfera, como mostra o espectro na faixa do visível. Trabalhando-se nesta faixa de comprimento de onda pode-se obter uma assinatura espectral com uma certa confiança. Entretanto as imagens obtidas pelo satélite vão de 0,45 μm a 2,35 μm , devendo então ser feitas algumas correções.

Slater [32] diz que num trabalho realizado por Turner, um conjunto de medidas sobre áreas testes obtidas num determinado dia, foram usadas para classificar as mesmas áreas testes no dia seguinte, observando-se que a classificação diminuiu de 87% para 65% do primeiro para o segundo dia.

O sensoriamento remoto oferece uma oportunidade de acompanhamento e avaliações, rápidas e frequentes, de áreas agrícolas. Com efeito, dadas as características complexas das culturas, sujeitas a contínuas variações, torna-se extremamente difícil a sua análise. Assim sendo, um programa que utiliza sensoriamento remoto para o estudo de cultura agrícola requer um conhecimento de plantas e suas interações com a energia de radiação eletromagnética.

Segundo Mendonça [23] citando Misra e Wheler diz que "utilizando dados multiespectrais do MSS do Landsat, afirmam que a noção de resposta espectral, tomada como base para classificação de temas, não parece satisfatória. De acordo com esses autores, a resposta espectral de dados da agricultura é grandemente afetada, dependendo da época em que são tomadas. Assim sendo, concluíram eles, que para a classificação das culturas é necessária associar as variações espectral e temporal".

Pode-se usar a mesma cena para identificar outras áreas com a mesma assinatura espectral e assim determinar se existem áreas a serem classificadas com a mesma assinatura. Esta busca de áreas com a mesma assinatura espectral que a área teste é chamada de assinatura espacial por extensão.

De Gloria [8] num de seus trabalhos faz comparação do uso de imagens MSS e TM mostrando as vantagens do TM sobre MSS. Primeiramente o MSS detecta a radiação refletida em quatro bandas espectrais discretas que são codificadas em 64 níveis de

cinza por banda. O TM detecta a radiação refletida em seis bandas estreitas no visível e na região do infra-vermelho que é codificada em 256 níveis de cinza. Ele faz uma análise da viabilidade espectral e representação espacial de uma agricultura específica e de florestas e conclui que a qualidade e utilidade dos dados do TM são mais que suficientes para medir a maioria dos objetos levantados dos recursos renováveis. Neste mesmo trabalho é colocado que devem ser escolhidas as bandas que tenham baixa correlação interbandas e alta resolução espectral.

O estudo de assinaturas espectrais tem ajudado na identificação de várias vegetações e de classes não vegetativas e na compreensão de sua classificação espectral. Há considerável variação na resposta espectral de vegetação obtida em duas diferentes estações por causa de diferenças em estágios de crescimento e densidade. Entretanto com um cuidadoso estudo temporal da assinatura espectral, pode ser possível obter informação a respeito do estágio de crescimento e densidade da floresta decídua tropical de áreas conhecidas com as mesmas condições. Portanto a assinatura espectral pode ser considerada como uma das importantes ferramentas na identificação de várias áreas cobertas e suas discriminações em sensoriamento remoto.

Em classificação automática de reflorestamento de Pinho e Eucalipto, usando dados do MSS das quatro bandas, Shimabukuro [31] utilizou o mesmo sistema de classificação que Kalensky para diferenciar floresta de não floresta, que é o Image 100, obtendo uma classificação satisfatória.

Santos [29], utilizou imagens do MSS dos canais 5 e 7 para interpretação visual e automática no acompanhamento de queimadas na vegetação de cerrados. Na interpretação automática foi utilizado o programa de Maxver que se baseia em áreas previamente selecionadas para treinamentos.

A classificação supervisionada envolve tres grandes passos, segundo Adeniyi [1] no seu trabalho de análise multitemporal de dados do Landsat: seleção de áreas de treinamento, geração de assinatura espectral para as áreas de e a classificação de subcenas com base na assinatura gerada para a área de treinamento.

As assinaturas espectrais geradas para áreas de treinamento foram usada para a classificação por Maxver. Neste caso foram usados dados referentes aos anos de 1972, 1975 e 1980 envolvendo várias classes para classificação.

O desenvolvimento de classificação temporal apresenta um perfil típico para algumas classes, onde se observa uma variabilidade muito grande no decorrer do período estudado.

Após obter os dados da imagem é necessário fazer a classificação das áreas padrões e posteriormente por comparação a obtenção de outras áreas afins.

Segundo Mascarenhas et alli [21] e [22] esta classificação poderá ser feita através de reconhecimento de padrões por método estatístico e isto se justifica por motivo de que:

- Sempre há incerteza envolvendo a identidade verdadeira da classe.
- os dados exibem ruídos que tendem a obscurecer diferenças entre classes.

Quando aqui nos referimos a reconhecimento de padrão nos restringimos na determinação automática de características padrões em dados sensados de imagens.

Para sensores de imagem digital, como primeira aproximação, a unidade pode ser pensada como uma pequena área de terra, isto é, para cada área um elemento de figura (pixel) na imagem. O sensor faz um conjunto ordenado de medidas em cada unidade sensada. O conjunto de medidas ordenadas é chamado de vetor medida ou medida padrão. Cada valor medido neste conjunto é um número proporcional a radiação recebida pelo sensor na mesma banda do espectro eletromagnético durante um determinado tempo de observação.

O problema básico de reconhecimento de padrão é determinar a classe de informação ou categoria de cada região do terreno usando o conjunto de medidas padrões do sensor.

Para reconhecimento automático de padrão, devemos definir a classe de entidades de interesse isto é, a espécie de objetos que entre os quais desejamos discriminar. Assim, devemos ter uma

metodologia que permita o reconhecimento de objetos pertencentes a classe dos interessados.

Usando esta metodologia, precisa-se construir uma regra de decisão a qual decidirá que espécie de produto, em particular, é o objeto, na base das medidas feitas na pequena área observada.

O problema de construção de uma regra de decisão é o problema de discriminação de padrão. Ele é baseado no modelo probabilístico e permite-nos estimar a razão de erro do processo de decisão automática. A maioria dos reconhecimentos de padrões é feita processando as informações separadamente de cada pixel dos dados das imagens sensadas. Quando a informação do pixel consiste somente na medida padrão do sensor, obtida durante um tempo de observação, a medida padrão é chamada de vetor-feição multiespectral e conseqüentemente o reconhecimento de padrão também é multiespectral.

As técnicas de reconhecimento de padrão sempre fazem uso das funções densidade de probabilidade associadas às classes. Não tendo conhecimento das funções, torna-se necessário fazer estimativas a partir das áreas testes.

Sejam as classes caracterizadas pelas funções densidade de probabilidade condicional.

$$P(x/w_i) \quad i=1,2,\dots$$

A função $P(x/w_i)$ da a densidade de probabilidade de ocorrência do padrão x , dado que x é de fato da classe w_i . Uma

hipótese importante feita nos algoritmos desenvolvidos é que $P(x/w_i)$ é a densidade gaussiana.

Pode-se também através do conceito de dividir o espaço de atributos em regiões de decisão, onde cada região corresponda a uma determinada classe, obter padrões de identificação do objeto.

As funções que nos dão a relação entre o atributo e a região são funções discriminantes. Estas funções podem ser selecionadas baseando-se em considerações técnicas, através de experiências ou até por "intuição". Mas usualmente são encontradas usando-se amostras selecionadas.

C A P I T U L O I I I
E S T U D O D A R E G I Ã O D E T R A B A L H O

III.1 DETERMINAÇÃO DA REGIÃO DE TRABALHO

A determinação do campo de trabalho, teve como princípio a idéia de identificação de cultura agrícola usando imagens do satélite Landsat.

Ao serem feitos os primeiros estudos, observou-se a necessidade de um acompanhamento destas culturas no tempo e espaço, mas este acompanhamento esbarrou-se na dificuldade de obtenção de dados referentes as culturas existentes na época da passagem do satélite sobre a região, uma vez que as imagens já haviam sido adquiridas em anos anteriores.

Então foi feito um levantamento, junto a Divisão Regional Agrícola de Presidente Prudente - SP (DIRA) com a finalidade de obter subsídios das culturas da região e escolher a mais conveniente para os estudos preliminares. Através deste levantamento observamos que as áreas de plantíos eram bastante diversificadas e de pequenas propriedades, e conseqüentemente áreas de difícil identificação nas imagens de satélite. Estas informações eram imprecisas, pois baseavam-se nas colheitas dos anos anteriores e por amostragem, portanto de difícil acompanhamento. Optou-se então pela cultura do café uma vez que ela é permanente, mas novamente esbarrou-se nas pequenas áreas de plantíos.

Depois de algumas análises para definir o campo de trabalho, partiu-se para a observação na imagem de satélite Landsat de áreas visíveis e de fácil identificação visual passíveis de medição através do microdensitômetro. Com o auxílio de professores do Dep. de Cartografia, estudiosos da região de Presidente Prudente identificou-se visualmente áreas supostas de matas, e a partir daí definiu-se como campo de trabalho a identificação de áreas de mata, solo e água.

III.2 ESTUDOS PRELIMINARES DE CAMPO

Como o objetivo era desenvolver um trabalho relacionado com as atividades da unidade, entre os Departamentos de Ciências Ambientais e o de Cartografia, procurou-se como primeira fase levantar as informações a respeito de culturas através de um levantamento aéreo, pois haveria possibilidade de localização e cálculo de áreas através da aerofotogrametria.

Devido ao alto custo de cobertura aerofotográfica, procurou-se fazer algumas adaptações construindo uma plataforma para uso de máquina fotográfica num avião Paulistinha conforme mostra a foto 1.



Foto 1: Detalhe da fixação da camara no avião.

Em princípio pensou-se em obter dados com uma determinada precisão e portanto foram elaborados cálculos, para uma determinada escala pré estabelecida. O método que inicialmente pretendeu-se utilizar foi o de aerofotogrametria, conforme mostra a montagem fotográfica, foto z, fazendo-se uma varredura da região na escala de 1:10.000.

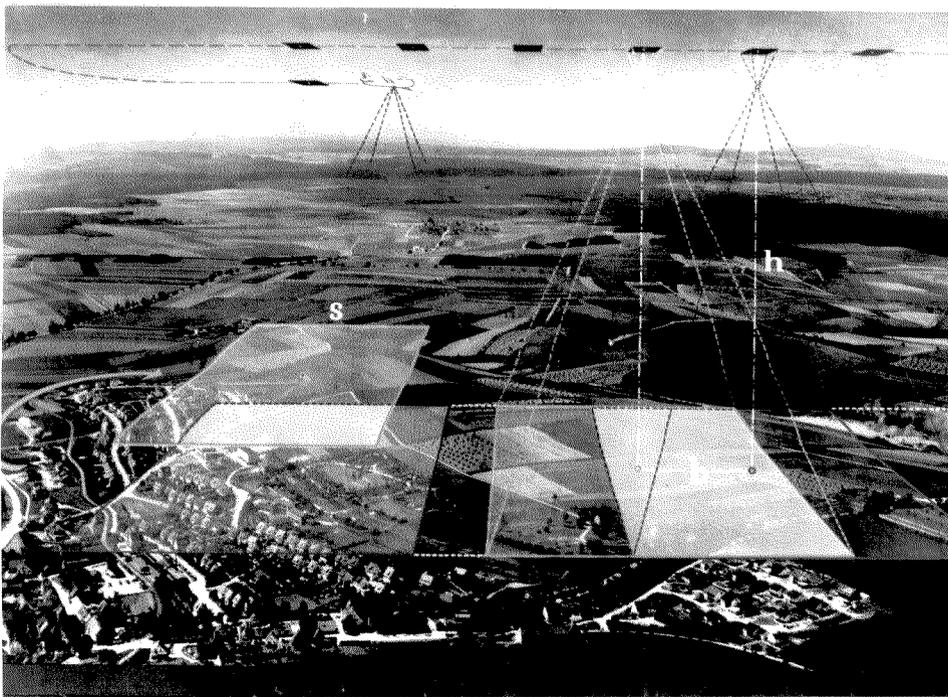


Foto z - Montagem para obtenção de superposição.

Esta tentativa foi realizada com a montagem da câmara e a plataforma no Paulistinha, e isto provocou uma mudança na aerodinâmica do avião causando um aumento na vibração, o difícil controle da velocidade e a constante variação de altitude e conseqüentemente a obtenção de fotografias de baixa qualidade.

Para eliminar estas causas seria necessário um investimento muito alto o que tornou inviável a obtenção de fotos aerofotogramétricas conforme modelo da foto z.

As fotos 3,4,e 5 mostram uma sequência da tentativa de obter superposição e precisão de escala.

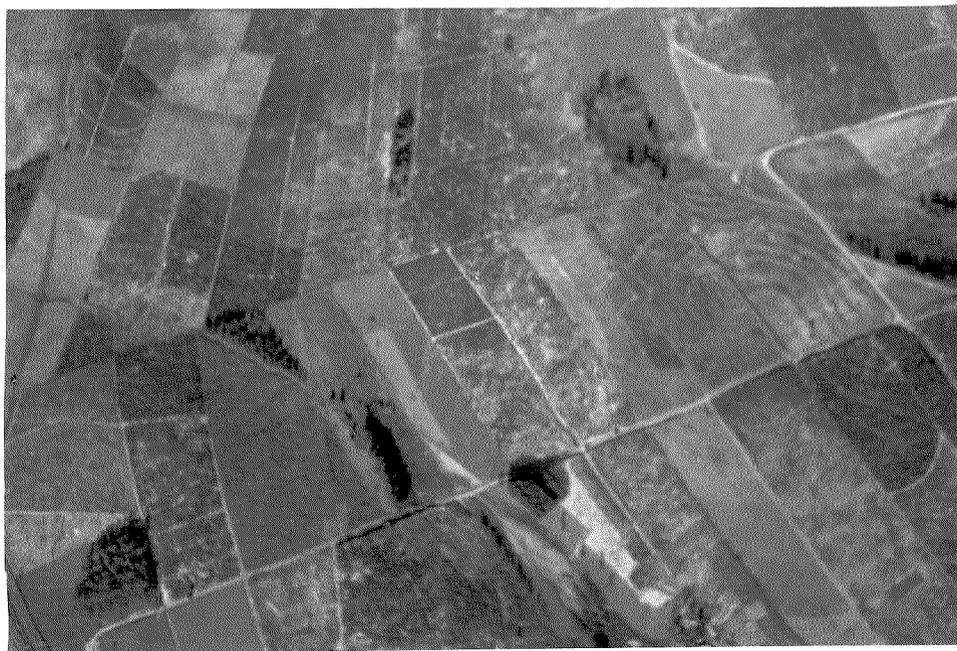


Foto 3 - Teste sobre área de café



Foto 4 - Sequência da foto 3



Foto 5 - Sequência da foto 4.

Desta forma foi abandonado este método uma vez que a preocupação era obter dados de acompanhamento e documentação das culturas da região. Assim sendo procurou-se tirar fotos sem a precisão antes cogitada, fazendo um levantamento de plantações de café e outras culturas.

As fotos 6,7,8 e 9 foram tiradas entre Adamantina e Dracena na região da Alta Paulista. A foto 6 mostra um pequeno cafezal no meio de uma diversificação de culturas e solo a vista, enquanto a foto 7, tirada de uma altura menor, apresenta detalhes do cafezal mostrando a sua textura em relação ao conjunto.



Foto 6 - Vista geral do cafezal.



Foto 7 - Vista do cafezal com detalhes.

Note na parte direita da foto 8 detalhe de irrigação de uma cultura e foto 9 esta mesma cultura destacando-se, comparada com outras plantações e solo nú.

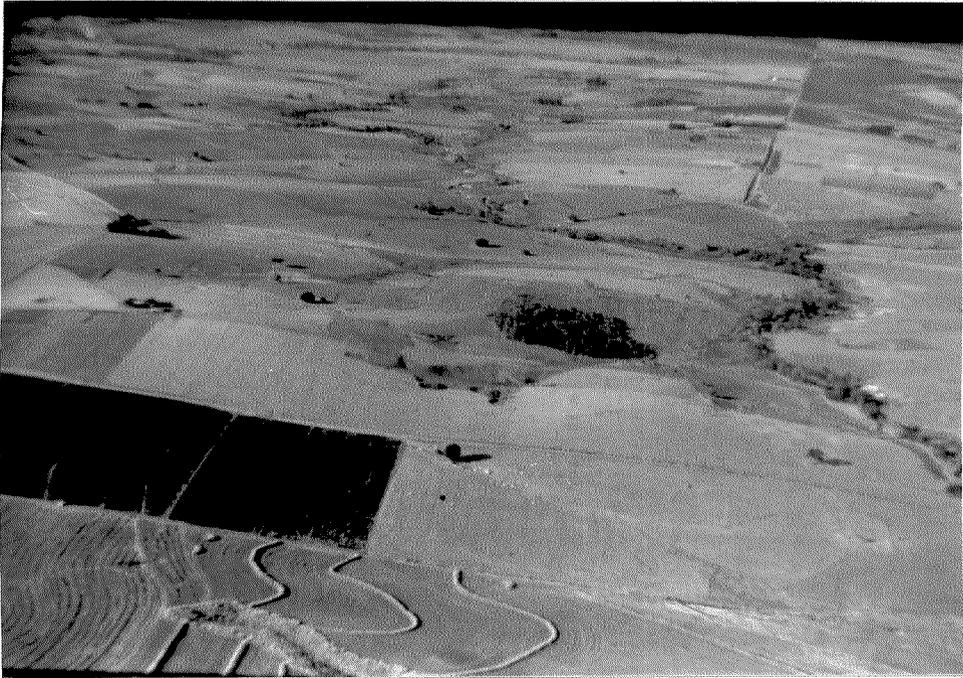


Foto 8 - Vista geral de cultura.

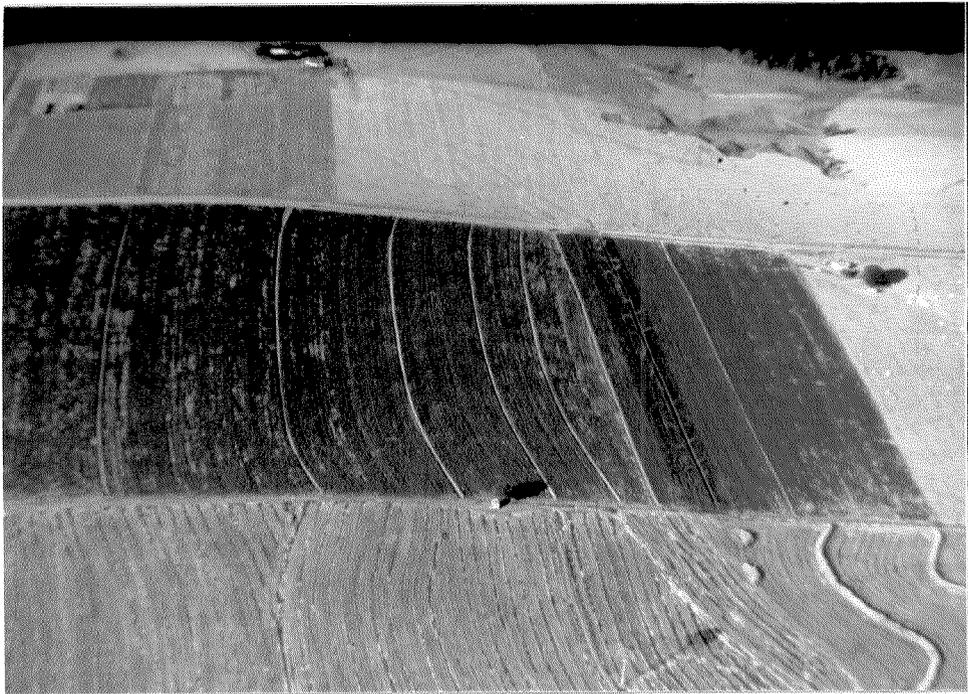


Foto 9. - Vista da cultura com detalhe de irrigação.

Conforme pode-se observar através das fotos aéreas que na região as culturas, são bastantes diversificadas e pulverizadas de pequenas áreas cultivadas havendo portanto uma difusão de espécies de plantações, o que dificulta a sua identificação, através das imagens.

Foi a partir do levantamento aéreo que se procurou na imagem Landsat padrões de cinza homogêneos de áreas de fácil identificação visual, que pudessem dar, em princípio, uma primeira aproximação de identificação.

Após ficar decidido que o trabalho se reportaria a matas, solo e vegetação, definiu-se a área de estudo e posteriormente uma metodologia conveniente para avaliação dos dados e identificação automática.

Objetivando obter dados confiáveis foram aplicados procedimentos que pudessem ser usados na identificação de mata, solo e vegetação numa mesma cena e desenvolver algoritmo para essa identificação. Para tanto procurou-se adquirir dados na definição da área a ser estudada.

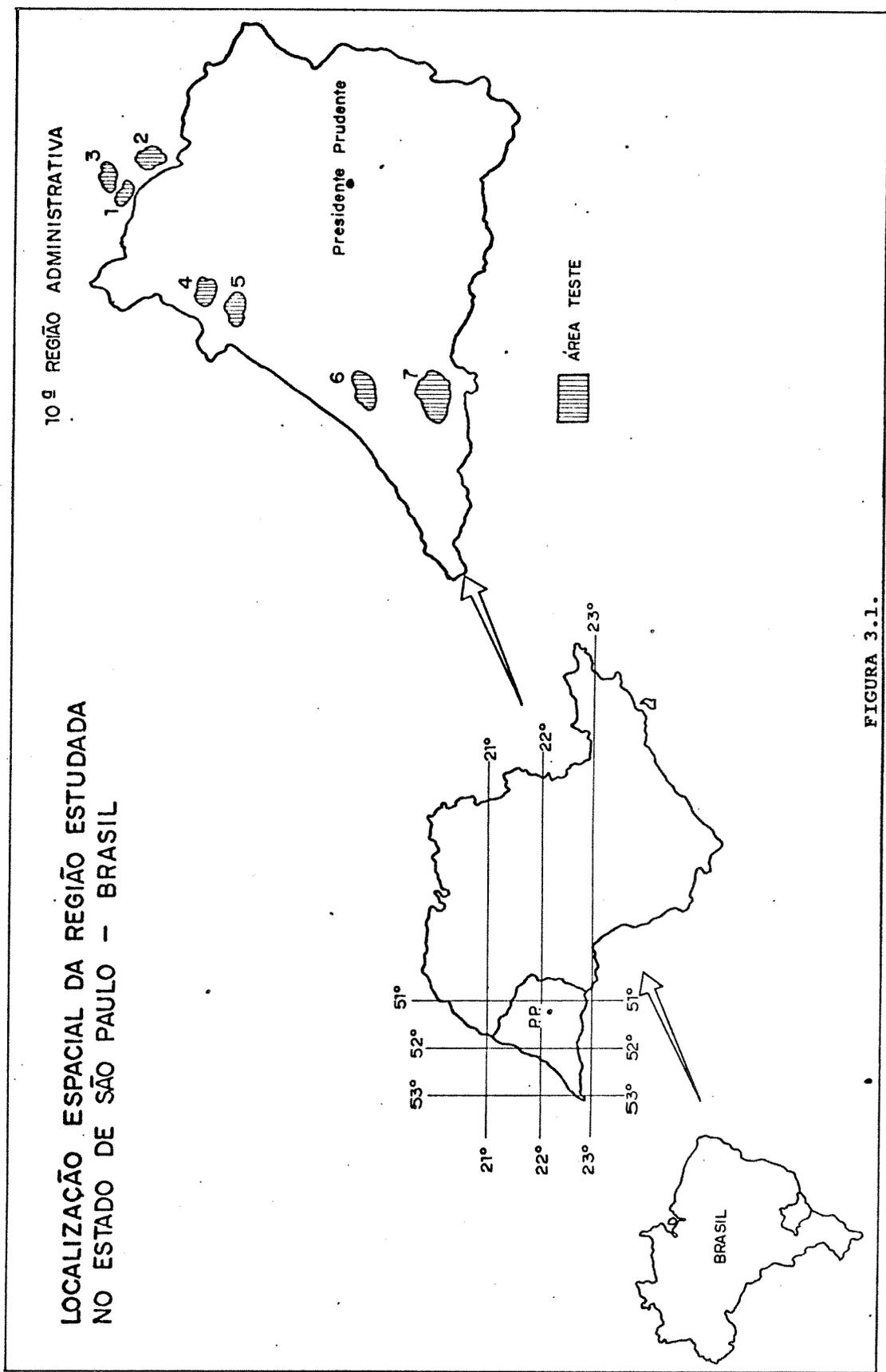
A primeira análise da imagem foi visual, através de interpretação de imagem feita pela especialista Prof. Maria Heloisa Borges que, supunha ter características de mata e solo.

Como o interesse deste trabalho está voltado para a região e do Departamento de Ciências Ambientais a localização das áreas escolhidas foi na região sudoeste paulista pertencentes a 10^a Região Administrativa.

A região de estudo localiza-se na porção sudoeste do Estado de São Paulo, situando-se entre as coordenadas de 21° 00' a 22° 30' de latitude Sul e 51° 00' e 52° 300' de longitude Oeste (figura 3.1).

Este levantamento foi realizado através das cartas: Foz do Rio do Peixe, Salgado Filho, publicados pelo IBGE e as de Nova

Marília, Dracena, Panorama, Nova Independência publicadas pelo Instituto Geográfico de São Paulo, todas na escala de 1:50.000.



III.3 AQUISIÇÃO DE IMAGEM LANDSAT

As imagens de satélite utilizadas para esta trabalho são da passagem sobre a região em 24/07/80 nos canais 5 e 7 já existentes no IPEA, quando do início deste trabalho. Elas recobrem as áreas escolhidas para estudo e das quais fora levantados os níveis cinzas de matas, água e solo, que estão no apêndice 1. As fotos das imagens são mostradas abaixo, sinalizadas com as áreas trabalhadas, nos dois canais e falsa cor.

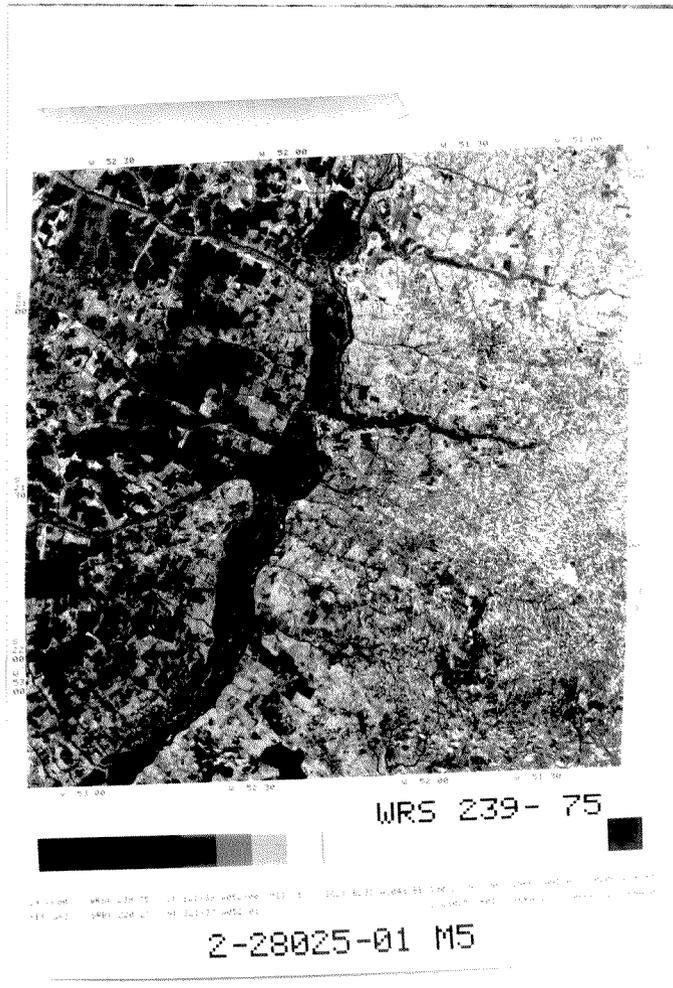


Foto 10 - Imagem da região
no canal 5

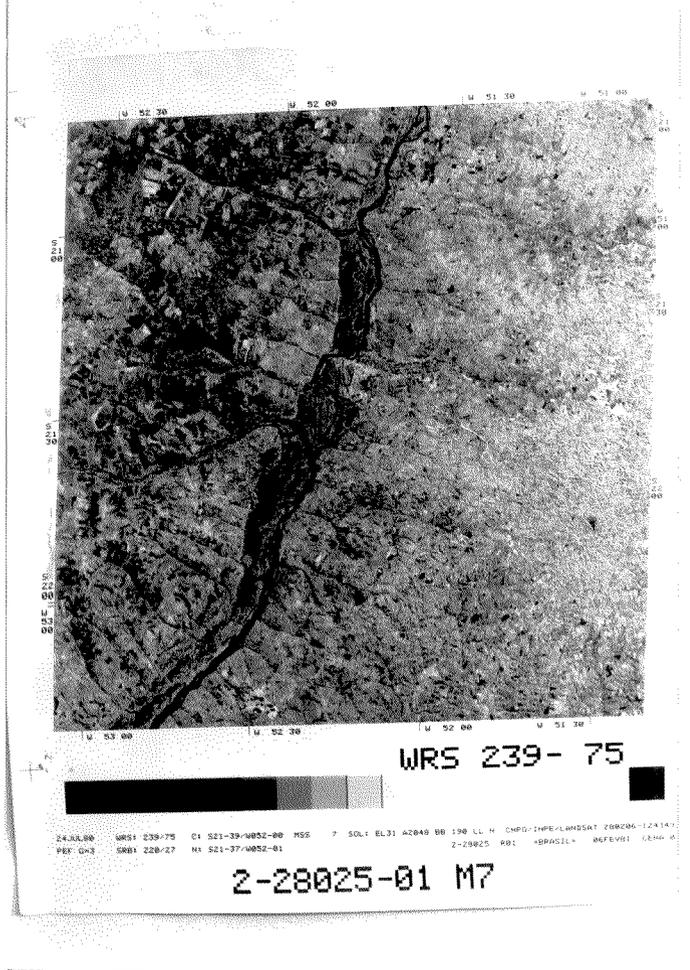


Foto 11 - Imagem da região
no canal 7

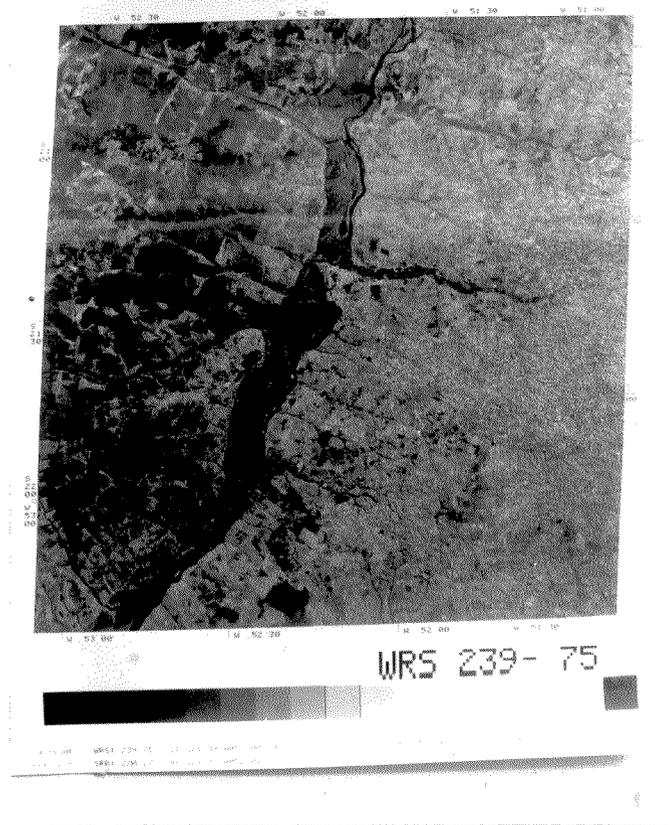


Foto 12 - Imagem de satélite da região em falsa cor.

Estas áreas demarcadas foram escolhida, tanto pela facilidade de acesso, bem como de informações a respeito de sua área de utilização, uma vez que em alguns casos havia o controle do plantio, pois verificamos em loco alguns vestígios de árvores remanentes das queimadas, diminuindo a reserva.

III.4 ESTUDO AÉREO DA ÁREA DE TREINAMENTO

Após a definição da área teste e a sua localização, fez-se um vôo de reconhecimento para constatação de sua veracidade e se ainda existia remanente de mata, que através das cartas cartográficas confirmavam a sua existência. Podemos observar que algumas destas matas foram reduzidas para uso de outras culturas.



Foto 13 - Vista da área relativa a mata

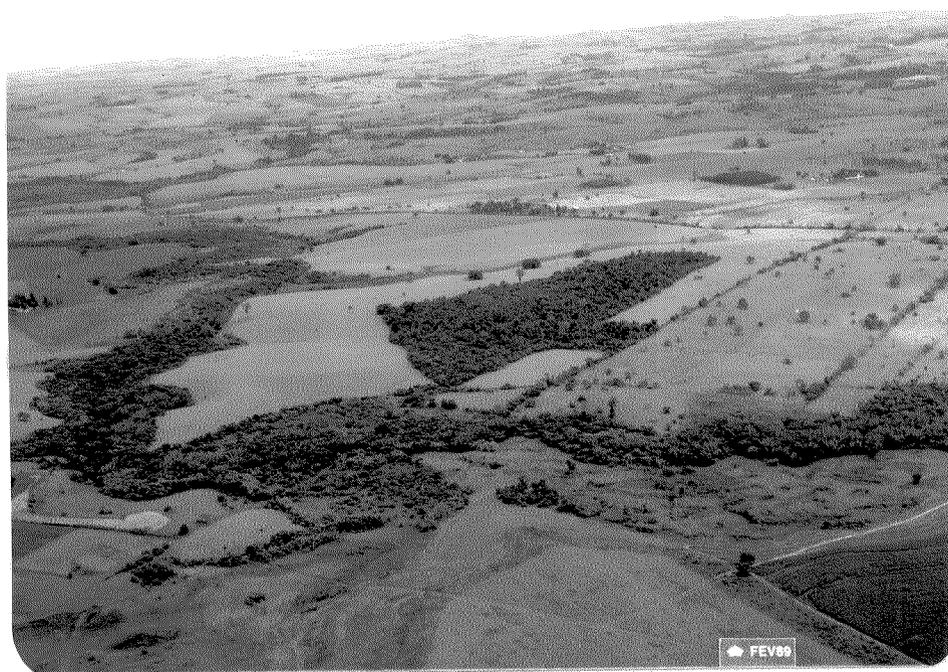


Foto 14 - Vista geral da localização.

A foto 13 mostra uma área de mata nas redondezas de Sto Anatácio onde pode-se notar que houve um desmatamento ao seu redor, diminuindo assim a reserva correspondente a área . A foto 14 dá uma vista geral da sua localização.



Foto 15 - Detalhe don Rio Sto Anatócio com mata.



Foto 16 - Vista da Mata.

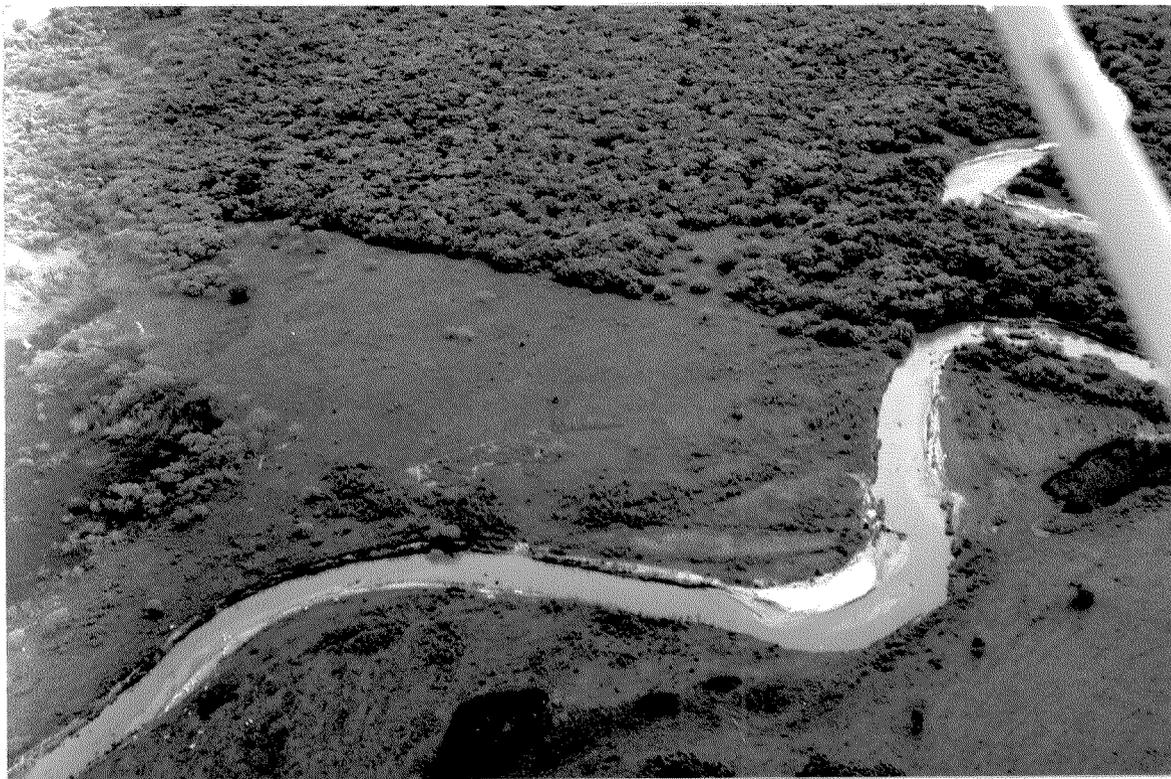


Foto 17 - Vista da mata com o Rio Sto Anastácio.

As fotos 15, bem como as 16 e 17 mostram a mata da área xx com detalhe em vários ângulos do Rio Sto Anastácio cortando a reserva



Foto 18 - Foto mostrando a pulverização de cultura.



Foto 19 - Vista da mata - área 5.

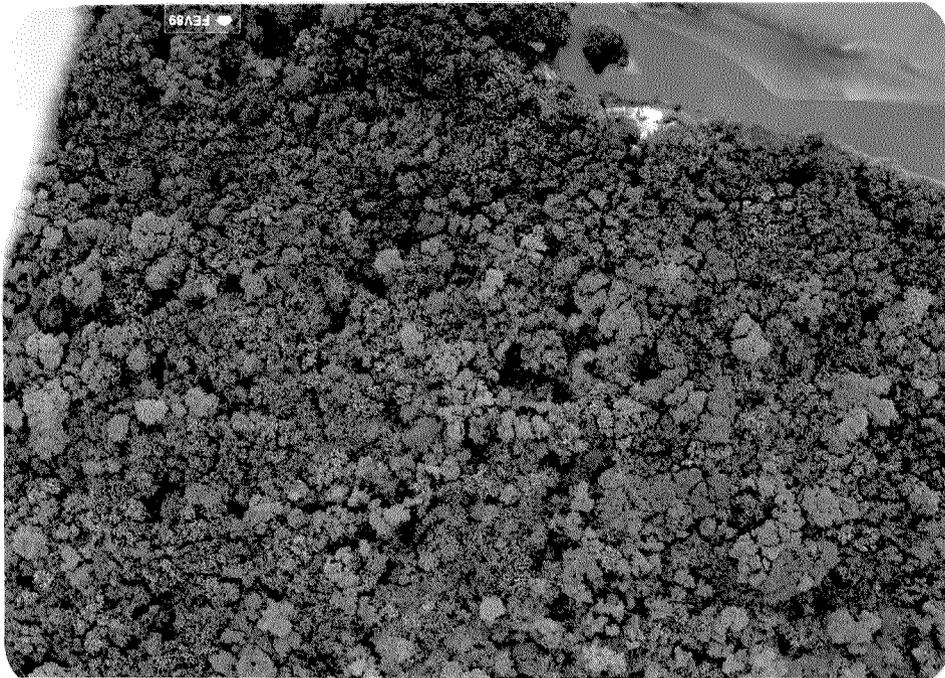


Foto 20 - Vista da mata - área 5 sob outro ângulo.

Observemos o detalhe da concentração de densidade da mata, não havendo falhas, dando para perceber as nuances de tonalidade na diversificação dos tipos de árvores, nas fotos 18, 19 e 20.



Foto 21 - Diferenciação de tonalidade com a vizinhança.

Na foto 21 dá-se para notar , na parte inferior da foto, uma área não cultivada, servindo para pastagem em contraste com o rio.



Foto 22 - Detalhe da mata área 5.

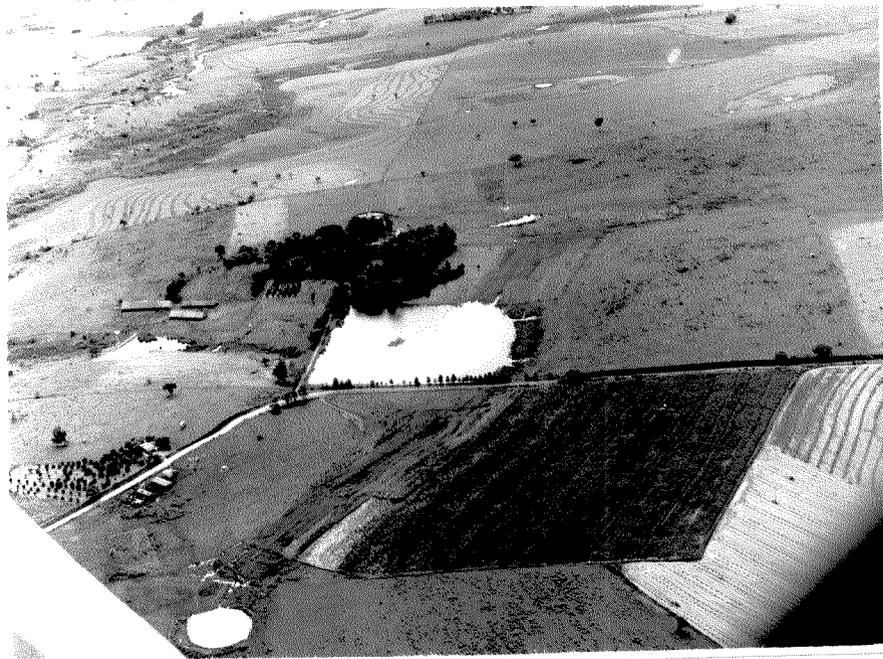


Foto 23 - Reserva de água - ag1.



Foto 24 - Reserva de água - ag1.

O reservatório, correspondente a área A₁, está mostrada nas fotos 22, 23 e 24. Pode-se notar que dependendo do ângulo que é tirada a reflexão é diferente na tonalidade cinza.

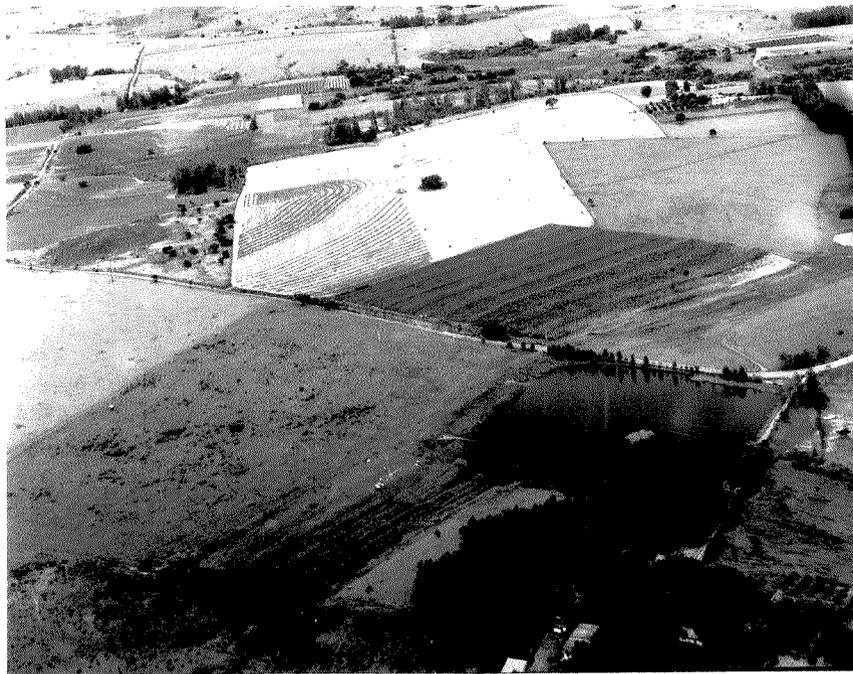


Foto 25 - Reserva de água.

Uma vista geral da região pegando culturas, pastos, solo e vegetação é mostrada na foto 25

As fotos obtidas das áreas testes são mostradas como documentação e verificação de diferenças existentes entre elas.

O trabalho de campo foi feito para verificar as condições climáticas e adquirir documentos fotográficos. As fotos de campo não foram tiradas no mesmo período que as imagens de satélite.

As fotos 26 e 27 correspondem a área teste de mata m1, perto de Adamantina que faz fronteira com uma estrada vicinal. Pode-se observar tanto na foto 26 como na 27 que a mata é de baixa densidade, sendo que uma parte dela está queimada, havendo falhas que são recobertas pela mata rala.

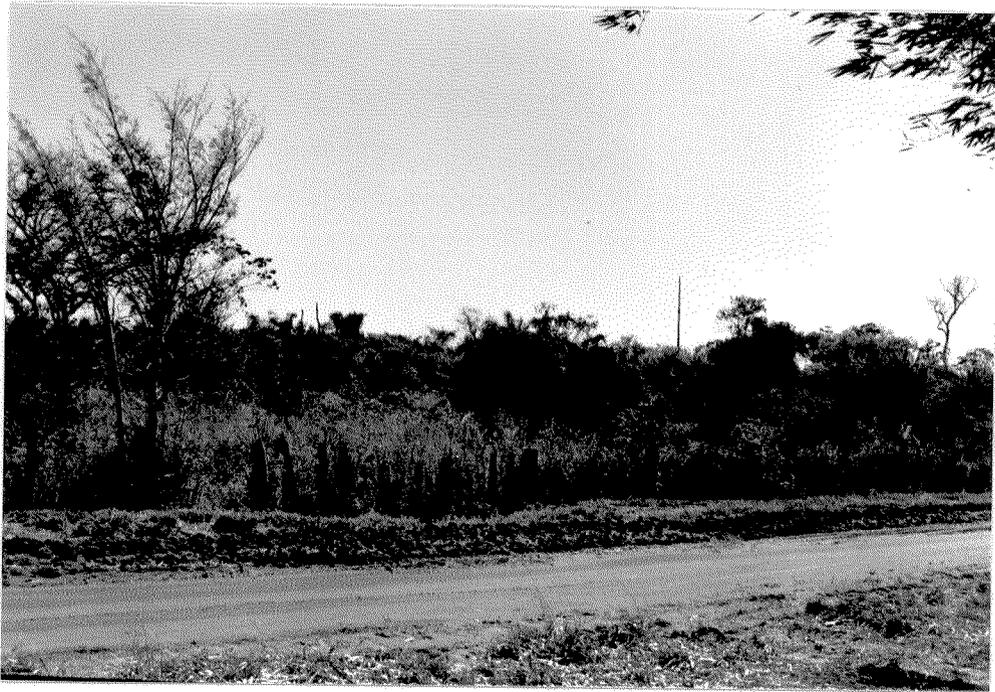


Foto 26 - Foto da área 1 - mata.



Foto 27 - Foto da área 1.

Já as fotos 28 e 29 identificam a área m2 com um pouco mais de densidade sendo que existe uma área com solo arado, podendo distinguir a sua limitações. As árvores são maiores e a mata mais fechada.



Foto 28 -Foto da área 3.



Foto 29 - Foto da área 3.



Foto 30 - Foto de mata da área 4



Foto 31 - Foto de mata da área 4
As foto 30 e 31 correspondem a área 4.

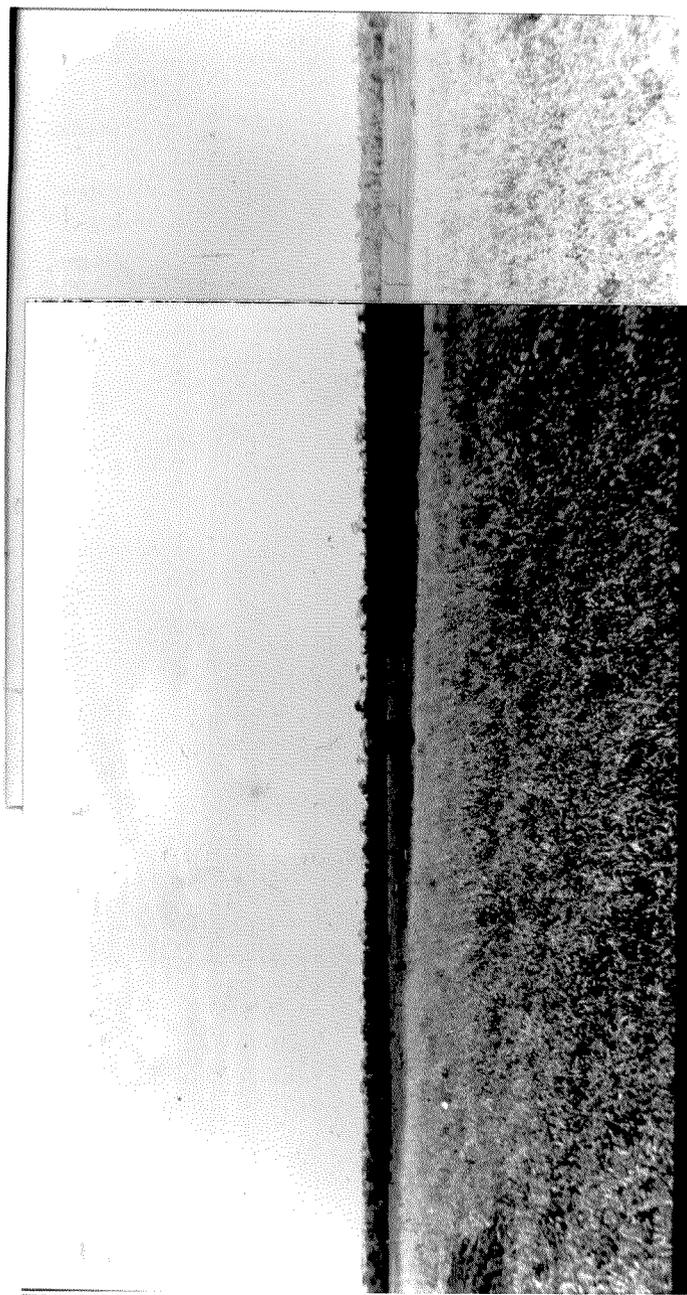


Foto 31 - Panorâmica da área 3.

A serra do Diabo, a reserva florestal no Pontal do Paranapanema é a de maior extensão e pode ser observada nas fotos 32 e 33

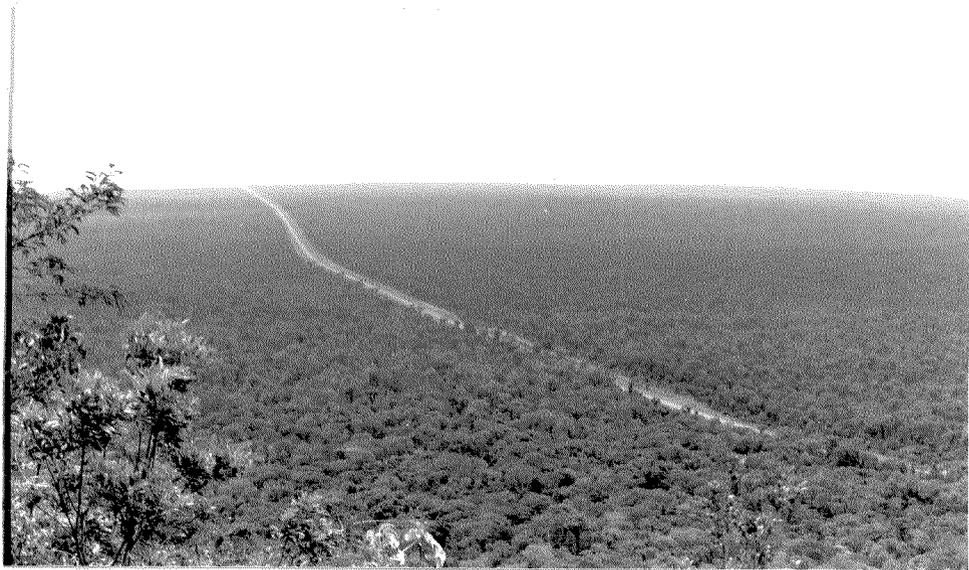


Foto 32 - Vista da mata do Pontal.



Foto 33 - Vista da reserva florestal do Pontal.

A partir deste levantamentos passamos ao trabalho de laboratório, que é o levantamento de dados relativos ao nível cinza, através do microdensitômetro.

CAPITULO IV
AQUISIÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

IV.1 AQUISIÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

As transparências utilizadas neste trabalho são as imagens de satélite LANDSAT, que possui o imageador MSS, adquiridas pelo IPEA através do INPE, que anteriormente as processou fazendo as devidas correções de forma que pudessem ser manipuladas obtendo dados confiáveis.

O sensor utilizado pelo satélite apresenta determinadas características que dá as limitações de sua atuação pois, ele opera em quatro faixas de intervalos espectrais definidos com uma resolução teórica de ± 80 m.

A análise de dados sensados remotamente pelo MSS requer uma síntese de informações contidas em cada banda que podem ser associados com características físicas de cada classe de objetos numa determinada cena. Para tanto é necessário um conhecimento entre a relação da banda espectral e o objeto de interesse.

Cada cena sensada pelo satélite cobre uma área de 185x185-Km, contando com 64 níveis cinza sendo que a imagem traz 16 padrões que podem ser combinados.

Na tabela IV.1 pode-se observar as faixas espectrais e seus respectivos intervalos, dos quais os canais 5 e 7 foram os selecionados, uma vez que são os que tem maior relação com a vegetação e água, conforme Santos [30].

As imagens utilizadas neste trabalho são do Landsat 5 sensadas em 24 de julho de 1980 na escala de 1:1.000.000 em branco e preto das órbitas 239 pto 75.

Banda	Intervalo	Resolução
Canal 4	0,5 - 0,6 μm	80 m
Canal 5	0,6 - 0,7 μm	80 m
Canal 6	0,7 - 0,8 μm	80 m
Canal 7	0,8 - 1,1 μm	80 m

Tabela IV.1

O instrumento para o levantamento do nível cinza da imagem, foi o microdensitômetro MD-100 da ZAISS que é empregado para medição de raias espectrais.

Possui escala de medição de enegrecimento, linear de 0 a 1000. A superfície de medição efetiva, com escala de imagem 1:6,4.

largura 0,016 a 0,0470 mm

altura 0,31 a 3,12 mm

Ele permite um rastreamento horizontal e vertical passo a passo.

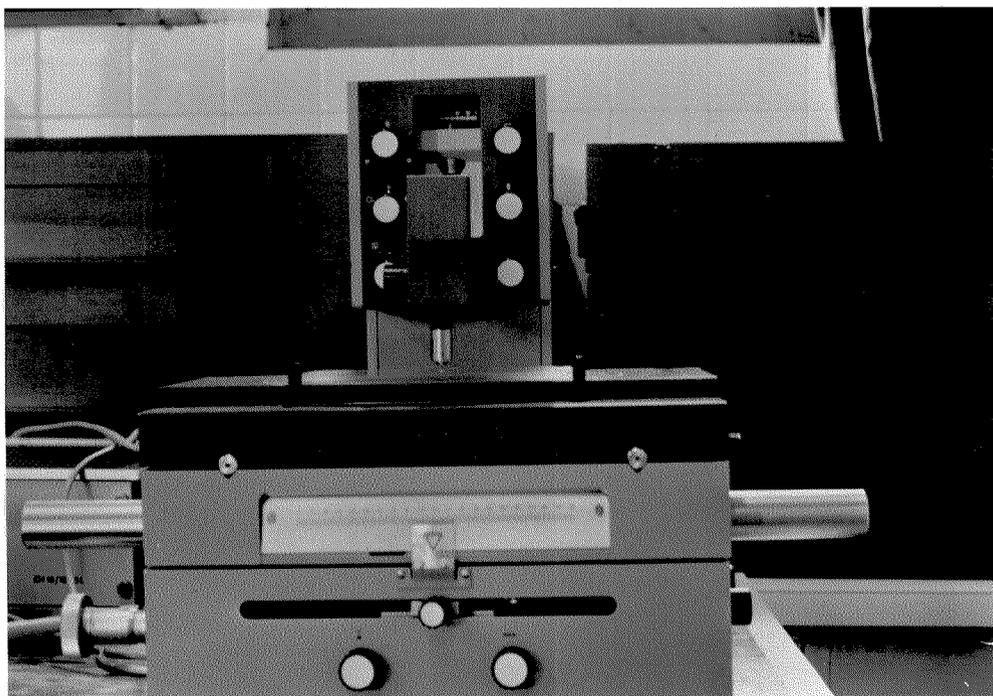


Foto 34 - Microdensitômetro.

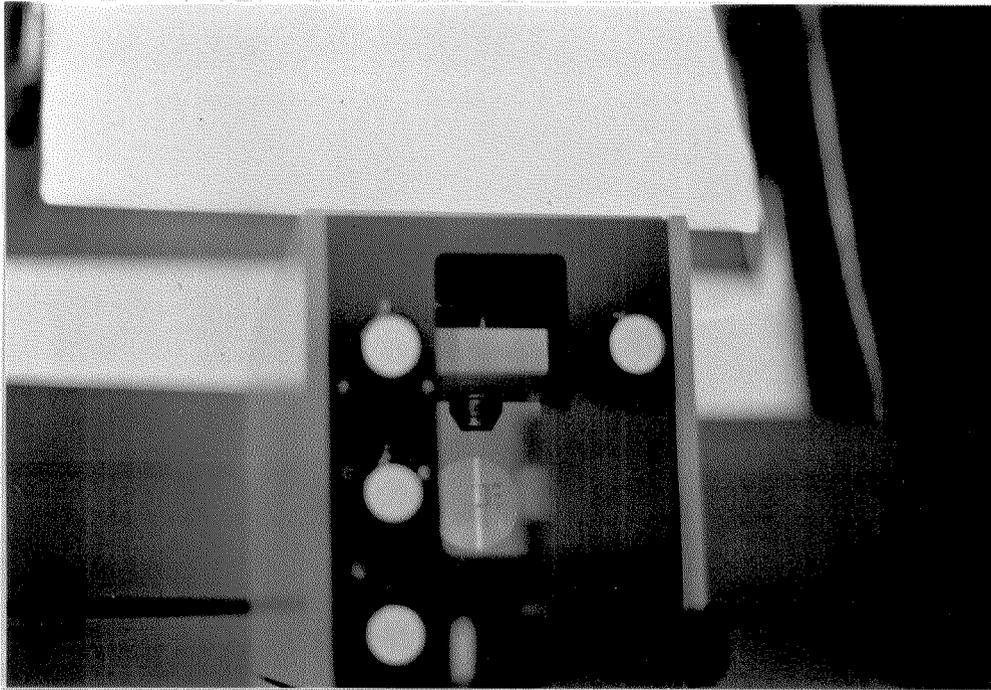


Foto 35 - Detalhe do Microdensitômetro.

As foto 34 e 35 mostram o microdensitômetro no seu aspecto de leitura das transparências e o mostrador.

Os dados obtidos através do microdensitômetro foram tirados na escala linear, com a variação de 0 a 1000 de intensidade de enegrecimento.

A calibração foi feita através de vários testes. Para que se pudesse ter confiabilidade foi observado o seguinte procedimento: logo após ligar o aparelho, tirou-se algumas medidas e uma hora depois fez-se uma nova medida observando-se se haviam variações. Procurou-se deixar o microdensitômetro 3 horas ligado antes de efetuar as medidas finais para que houvesse estabilidade, embora os manuais não citassem tal procedimento.

Através dos níveis cinza padrão impressos na imagem de satélite, obteve-se uma abertura de 1mm no microdensitômetro que correspondeu a 4 pixels, os valores máximos e mínimos para as transparências foram: cinza mais escuro 30 e cinza mais claro 980.

Os dados são medidas analógicas sobre as transparências feitas através do microdensitômetro, referentes as áreas

estabelecidas referentes aos canais 5 e 7.

Foram obtidos dados de 7 áreas de treinamento de matas, 5 áreas de águas, e 7 áreas de solo que estão no anexo 1.

A seguir faz-se uma análise através de gráficos e processos empíricos dos dados obtidos, baseados na premissa de que a assinatura é espectralmente única, com o objetivo de levantar padrões para comparações.

Com o fito de facilitar a compreensão da metodologia de discriminação de padrão considere-se o problema de diferenciar três tipos de áreas na imagem: vegetação, solo e água. Supondo que não se tem as interferências na transmissão da radiação pode-se obter como mostra a fig 4.1, o comportamento dos três tipos que se deseja estudar. Tomando-se agora três faixas de comprimentos de onda verifica-se que é possível selecionar uma região na qual as respostas corresponderão a vegetação, solo ou água. No entanto as interferências existem e portanto deve-se fazer um levantamento de dados, usando áreas testes para as três categorias e obter uma associação da medida obtida com a medida padrão observada, assumindo regiões nas quais verifica-se uma probabilidade de cada medida obtida pertencer ou não a uma das classes conforme a fig.

4. 2.

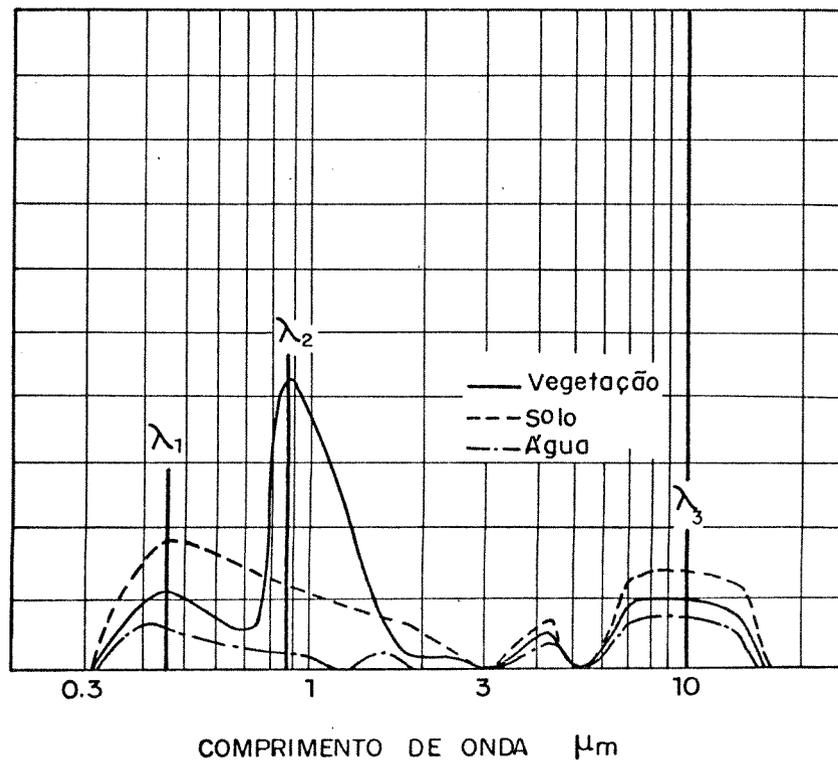


Figura 4.1 - Reflectância espectral de alvos naturais.

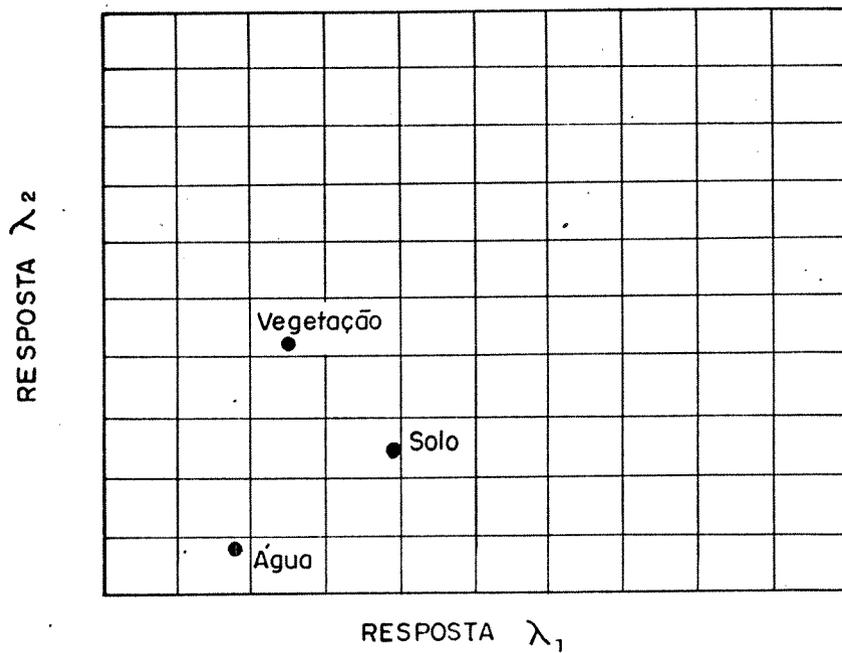


Figura 4.2 - Gráfico bespectral de solo, vegetação e água.

Utilizando os dados obtidos no microdensitômetro obteve-se o gráfico do nível gray com relação a vegetação, água e solo como mostra a fig. 4.3 e 4.4

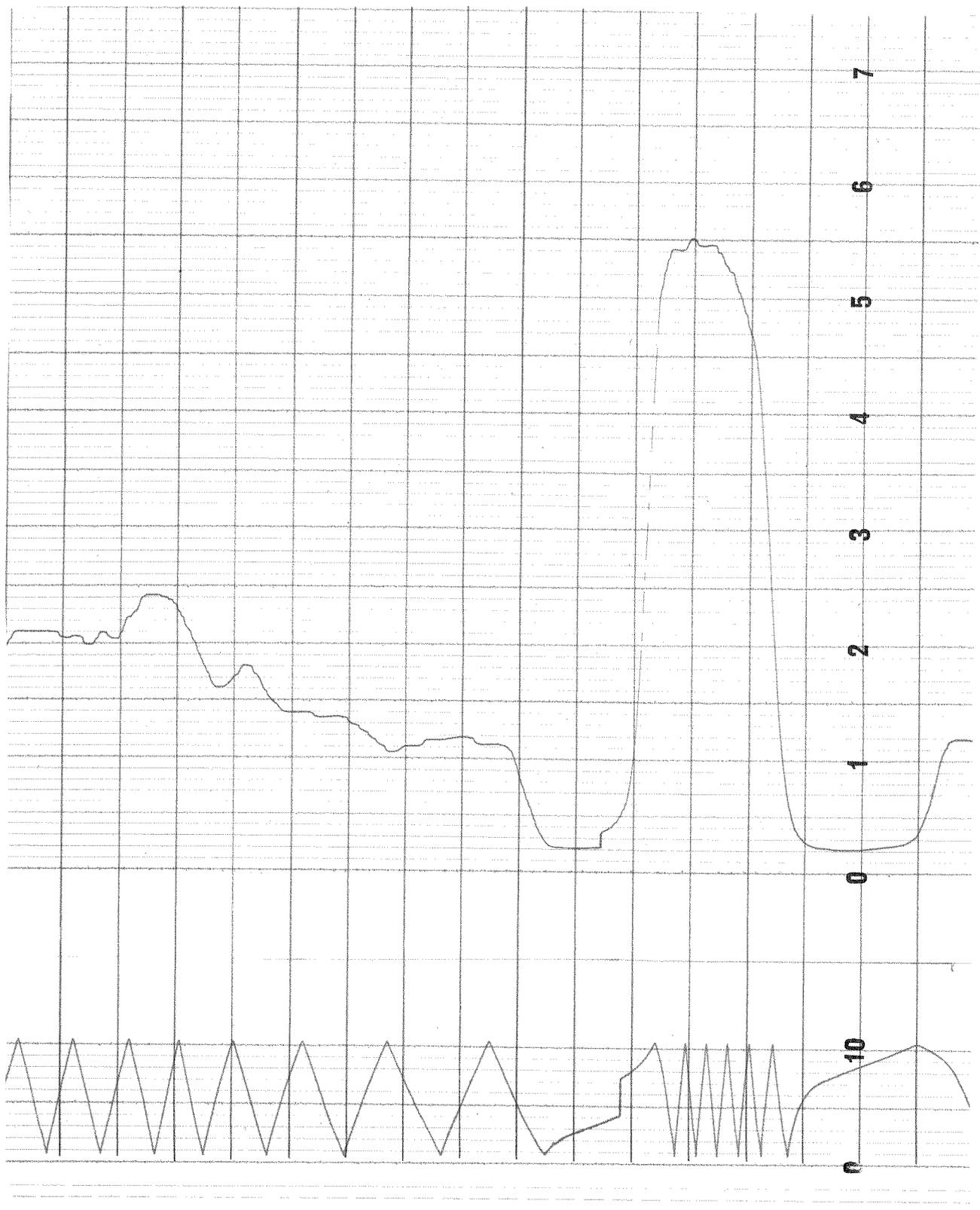


Figura 4.3 - Gráfico de água, solo e vegetação no microdensitômetro - canal 5.

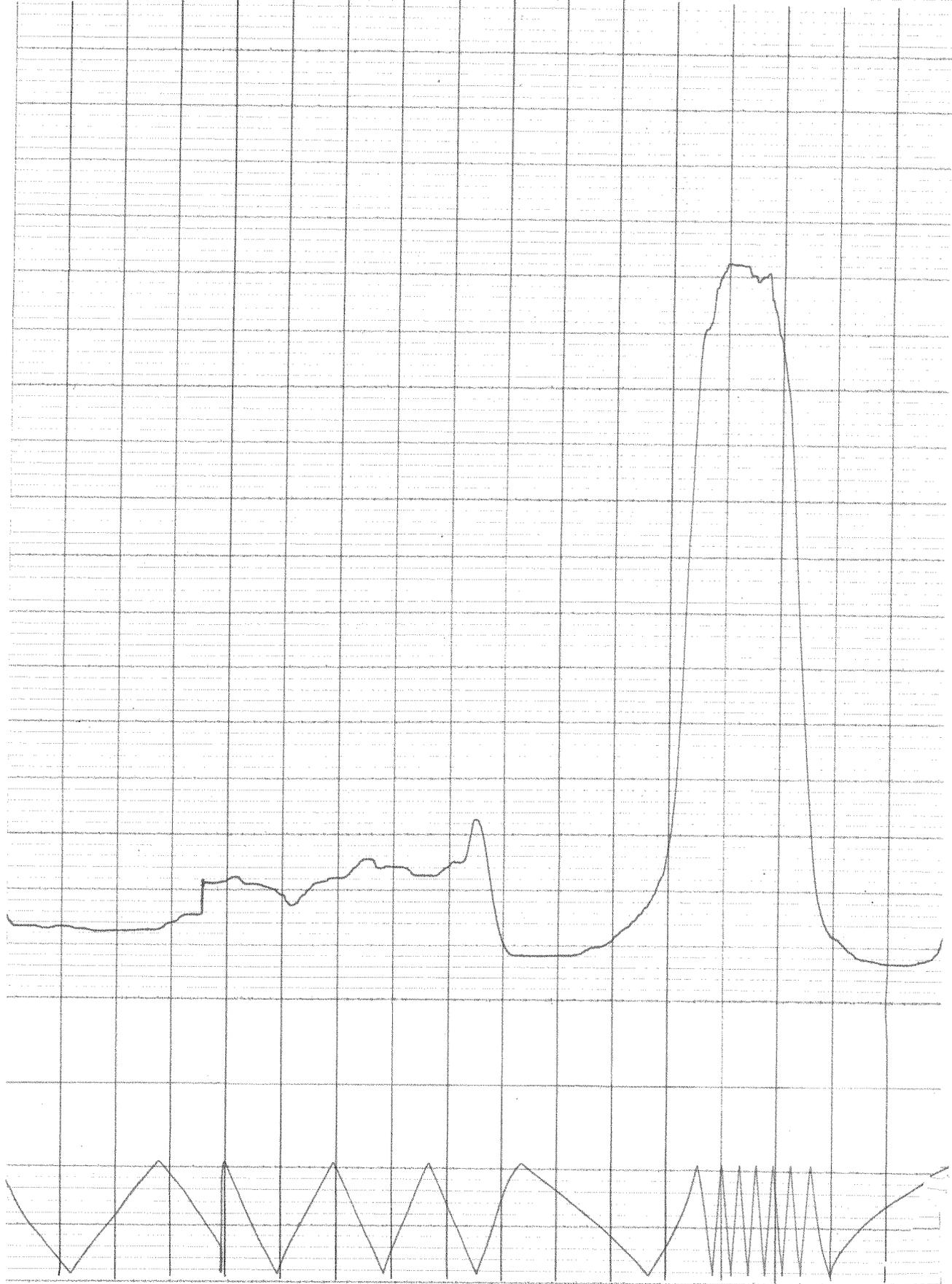


Figura 4.4 - Gráfico de solo, vegetação e água no microrodensitômetro - canal 7.

Nas figuras 4.3 e 4.4 estão caracterizados os três tipos de alvo. A parte demarcadas correspondem respectivamente: 1 vegetação; 2 água; e 3 solo.

Fazendo as leituras em níveis de cinza levantamos os histogramas para vegetação, água e solo no podemos nos utilizar das características gaussianas nestes dados multiespectrais, que nos permite utilizar a regra de máxima verossimilhança conforme as fig. 4.5 e 4.6.

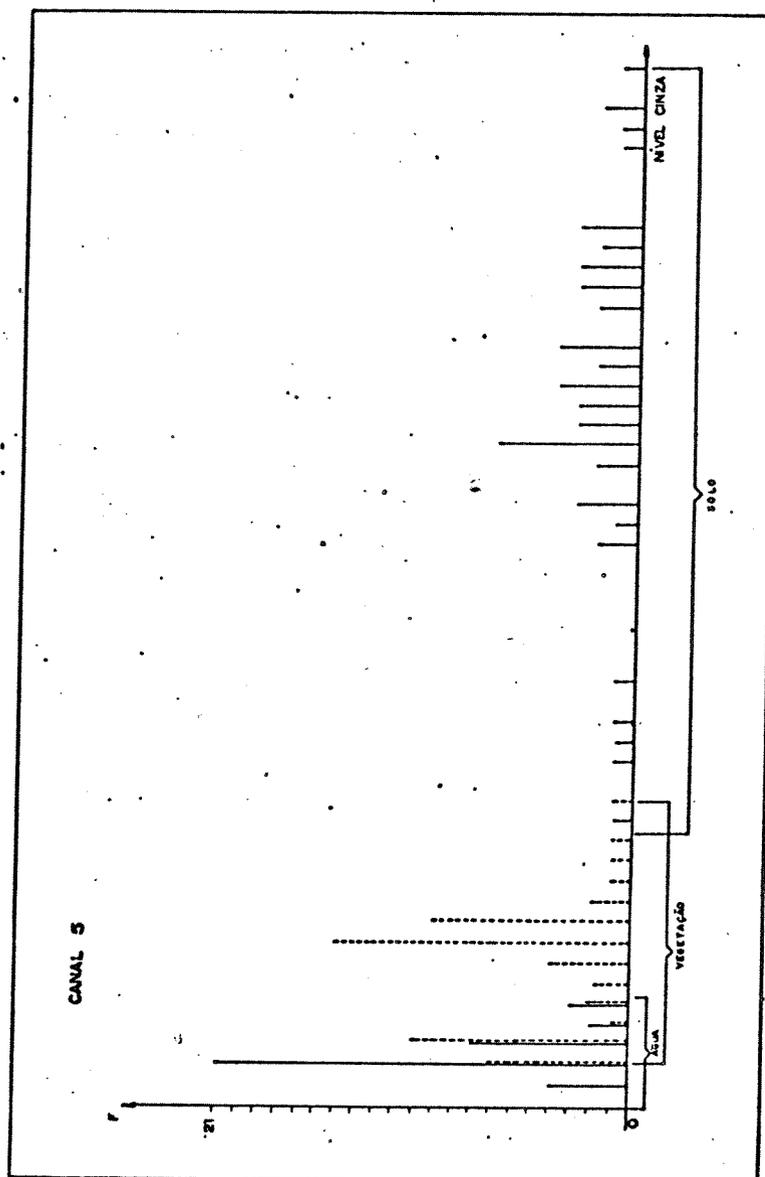


Figura 4.5 - Histograma do canal 5 de água, solo e vegetação.

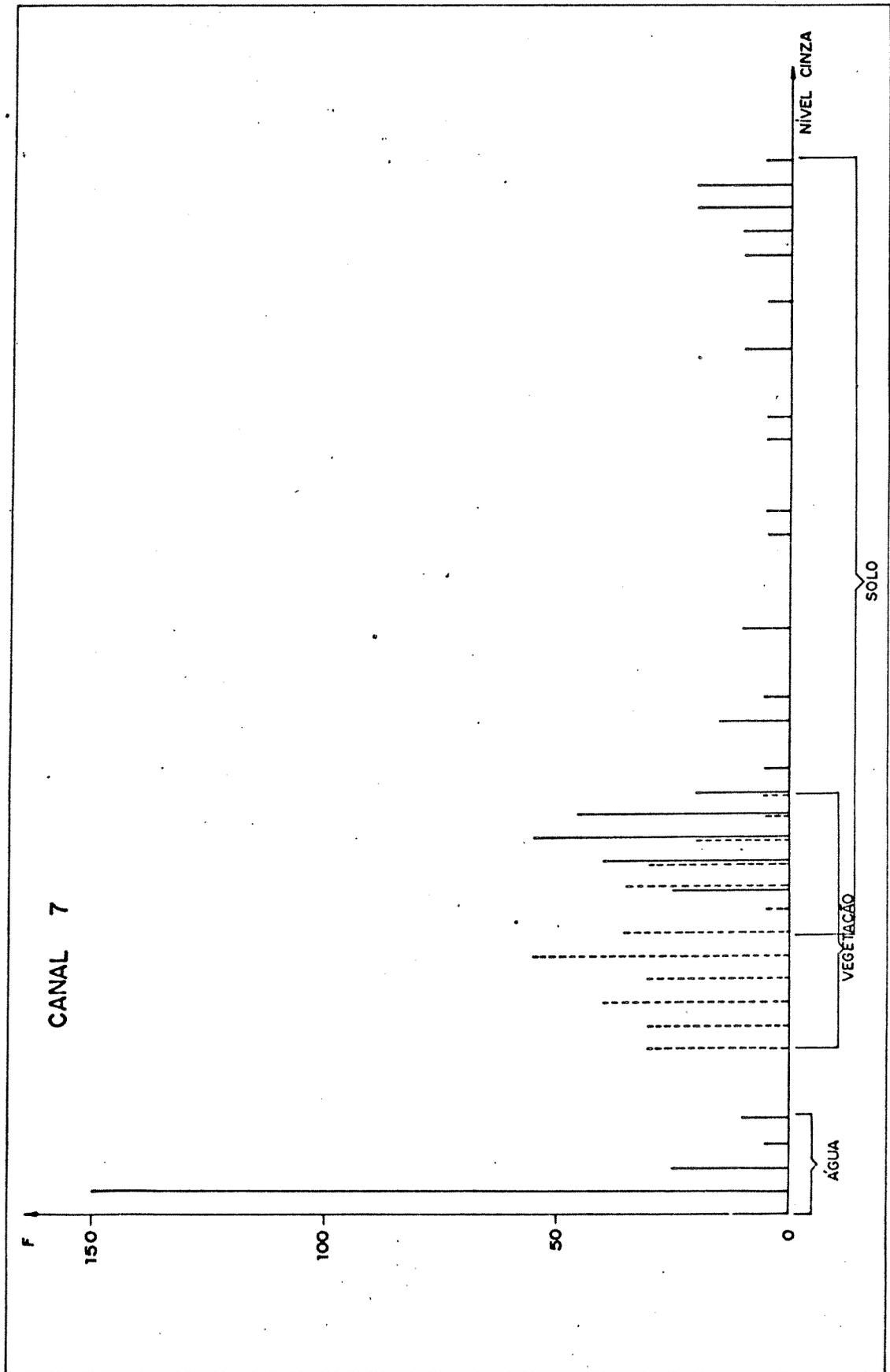


Figura 4.6 - Histograma do canal 7 de água, solo e vegetação.

Nestes histogramas verificamos que na área com relação a vegetação a característica só se verifica quando estamos trabalhando com uma determinada cultura, mas podemos por aproximação utilizar a regra.

Na fig. 4.7 observamos que as regiões relativas a água, solo e vegetação parecem bem delimitadas, com referência aos dados obtidos.

Para as áreas estudadas, foram tiradas medidas correspondentes a matas e os histogramas levantados é mostrado nas fig. 4.8 e 4.9.

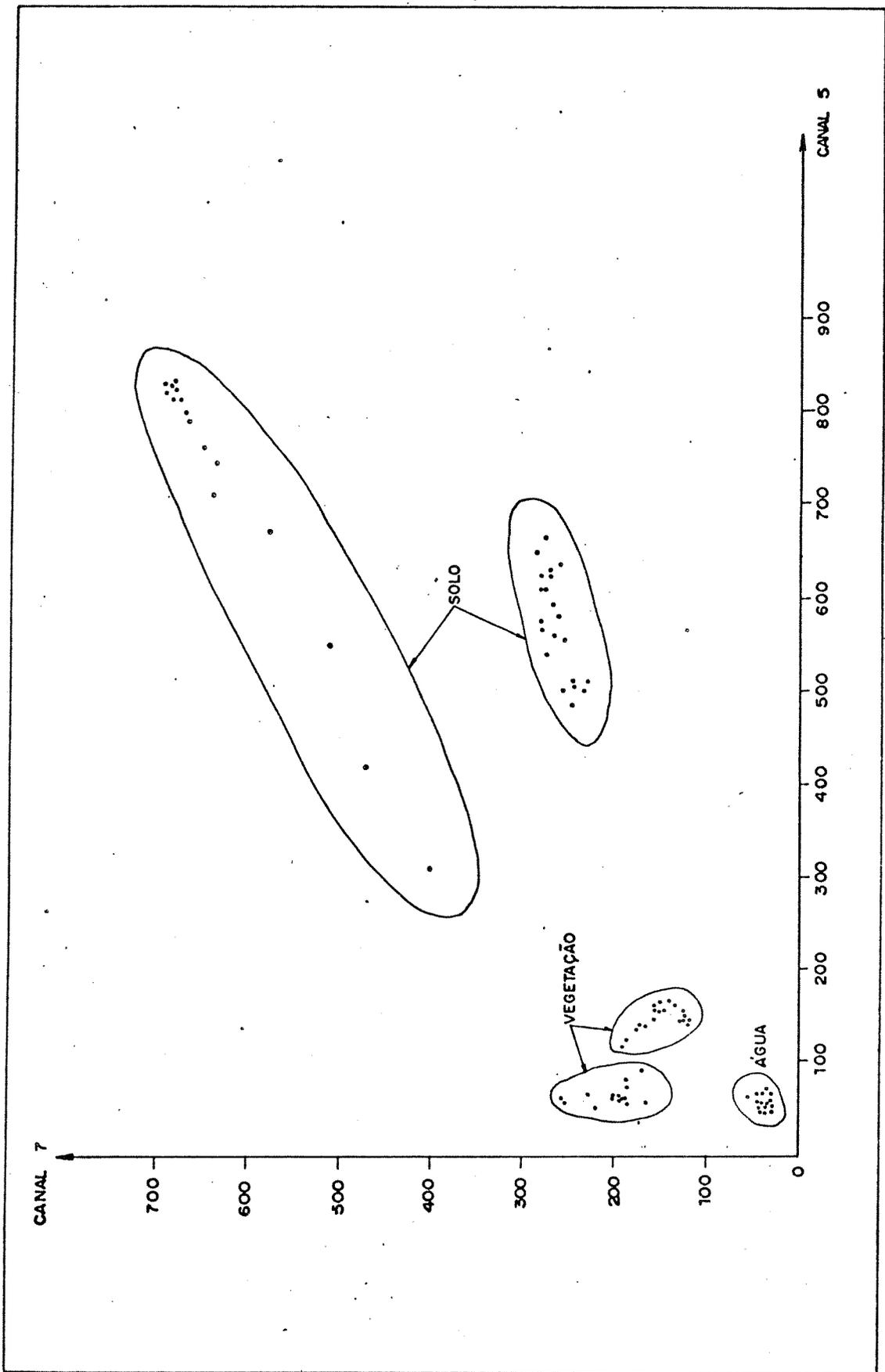


Figura 4.7 - Levantamento do espaço no nível cinza.

CANAL 5

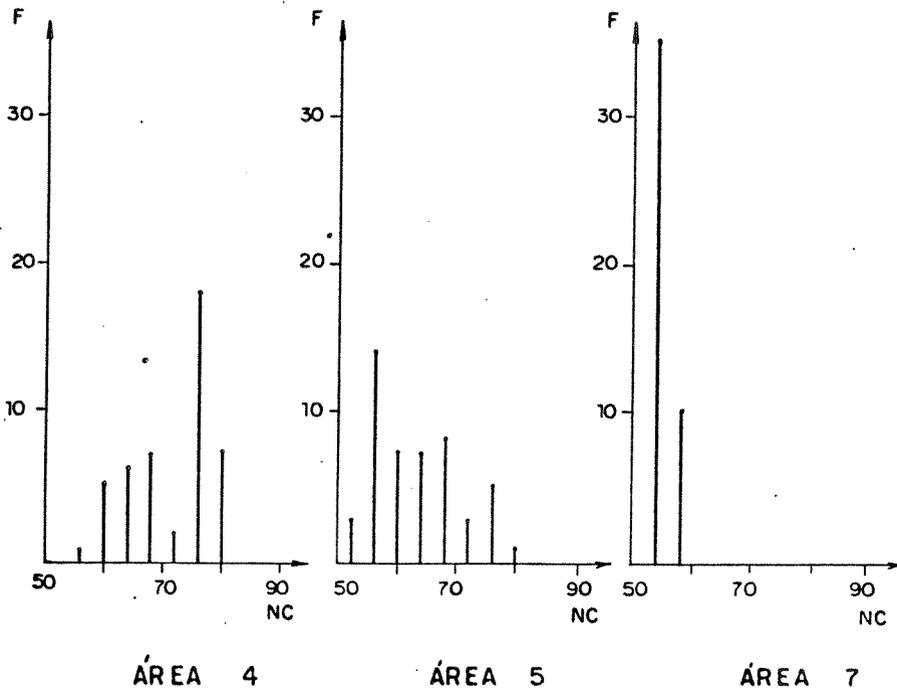
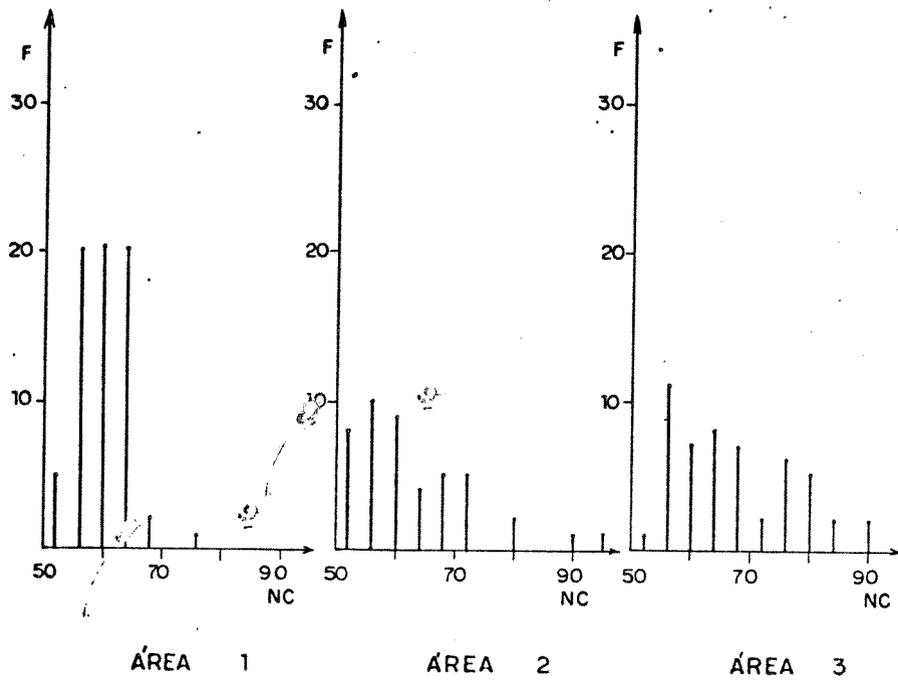


FIGURA 4.7.

Figura 4.8 - Histograma da áreas teste - canal 5.

CANAL 7

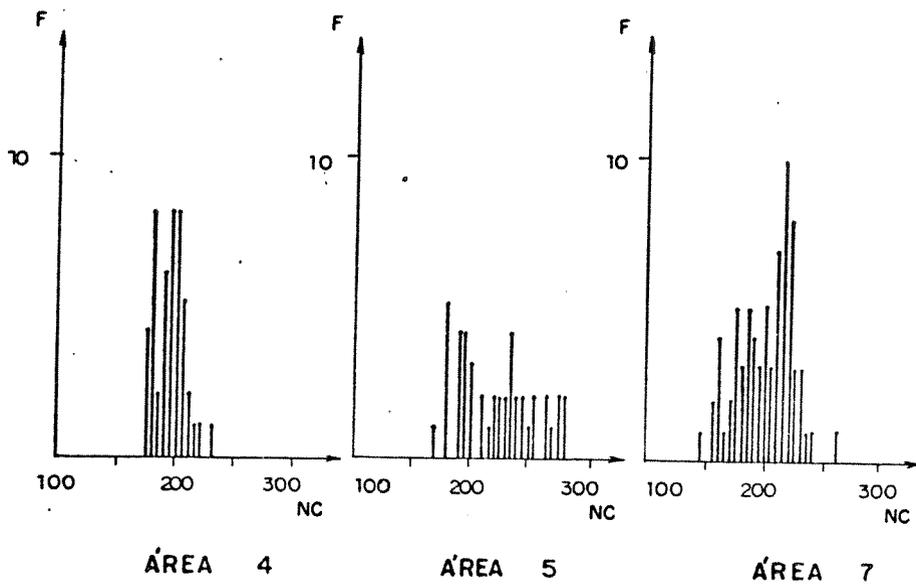
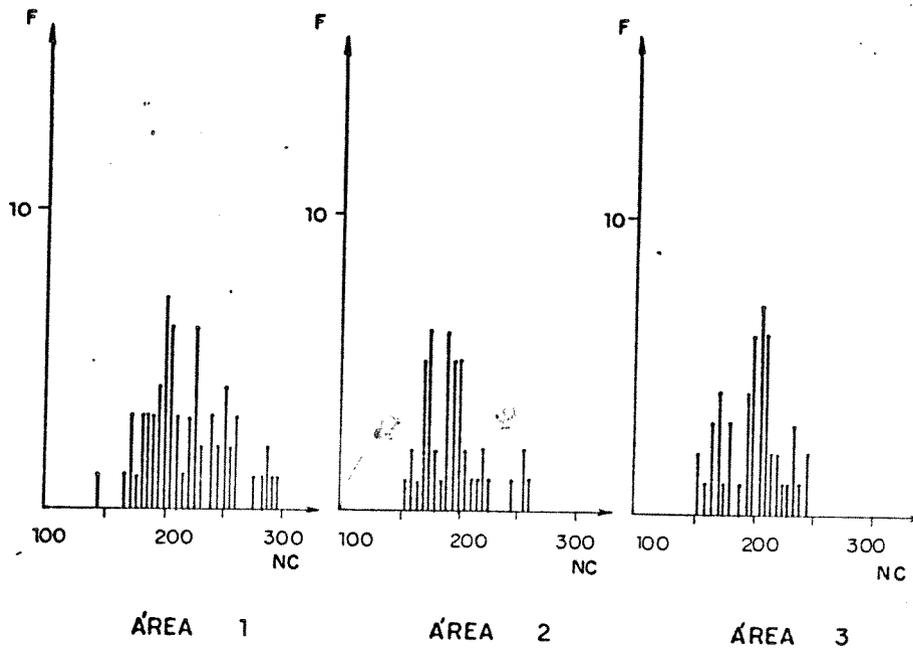


FIGURA 4.8.

Figura 4.9 - Histograma das áreas testes - canal 7.

C A P I T U L O V

MODELAMENTO

V.1 - Introdução

O modelamento usado neste trabalho baseou-se fundamentalmente no conceito de célula neural pois, considerou-se ser ele bastante eficiente na solução dos problemas atuais de análise de imagens do IPEAPP - UNESP, e por ter perspectivas de ser ampliado dentro também de uma realidade local, para uma estrutura de redes neurais [20], através das quais se pode resolver problemas mais complexos inerentes ao tratamento de imagens de satélite.

Uma célula neural pode ser modelada como um sistema capaz de responder a um estímulo levando em conta a sequencia de estímulos anteriores aos quais foi submetida e o estímulo atual.

A característica da resposta ser também função dos estímulos anteriores é que associa à célula neural um processo de aprendizagem. Por outro lado, o estado do processo de aprendizagem corresponde a quantificação do conceito médio adquirido ao longo do seu desenvolvimento.

Se uma célula neural for criada de forma que o estado da célula represente um padrão médio de estímulos, e a resposta corresponda a uma comparação de um estímulo com este padrão, então a célula pode ser usada como reconhecedora de padrão.

O que se fez neste trabalho foi usar os dados resultantes de medidas sobre imagens de satélite, referentes a regiões terrestres como estímulos de células. Ou seja, um estímulo foi considerado como uma sequência de dados relativos a uma área terrestre. Como resposta, usou-se uma função de comparação das medidas com um estímulo padrão obtido no processo de aprendizagem.

O desenvolvimento do processo de aprendizagem foi

feito através do estímulo sucessivo da célula com dados de regiões terrestres de características muito bem conhecidas, objetivando obter-se um padrão que representasse, de fato, as características do tipo de região terrestre a ser reconhecida.

V.2 - O modelamento neural utilizado

A célula neural definida para o reconhecimento de áreas terrestres tem como estímulo as medidas do nível cinza de um ponto na imagem do canal 5 e o seu correspondente na imagem do canal 7. Os itens seguintes tratam das definições do vetor de estado e da resposta da célula.

V.2.1 - O estado da célula

A utilização de momentos bidimensionais de imagens digitalizadas tem sido intensa entre aqueles que lidam com reconhecimento de padrões [15].

Uma definição geral de momento bidimensional de ordem $p+q$ de uma função $f(x,y)$ é dada como:

$$M_{p,q} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x,y) x^p y^q dx dy$$

No domínio digital, os momentos de uma imagem digital $f(n,m)$ com uma resolução $N \times M$ pixel são computados como:

$$\mu_{p,q} = \sum_{n=0}^{n-1} \sum_{m=0}^{m-1} f(n,m) n^p m^q$$

Por simples manipulação destes momentos, pode-se gerar um conjunto de atributos que sejam invariantes com a rotação, translação e escala da imagem. [18]

V.2.1.1 - Os momentos (01) e (10). Centro de massa

O conceito de centro de massa é facilmente entendido se for analisado o caso mais simples de um sistema de duas partículas m_1 e m_2 distantes x_1 e x_2 , respectivamente de uma origem O . O centro de massa do sistema é definido como um ponto cm distante x_{cm} da origem, sendo x_{cm} dado por:

$$x_{cm} = (m_1x_1 + m_2x_2) / (m_1 + m_2)$$

Nesta equação x_{cm} pode ser considerada como a média ponderada de x_1 e x_2 onde os pesos ponderadores são representados pelas massas. Se tivermos n partículas, $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$, ao longo de uma reta, por definição o centro de massa destas partículas, em relação a origem é:

$$x_{cm} = (m_1x_1 + m_2x_2 + \dots + m_nx_n) / (m_1 + m_2 + \dots + m_n)$$

$$x_{cm} = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i}$$

onde x_1, x_2, \dots, x_n são as distâncias das massas à origem. A soma $\sum m_i = M$ que é a massa do sistema.

Supondo que as partículas se encontram distribuídas no plano tem-se centro de massa C definido e localizado pelas coordenadas, x_{cm} e y_{cm} dados por:

$$x_{cm} = \frac{1}{M} \sum m_i x_i$$

$$y_{cm} = \frac{1}{M} \sum m_i y_i$$

A posição do centro de massa relativa as partículas independe do sistema de referência utilizado para determiná-lo.

Pode-se verificar que para o cálculo de x_{cm} e y_{cm} foram utilizados os momentos (10) e (01) respectivamente, sendo $f(x,y)$ o valor da massa pontual localizada em (x,y) . É importante notar também que, apesar da posição do centro de massa relativa as partículas não depender dos eixos de coordenadas, os valores de x_{cm} e y_{cm} são dependentes das coordenadas das posições das partículas com relação aqueles eixos.

Pelo visto acima é possível interpretar os momentos (10) e (01) como sendo a multiplicação de uma coordenada do centro de massa pela massa total das partículas.

No caso da análise de imagens de satélite Landsat as coordenadas dos pontos correspondem ao par dos valores cinzas no canal 5 e canal 7. A função $f(x,y)$ é definida como o número de pontos da imagem que tem o mesmo par de índices cinzas (x,y) e a massa total como sendo o número total de pontos da imagem.

O centro de massa tem grande importância, porque é através dele que se pode determinar momentos invariantes com relação à rotação e translação, bem como definir grandezas associadas a imagem que são invariantes com relação à escala.

V.2.1.2 - Os momentos (02) e (20). Momentos de inércia.

Da mesma forma que foi desenvolvido o cálculo das coordenadas do centro de massa da distribuição de partículas considerada no item V.2.1.1, define-se agora os valores dos momentos de inercia daquela distribuição como sendo:

$$J_x = \sum m_i x_i^2$$

$$J_y = \sum m_i y_i^2$$

É obvio que os momentos J_x e J_y dependem das coordenadas das posições ocupadas pelas partículas medidas com relação a um

par de eixos . Um caso particular é quando estes eixos passam pelo centro de massa pois, é possível provar que existe pelo menos um par de eixos que maximiza um dos momentos de inércia e minimiza o outro. Este par é chamado de "eixos principais de inércia".

O resultado mais importante para análise de imagens bidimensionais é que os momentos de inércia de imagens com relação aos eixos principais de inércia são invariantes com relação a rotação e translação. Estes momentos são denominados, momentos principais de inércia.

Em seguida a este resultado demonstra-se que a razão entre os momentos principais de inércia (máximo e mínimo), denominada relação de aspecto é também invariante com a função escala.

Os valores dos momentos principais de inércia são calculados pelas seguintes expressões [12]:

$$J_{px} = (1/2)(J_x + J_y) + (1/2)((J_x - J_y)^2 + 4J_{xy}^2)^{1/2}$$

$$J_{py} = (1/2)(J_x + J_y) - (1/2)((J_x - J_y)^2 + 4J_{xy}^2)^{1/2}$$

onde J_x e J_y são momentos de inércia calculados com relação a um par de eixos quaisquer que passem pelo centro de massa. O momento J_{xy} é também calculado com relação aos mesmos eixos e corresponde ao momento 11 que é dado por:

$$J_{xy} = \sum m_{ixy}$$

A relação de aspecto pode ser definida como:

$$\rho = \max [J_{px}, J_{py}] / \min [J_{px}, J_{py}]$$

A analogia entre os espaço de massas e partículas e o de índices cinzas e ocorrência de pixels de mesmos índices, é a mesma que descrita no item V.2.1.1.

V.2.1.3. - *A composição do estado da célula. O protótipo.*

Para comporem o vetor de estado da célula foram escolhidos quatro atributos: as coordenadas dos centros de massa e os valores dos momentos principais de inércia. Os primeiros por serem sensíveis a rotação e translação e os últimos por serem invariantes com relação às mesmas transformações.

Desta forma, o espaço no qual é definido o estado é o \mathbb{R}^4 . Portanto, a distância medida entre o ponto definido pelo vetor de estado da célula e aquele definido pelos atributos do estímulo tem que ser definida também no \mathbb{R}^4 .

O estado da célula, formado por atributo de um objeto, é uma representação virtual deste objeto. Desta forma, o estado final da célula após o processo de aprendizagem representa um protótipo de uma classe de objetos. É comum então se chamar o estado da célula de protótipo.

Para garantir uma estabilidade ao protótipo, ou seja, para fazer com que o protótipo se tornasse pouco sensível na aprendizagem a estímulos indesejáveis definiu-se pesos associados a cada componente do vetor de estado, da seguinte forma:

$$\omega_0 = 1 / \ln (e + \sum \text{DCMCN5} / \sum \text{CMCN5})$$

$$\omega_1 = 1 / \ln (e + \sum \text{DCMCN7} / \sum \text{CMCN7})$$

$$\omega_2 = 1 / \ln (e + \sum \text{DJPX} / \sum \text{JPX})$$

$$\omega_3 = 1 / \ln (e + \sum \text{DJPY} / \sum \text{JPY})$$

Onde, CMCN5 e CMCN7 são coordenadas dos centros de massa dos elementos da sequência de estímulos na aprendizagem, DCMCN5 e DCMCN7 são os valores absolutos das diferenças entre as coordenadas dos centros de massa dos estímulos e os do protótipo,

no processo de aprendizagem. As variáveis JPX e JPY são os momentos de inércia dos estímulos usados no processo de aprendizagem. Finalmente as variáveis DJPX e DJPY correspondem ao módulo das diferenças entre os momentos principais de inércia do estímulo e os do protótipo, durante o processo de aprendizagem.

Assim o protótipo passou a ser definido como:

$$P = (p_0, p_1, p_2, p_3) = (\omega_0 x_{cm}, \omega_1 y_{cm}, \omega_2 J_{px}, \omega_3 J_{py})$$

Desta forma, ao processo de aprendizagem foi acrescentada uma filtragem de estímulos indesejáveis.

V.2.2 - A definição da função de saída.

A função de saída definida para a célula neural tem como objetivo a comparação do estímulo com o protótipo através da medida da distância entre os dois pontos associados a eles no \mathbb{R}^4 .

A definição de distância usada no cálculo da distância (Dep) entre o protótipo e o estímulo é a de distância Euclidiana. Considerando-se os pesos das coordenadas, tem-se:

$$Dep = [(p_0 - \omega_0 x_e)^2 + (p_1 - \omega_1 y_e)^2 + (p_2 - \omega_2 J_{pxe})^2 + (p_3 - \omega_3 J_{pye})^2]^{1/2}$$

onde (x_e, y_e) são as coordenadas do centro de massa do estímulo e J_{pxe} e J_{pye} são os valores dos momentos de inércia também do estímulo.

Devido a sensibilidade das coordenadas do centro de massa com relação a posição dos eixos de coordenadas ser diferente da sensibilidade dos momentos principais de inércia redefiniu-se a distância Dep como sendo:

$$\text{Dep} = [n_0^2(p_0 - \omega_0 x_e)^2 + n_1^2(p_1 - \omega_1 y_e)^2 + n_2^2(p_2 - \omega_2 J_{pxe})^2 + n_3^2(p_3 - \omega_3 J_{pye})^2]^{1/2}$$

onde:

$n_0 = b / \mu_{\text{DCMCN5}}$. Se $\mu_{\text{DCMCN5}} = 0$, então $n_0 = b$

$n_1 = b / \mu_{\text{DCMCN7}}$. Se $\mu_{\text{DCMCN7}} = 0$, então $n_1 = b$

$n_2 = b / \mu_{\text{JPX}}$. Se $\mu_{\text{JPX}} = 0$, então $n_2 = b$

$n_3 = b / \mu_{\text{JPY}}$. Se $\mu_{\text{JPY}} = 0$, então $n_3 = b$

$\mu_{\text{DCMCN5}} = (1/N) \sum \text{DCMCN5}$

$\mu_{\text{DCMCN7}} = (1/N) \sum \text{DCMCN7}$

$\mu_{\text{JPX}} = (1/N) \sum \text{JPX}$

$\mu_{\text{JPY}} = (1/N) \sum \text{JPY}$

N = número de estímulo usados no processo de aprendizagem.

$b = \max [\mu_{\text{DCMCN5}}, \mu_{\text{DCMCN7}}, \mu_{\text{JPX}}, \mu_{\text{JPY}}]$

Portanto a medida da distância entre o protótipo e o estímulo, passou a englobar uma filtragem de estímulos indesejáveis, bem como uma equalização das componentes desta distância.

A função de saída foi definida como:

$$\left\{ \begin{array}{l} Z = 1 \quad \text{se } \text{Dep} = 0 \text{ ou } \text{do} = 0 \\ Z = (2/\pi) \arctg(\text{kdo} / \text{Dep}) \\ \text{para qualquer outro caso} \end{array} \right.$$

Sendo:

$$\text{do} = [(\mu_{\text{DCMCN5}})^2 + (\mu_{\text{DCMCN7}})^2 + (\mu_{\text{JPX}})^2 + (\mu_{\text{JPY}})^2]^{1/2}$$

As variáveis Dep e do assumem sempre valores maiores ou iguais a zero. A constante $2/\pi$ é uma constante de normalização. Note-se que o valor desta função para $\text{Dep} = \text{kdo}$ é $1/2$ e que quando kdo/Dep tende para $\pi/2$ ou seja a tangente tende para o infinito o

valor da função é zero. Além disso quando Dep tende para zero, a $\text{tg}(k d_0 / \text{Dep})$ tende para infinito e arctg tende a $\pi/2$, portanto Z tende para 1 ou seja a amostra coincide com o protótipo e o reconhecimento é 1. K é uma constante cujo valor é definido pela conveniência de se mudar a posição do ponto cujo valor da função é 1/2. Considerou-se na análise de dados $k = 2$, fazendo com que o valor da função fosse 0,7 quando $\text{Dep} = d_0$. [02].

V.2.3 - Implementação do modelo. Programa EUROS.

A implementação do modelo usado no reconhecimento automático de regiões terrestres foi realizada através do programa EUROS.

O EUROS, versão 01, foi escrito em PASCAL (Turbo PASCAL - V4.0) e necessita de um microcomputador de no mínimo 256K de memória.

Quanto a recursos para manipulação de células o EUROS possui recursos para: aprendizagem, reconhecimento e eliminação de células.

Na fase de aprendizagem são gerados e atualizados arquivos que contêm os estados da célula. Por exemplo, para a célula reconhecedora de mata é gerado um arquivo e para a de reconhecimento de solo é gerado um outro arquivo, assim como para a célula que reconhece regiões de água.

Quando o programa é utilizado no reconhecimento de regiões, é lido um arquivo que contém os dados relativos ao estímulo, outro relativo ao protótipo e é calculado o valor da função Z, que corresponde a resposta da célula.

O terceiro recurso que o EUROS mantém é o de eliminar arquivos correspondentes a células.

O apêndice II apresenta o manual do usuário do programa EUROS.

Devido a sua implementação ser modular, o EUROS permite a substituição do cálculo dos parâmetros do protótipo pela simples substituição de uma única "procedure".

CAPITULO VI

TREINAMENTO DE CÉLULAS E RECONHECIMENTO DE REGIÕES

VI.1 - Treinamento de células.

Durante a parte experimental deste trabalho foram treinadas três tipos de células, sendo cada uma delas dedicada ao reconhecimento específico de mata, solo ou água.

As regiões terrestres usadas no treinamento de cada célula foram aquelas das quais se conheciam as características de solo, água e vegetação, obtidas pelo trabalho de campo ou observações aéreas.

O apêndice I contém os dados de todas as regiões estudadas. As regiões onde a água predomina tem prefixos Água ou Ag, aquelas onde o solo arenoso predomina tem prefixo Solo ou Sol e as regiões onde a mata é predominante tem prefixo Área ou Mat.

O treinamento da célula mata foi feito com a sequência de regiões Área1, Área2, Área3, Área6 e Área7.

A célula água foi treinada com as regiões Água1, Água2, Água3, Água4 e Água5.

Por sua vez a célula solo foi treinada com as regiões Solo1, Solo2, Solo3, Solo4, Solo5, Solo6 e Solo7.

VI.2 - O reconhecimento de regiões terrestres.

A parte final deste trabalho se refere aos testes de reconhecimento de regiões por parte das células treinadas.

Após o treinamento da célula mata ela foi usada numa sequência de reconhecimento de regiões que incluía também as próprias regiões usadas na fase de treinamento. Os resultados das comparações se encontram na tabela VI.1.

Assim como a célula mata, a célula água, após o treinamento foi submetida a uma sequência de reconhecimentos que também incluíram as regiões usadas na fase de treinamento. Os resultados obtidos se encontram na tabela VI.2.

A tabela VI.3 corresponde aos resultados obtidos na sequência de reconhecimentos a qual foi submetida a célula solo. Note-se que também foram feitos reconhecimentos das regiões usadas no treinamento.

Nome da área	Valor da função
Área 1	0,788
Área 2	0,765
Área 3	0,603
Área 4	0,446
Área 5	0,907
Área 6	0,615
Área 7	0,769
Mat1	0,750
Mat2	0,618
Mat3	0,659
Mat4	0,585
Mat5	0,619
Mat6	0,606
Mat7	0,568
Mat8	0,623
Mat9	0,587
Mat10	0,534
Mat11	0,567
Mat12	0,553
Mat13	0,622

Tabela VI.1

Nome da área	Valor da função
Água1	0,720
Água2	0,667
Água3	0,688
Água4	0,802
Água5	0,873
ag1	0,635
ag2	0,508
ag3	0,489

Tabela VI.2

Nome da área	Valor da função
solo1	0,649
solo2	0,645
solo3	0,678
solo4	0,798
solo5	0,707
solo6	0,734
solo7	0,716
sol1	0,532
sol2	0,551
sol3	0,757

Tabela VI.3

VI.2.1 - Análise dos resultados dos reconhecimentos.

Para fazer uma análise dos resultados dos reconhecimentos aos quais as células foram submetidas, é importante que se interprete as variáveis envolvidas na definição da função de saída Z , bem como a própria função. A figura VI.1 apresenta, de forma grosseira, o comportamento da função Z .

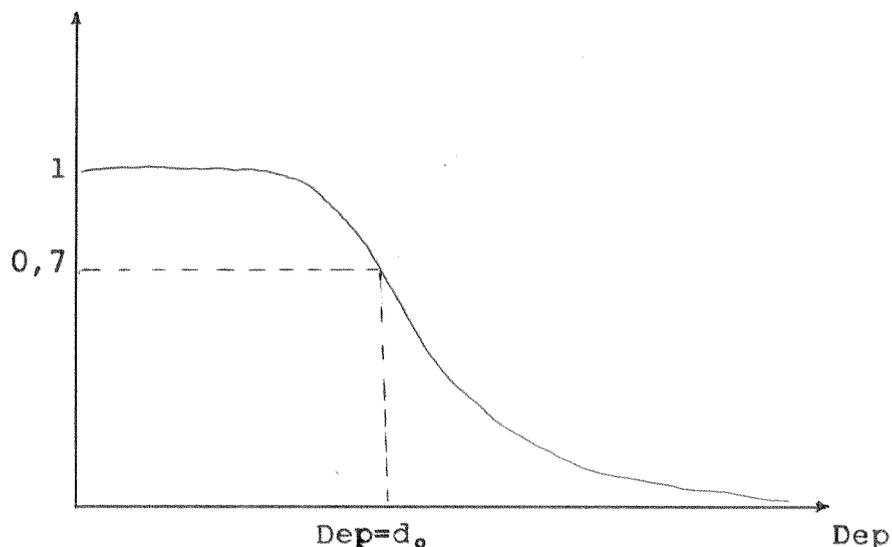


Fig. VI.1 - O comportamento da função Z .

Como foi visto anteriormente no capítulo V, o valor da função tende a zero quando Dep é muito maior que $k d_0$ e a função tende para 1 quando Dep é muito menor que $k d_0$, ou próximo de zero.

Se $Dep = k d_0$ então o valor de Z é 0,5. Isto significa que se um estímulo dista $k d_0$ do protótipo a função de saída é 0,5, indicando indecisão máxima no processo de reconhecimento.

Se por outro lado $Dep = d_0$ significa que o estímulo se encontra a uma distância do protótipo que é igual a distância média dos estímulos ao protótipo na fase de aprendizagem. Neste caso $Z = 0,7$, se $k = 2$. O valor usado para k em todos os reconhecimentos foi 2.

A tabela VI.1 apresenta resultados que são coerentes com o aprendizado da célula mata. As áreas 1, 2 e 7 são regiões de mata densa conforme mostrado nas fotos 18, 19, 20, 32 e 33 enquanto as áreas 3 e 6, embora sejam matas fechadas, são circundadas por regiões secas.

A área 5 se aproxima do protótipo mas é diferente das áreas de treinamento porque é uma região de árvores baixas. Verifica-se então que para as matas os testes da célula foram bastante satisfatório já que indicam corretamente se determinadas áreas pertenciam ou não à classe de matas treinadas por se constituir de árvores altas mas com pequenas lacunas.

A área 4 corresponde a uma região que apresenta cerrado, por isso os dados obtidos através do programa EUROS apresenta um resultado compatível com a realidade. Já as áreas testes, são regiões onde existe uma diversificação de vegetação tanto na sua densidade como, em sua umidade, mas as texturas são semelhantes. Portanto os valores da função de saída de algumas áreas indicam que elas podem ser consideradas pertencentes a matas e outras que não necessariamente sejam matas.

Já na tabela VI.2 os resultados também foram satisfatórios uma vez que quase todos os valores das funções de saídas para as comparações das áreas de treinamento com o protótipo estão bastante próxima, dando assim uma confirmação da existência de água naquelas áreas medidas. Por outro lado, as regiões de testes se colocam na vizinhança de pertinência enquanto que a região ag3 apresenta um resultado fora do esperado. Isto pode ocorrer devido que, esta região Ag3 possui vegetação nas margens do rio, bem como dentro do próprio rio, além da poluição. Isto é, a qualidade da água do Rio do Peixe, pode ter interferido nos coeficientes de absorção e reflectância do espectro eletromagnético.

As regiões de solo também responderam com valores bastante coerentes pois os resultados obtidos mostram a sua pertinência à classe solo arenoso. No entanto alguns valores de áreas de treinamento tais como solo1, solo2 e solo3 estão abaixo

do índice 0,7 que corresponde a distância média das áreas de treinamento do protótipo. Pode-se explicar por serem áreas onde o solo foi arado a tempo e conseqüentemente possui alguma vegetação rasteira. Isto induz a se dizer que as áreas sol1 e sol2 devam ser áreas semelhantes as solo1, solo2 e solo3, usadas no aprendizado.

CAPITULO VII

CONCLUSÕES

I.1 CONCLUSões

No decorrer do período de desenvolvimento deste trabalho, passou-se por determinadas fases de aprendizagem de áreas de conhecimentos ligadas ao objetivo primeiramente proposto, que era o de obter e confirmar assinaturas espectrais temporais como padrões de reconhecimento de culturas agrícolas.

Partindo de uma realidade local e da motivação para a utilização de equipamentos existentes no IPEA, foi implementado um roteiro de trabalho para atender os objetivos propostos.

Primeiramente foram feitos estudos no sentido de obter dados com radiômetro, levantando assinaturas do espectro solar na região, na época da passagem do satélite. Esta atividade se mostrou inviável devido a inexistência de equipamentos adequados, da falta de recursos para a aquisição de imagens de satélite que coincidisse com a data das medidas realizadas com o radiômetro.

Como estas imagens datavam de 1982, as informações de culturas sazonais não necessariamente poderiam ser confirmadas em campo. O que não acontece com as culturas permanentes, (matas) ou elementos geográficos marcantes (solo exposto, rios e lagos).

Assim, o objetivo foi mudado para que se pudesse obter resultados mais satisfatórios. O interesse passou a ser sobre matas, água e solo de grande extensão.

Com o auxílio de técnicos especialistas em interpretação visual de imagens foram escolhidas regiões de trabalho que pudessem ser confirmadas localmente.

Uma preocupação constante era que o algoritmo que analisasse regiões de água fosse o mesmo que analisasse outros tipo de região.

A etapa inicial de estudos para o desenvolvimento do trabalho proporcionou um aprendizado adicional uma vez que se teve de penetrar em outras áreas de conhecimento para se compreender o mecanismo e os conceitos envolvidos no reconhecimento de padrões de culturas permanentes.

As observações de campo foram feitas através de levantamento de cartas, vôos panorâmicos e visitas aos locais, para que se pudesse documentar e verificar as condições e tipo de vegetação existentes. O objetivo era a comparação dos resultados obtidos através do programa desenvolvido com os dados reais dos sitios.

A escolha das áreas de trabalho foi, sem duvida uma etapa de vital importancia para o desenvolvimento posterior do trabalho, pois os parâmetros usados para a classificação em regiões de trabalho são também usadas no reconhecimento de regiões.

Ao final desta primeira etapa tinha-se aprendido conceitos dos mais elementares como: leitura de cartas, tomadas de fotos aéreas, identificação visual de culturas permanentes, etc.

Foi nesta primeira etapa onde se compreendem o sistema de funcionamento de aquisição e distribuição de imagens LANDSAT no Brasil.

A etapa seguinte foi a de se procurar entender o problema como um todo, buscar referências bibliográficas e visualizar-se uma proposta de um modelo computacional. Sem dúvida, esta foi uma das etapas mais ricas em termo de aprendizagem. Entretanto as limitações locais do IPEA no que se refere a processamento de dados deixava muito a desejar, impossibilitando o desenvolvimento e teste de modelos adequado.

Devido a uma série de dificuldades de cunho econômico enfrentadas no decorrer deste trabalho, o seu desenvolvimento foi

extendido por pelo menos mais dois anos, com relação ao período inicialmente previsto.

Entretanto, este atraso, não fez com que o trabalho ficasse desatualizado já que foram inseridos conceitos de estruturas de programas que se mostraram viáveis somente nos últimos anos, que é o caso de estrutura neural.

A terceira, e última etapa, correspondeu a escolha de um modelo, definição de estrutura de programa, implementação, medidas e análise de dados. Foi a mais extensa, entretanto foi aí que se consolidou um resultado de todo o trabalho e se obteve o produto final, a dissertação de tese.

É importante notar que com relação ao programa EUROS pode-se afirmar que atingiu o objetivo proposto, uma vez que ele contém em seu bojo a capacidade de diferenciar satisfatoriamente, através de células treinadas, áreas que correspondam a vegetação, solo ou água, por exemplo, com os dados obtidos nos equipamentos do IPEA.

A validade deste trabalho se encontra, não na tecnologia utilizada, mas na contribuição que trouxe para o IPEA no que diz respeito a utilização de equipamentos que se encontravam ociosos, e por possibilitar ajuda nas pesquisas de outros docentes, ampliando a sua gama de escolha de atividade.

A modularidade do programa EUROS abre lugar para que a pesquisa de modelos de potenciais de classificação, como também para a definição de novos pesos na fase de aprendizagem. Isto tudo objetivando uma maior estabilidade do protótipo.

A utilização de novas imagens de satélite TM ou SPOT e com maior número de canais poderá intensificar e melhorar o seu performance do programa EUROS com a finalidade de classificação de classes diferentes de vegetação.

Pode-se concluir que o objetivo proposto para o

trabalho foi plenamente atingido, uma vez que o trabalho foi voltado a desenvolver um produto que pudesse atender a realidade local, trazendo uma contribuição, para a UNESP - Campus de Presidente Prudente.

A P E N D I C E I

DADOS DAS ÁREAS DE TREINAMENTO E DE TESTES

Area1			Area2			Area3		
C5	C7		C5	C7		C5	C7	
58	190		60	244		69	198	
55	186		56	250		65	198	
55	185		58	255	75	180		
55	190		57	250		51	210	
55	185		60	283		53	217	
55	195		62	275		56	220	
58	217		62	274		56	211	
54	202		63	292		55	219	
55	222		63	287		52	196	
55	230		60	258		50	206	
54	210		57	220		52	206	
52	200		60	217		52	202	
52	220		70	225		55	205	
55	193		65	212		53	245	72 185
50	192		62	220		55	251	
55	197		63	165		55	209	
56	215		65	170		78	192	
55	210		68	165		70	160	
56	215		64	170		66	152	
56	192		61	170		70	162	
60	195		60	175		70	171	
65	252		62	171		60	177	
65	237		61	202		62	170	
60	238		57	197		57	165	
61	248		61	203		52	167	
61	246		62	187		63	172	
60	227		65	183		70	175	
62	237		61	202		68	203	
59	248		64	193		62	188	
60	254		65	195		67	180	
62	255		65	202		67	200	

Area7

C5	C7	C5	C7	C5	C7
67	200	60	217	65	180
65	195	60	211	66	189
63	190	60	222	66	182
61	200	60	222	67	177
60	191	60	220	66	187
62	207	60	213	64	193
62	205	61	232	65	190
62	208	62	213	66	189
62	244	63	216	65	187
63	298	65	222	64	183
60	260	65	232	63	183
62	228	65	238		
62	214	62	220		
62	215	67	215		
62	203	65	213		
60	200	65	180		
60	215	67	168		
60	217	65	165		
58	220	67	156		
59	115	66	160		
60	200	65	161		
60	200	62	160		
60	215	63	167		
58	207	62	153		
60	223	59	143		
60	211	64	160		
60	215	63	177		
59	217	65	177		
60	219	65	173		
62	225	65	174		
58	209	65	185		

		Agua1				Agua3		Agua4		Agua5	
C5	C7	C5	C7	C5	C7	C5	C7	C5	C7	C5	C7
75	75	63	185	45	130	30	36	75	100	70	85
62	65	65	188	42	131	35	40	55	83	60	75
55	57	65	140	45	142	30	42	50	73	50	97
57	57	64	137	44	155	40	45	55	67	47	86
57	52	53	132	50	135	70	42	50	63	58	96
50	60	54	142	55	165	50	45	48	60	60	120
50	65	55	145	70	135	35	40	45	58	40	87
51	80	47	136	85	180	34	42	50	57	50	80
50	56	40	127			30	45	45	60	53	99
54	65	38	135			30	43	47	87	50	112
57	55	34	135			25	48	55	75	48	146
65	60	32	140			33	55	50	60	55	88
72	63	31	105			25	50	54	59	57	97
88	72	32	80			30	49	57	58	57	141
80	85	35	86			30	50	55	57	60	113
60	72	40	95			27	47	50	59	70	127
60	65	45	115			34	46	55	62	68	158
54	60	55	172			25	47	75	56	75	135
60	57	55	145			27	47	70	85	65	120
70	54	45	144			30	60	50	70	65	130
63	55	47	125			30	42	43	68	55	125
57	57	52	160			50	46	54	69		
54	57	55	185			50	45	55	75		
45	58	40	202			65	48	57	66		
55	60	36	195			90	43	55	62		
70	64	42	160			80	52	40	58		
85	70	77	170			30	52	45	57		
105	83	60	142			25	46	70	65		
		50	160			30	54				
		54	175			50	57				
		54	171			55	80				
		46	165			75	60				
		42	162			47	40				

Solo1		Solo2		Solo3		Solo4		Solo5		Solo6		Solo7	
C5	C7												
290	425	520	497	427	466	435	361	575	537	290	565	325	485
395	517	645	580	525	478	610	460	610	630	340	665	455	541
360	555	730	608	630	484	673	560	570	635	390	787	489	540
420	568	715	623	655	508	696	620	630	580	464	658	505	530
505	594	755	652	660	607	687	652	615	555	463	662	512	545
510	660	795	700	700	625	710	678	590	510	475	595	535	595
490	643	805	727	707	607	710	654	545	505	483	657	547	585
470	602	795	723	717	630	697	570	600	515	530	568	530	550
485	607	725	742	760	605	710	527	610	517	567	659	540	545
455	587	690	795	770	557	705	636	775	500	580	625	525	535
415	570	720	816	740	511	605	645	790	534	552	581	550	580
380	560	745	760	710	470	550	604	840	585	565	635	567	642
475	563	785	730	690	437	580	572	820	620	575	641	527	672
450	556	725	696	660	420	680	546	842	690	545	566	500	670
470	450	650	723	620	377	742	458	833	756	525	573	410	645
390	640	570	760	640	340	734	620	797	800	582	631	510	604
430	624	540	771	600	360	745	681	730	825	590	607	535	573
400	600	460	724	600	383	724	672	640	804	528	656	540	615
410	577	365	625	580	435	720	630	445	773	548	620	570	660
380	557	320	690	550	457	705	610	530	757	523	672	582	627
		310	780	430	452	610	540	550	740	556	682	582	600
		730	760	420	445	543	460	540	737	460	815	557	454
		745	693	490	470					420	770		
		790	660	530	443					270	740		
		815	650	560	470					264	735		
		850	557	545	450					245	745		
		810	542	475	436					657	675		
		720	555	455	460					440	707		
		690	530	470	415					300	625		
		660	480	425	410					350	667		
		605	455	400	475					380	700		
		435	536	390	520					325	672		
										235	582		

Ag1				Ag2				Ag3			
C5	C7	C5	C7	C5	C7	C5	C7	C5	C7		
52	50	53	63	52	42	85	50	69	60	78	56
53	52	55	65	55	46	87	55	68	65	70	63
53	57	34	62	54	43	84	55	78	70	75	58
52	55	55	67	53	46	89	54	78	70	71	58
53	53	55	63			82	62	59	65	77	64
52	52	54	48			89	61	59	59	75	68
56	52	52	49			89	75			79	61
57	51	55	49			89	75			75	63
54	50	56	47			89	77			79	69
55	51	53	45			88	73			70	68
55	52	54	46			89	73			80	62
56	53	56	48			85	71			88	73
55	55	55	50			89	68			88	73
55	57	52	45			89	65			83	72
53	59	54	43			89	72			87	75
54	50	56	42			89	63			87	81
54	57	56	54			89	63			88	79
53	57	54	54			78	55			86	82
52	52	53	54			79	53			86	82
52	50	54	64			79	73			87	84
54	41	52	64			79	54			89	81
55	44	52	64			78	51			68	81
52	52	53	64			78	71			85	60
52	53	54	64			78	72				
53	55	53	74			78	68				
54	68	53	74			79	64				
54	67	52	74			79	69				
53	64	55	74			69	57				
53	62	55	74			69	53				
55	66	53	74			69	64				
55	64	54	74			69	64				

Sol1				Sol2				Sol3			
C5	C7	C5	C7	C5	C7	C5	C7	C5	C7	C5	C7
210	620	673	553	770	498	719	690	415	458	554	553
221	630	687	416	770	512	721	682	419	440	552	550
225	632	699	474	792	490	720	603	420	445	548	527
232	627	712	587	781	491	719	602	470	440	471	523
250	623	725	508	782	502	720	598	454	443	341	580
243	650	732	697	780	510	717	573	410	516	401	572
342	672			795	532	703	572	431	498	370	620
370	641			773	624	781	537	482	504	396	615
320	680			779	624			514	532		
410	675			791	629			513	536		
305	696			810	621			510	534		
596	654			815	611			514	536		
484	730			810	616			514	534		
511	712			810	619			527	534		
432	689			808	633			542	521		
319	691			815	624			542	527		
432	743			827	644			554	538		
532	742			819	644			542	521		
541	760			820	662			548	522		
530	758			819	682			557	553		
431	743			520	671			552	555		
341	745			820	671			580	537		
323	736			828	592			583	542		
317	713			833	598			578	573		
419	719			845	592			610	581		
398	723			750	592			623	579		
381	708			750	610			630	590		
530	715			740	630			623	588		
552	710			741	635			622	582		
698	623			743	610			615	574		
685	429			734	648			565	553		

Mat1				Mat2				Mt3				Mat4			
C5	C7	C5	C7	C5	C7	C5	C7	C5	C7	C5	C7	C5	C7	C5	C7
73	170	57	245	62	214	66	235	85	174	62	182	62	220	55	185
68	178	52	255	50	194	64	227	80	175	60	210	62	215	57	185
72	167	52	187	43	187	50	230	74	172	60	190	67	217	62	182
78	178	57	166	46	186	54	237	63	162	39	180	65	196	61	188
78	160	57	183	42	188	65	235	60	154	37	236	64	212	70	164
85	160	52	170	40	196	68	242	64	204	51	225	61	196	65	190
83	156	57	239	44	196	59	230	58	177	59	223	62	170	68	197
84	187	55	140	40	198	54	220	55	194	51	225	63	197		
72	223	57	162	40	202	52	210	55	231	54	245	64	173		
65	227	58	182	59	212	57	235	52	186	72	227	62	177		
55	205	55	204	55	210	55	248	63	210			62	180		
57	198	52	221	57	222	55	231	50	212			66	179		
52	205	52	200	52	225	57	220	55	230			64	174		
57	180	57	195	55	227	61	206	52	183			64	175		
50	174	58	212	60	230	60	212	53	192			69	178		
57	171	60	195	62	227	65	185	47	202			65	200		
50	198	58	212	60	215	75	210	47	190			58	197		
53	257	60	233	60	222	70	245	47	172			53	210		
57	203	55	197	58	228	72	243	53	187			55	211		
62	195	58	225	65	235	95	240	67	163			54	205		
57	190	53	250	63	225	83	238	60	172			53	201		
52	203	57	237	58	218			63	160			55	207		
58	223	62	218	62	216			65	180			54	203		
52	173	67	167	64	214			65	182			57	196		
54	182	64	177	63	204			67	200			56	192		
59	242	62	212	59	201			61	201			55	186		
57	237	67	220	64	210			64	191			55	190		
54	187	54	255	61	210			62	199			58	184		
57	218	65	180	54	207			62	213			51	178		
54	196			59	195			62	225			51	181		
55	183			50	205			65	160			57	180		
62	186			50	220			60	205			50	172		
57	195			55	227			60	165			52	173		
54	265			63	228			60	165			52	180		
55	244			65	230			62	182			55	172		

Mat5				Mat6				Mat7			
C5	C7	C5	C7	C5	C7	C5	C7	C5	C7	C5	C7
80	170	55	188	80	178	55	187	95	200	57	180
70	202	56	173	65	172	57	182	72	200	65	202
67	224	57	182	57	180	64	174	70	180	60	225
63	217	62	180	54	190	54	156	73	177	52	218
60	222	63	212	60	185	53	210	69	175	60	190
56	227	67	199	55	188	55	213	64	180	60	185
60	220	55	197	57	184	57	216	65	175	80	195
55	212	57	176	58	185	57	210	60	185		
53	222	57	180	52	193	64	190	58	174		
61	217	55	174	57	199	65	185	58	186		
52	195			59	195	67	185	57	192		
59	198			55	193	75	180	55	198		
52	182			52	197	85	190	58	198		
65	194			57	192			57	197		
68	175			53	192			57	192		
60	175			53	195			57	188		
57	183			52	192			58	180		
58	218			56	200			69	195		
55	201			52	202			66	196		
65	187			67	201			69	190		
53	194			65	195			72	195		
55	195			66	205			70	192		
65	190			67	198			60	196		
64	185			67	190			57	195		
67	212			67	203			45	197		
50	190			68	202			50	193		
63	195			59	205			54	180		
64	195			55	217			49	190		
64	210			50	226			55	190		
62	190			52	230			57	182		
63	190			55	225			53	195		
67	194			52	225			57	180		
56	190			57	202			50	160		
55	190			57	195			57	162		

Mat8

C5	C7	C5	C7	C5	C7	C5	C7
90	165	63	195	67	208	57	200
70	185	64	185	68	204	58	200
56	188	64	195	60	205	60	195
55	195	63	196	68	192	68	186
54	190	64	197	68	192	52	187
53	193	64	187	60	200	52	202
51	192	64	180	60	185	60	225
50	192	64	225	67	182	52	224
59	187	60	210	67	190	60	210
51	188	64	205	50	197	53	230
51	180	63	222	52	190	67	240
51	172	64	215	52	215	50	245
50	178	64	210	52	227	67	222
59	187	64	180	53	195	66	225
50	177	65	190	55	196	50	200
50	180	65	190	54	185	55	215
50	180	63	198	55	192	70	210
51	196	60	204	53	230		
57	193	60	192	50	237		
59	197	65	190	50	235		
57	205	65	190	52	200		
52	200	64	190	53	192		
68	202	65	195	55	190		
66	213	65	192	52	190		
67	207	65	194	54	199		
66	204	67	182	53	199		
65	215	67	189	52	205		
65	217	68	182	50	200		
65	195	67	189	54	206		
64	180	69	189	50	214		
63	185	67	197	60	225		
62	198	67	191	58	217		

		Mat9				Mat10			
C5	C7	C5	C7	C5	C7	C5	C7	C5	C7
92	223	68	205	53	192	64	195	53	197
60	230	68	197	51	195	50	190	55	193
53	275	68	192	45	185	57	192	54	190
50	240	60	195	54	170	57	220	52	195
55	230	62	208	59	185	55	195	59	190
53	223	60	203	52	185	50	196	62	200
56	228	59	196	57	175	77	195	61	190
50	212	53	192	54	185	55	190	63	195
53	202	52	190	52	185	57	195	65	197
53	190	51	190	52	180	54	200	61	199
53	200	50	197	60	175	50	195	67	210
53	208	53	197	56	187	52	198	63	215
57	196	53	197	55	176	59	195	69	226
55	216	51	192	54	183	57	192	63	233
57	217	50	195	59	190	57	190	63	240
54	205	52	195	57	182	50	215	55	232
50	196	57	197	60	185	59	182	56	210
55	205	56	195	60	173	57	180	57	190
50	202	58	190	67	174	54	186	50	185
59	190	62	190	65	183	55	182	52	186
51	197	65	190	67	177	52	187	55	198
55	180	66	195	67	180	51	182	53	204
58	203	60	193	65	185	55	185	52	190
55	215	52	190	75	193	53	172	50	184
62	212	57	195	77	180	55	174	65	192
66	215	55	197	80	187	56	166	67	199
68	220	57	198	95	176	57	194	72	185
68	225	52	175			55	217	62	174
65	220	51	190			53	200	53	165
63	216	50	182			51	195	52	187
62	208	56	182			55	198	55	192
67	210	57	187			52	190		
						55	192		

Mat11				Mat12		Mat13	
C5	C7	C5	C7	C5	C7	C5	C7
85	220	66	190	72	210	62	240
58	215	52	197	62	200	62	210
50	175	62	180	56	195	65	209
57	190	53	185	62	205	60	202
55	210	52	180	51	195	62	195
55	230	59	185	57	207	55	170
52	195	56	195	51	196	57	192
62	177	51	210	57	196	57	182
55	175	61	213	55	196	55	195
64	180	65	220	62	190	58	210
52	180	60	215	57	194	60	215
55	183	72	209	61	185	62	217
53	185	60	205	64	180	65	220
61	205	97	195	58	189	60	195
70	227	52	200	57	186	56	180
57	197	60	220	55	195	50	172
58	208	31	215	54	207	54	195
72	210	55	212	52	205	58	175
67	184	85	228	64	200	60	200
67	170			60	190	62	175
64	176			65	190	61	215
70	182			70	195	64	190
52	210			65	195	67	185
62	198			79	192	60	187
54	205			52	190	59	198
60	210			50	195		
64	223			55	197		
56	202			62	186		
58	198			63	180		
52	196			65	190		
61	197			50	185		
				52	175		
				57	180		

A P E N D I C E I I

MANUAL DO USUARIO DO PROGRAMA EUROS

1 - INTRODUÇÃO

Este manual tem como finalidade orientar o uso do programa EUROS, que foi desenvolvido com a finalidade de atender uma necessidade local do IPEA, ou seja utilizar e obter medidas feitas por equipamentos existentes na UNESP Campus de Presidente Prudente. Entretanto devido a uma concepção flexível, pode ser usado em outras áreas de conhecimento, com pouco esforço de adaptação.

O programa EUROS é composto de tres módulos chamados de aprendizagem, verificação e cancelamento.

Os dois primeiros são munidos de recursos gráficos que proporcionam uma visão da distribuição dos dados no espaço dos canais 5 e 7 de forma a se ter uma noção qualitativa dos atributos associados à área em análise.

2 - LEVANTAMENTO E FORMATAÇÃO DOS DADOS

Para usar o programa EUROS com a finalidade de reconhecimento de água, solo ou mata, por exemplo, utilizando imagens de satélite, torna-se necessário que sejam obtidos os níveis cinza dos dois canais 5 e 7 para cada ponto da região em estudo. No caso do IPEA, estes dados são obtidos através do microdensitômetro conforme explicação dada no item IV.1.

Estes dados devem ser colocados em um arquivo e digitados em modo compatível com o modo não documento do editor de texto Word Star®. Na primeira coluna da primeira linha deve ser colocado um asterisco (*) seguido de um comentário não excedendo a 80 caracteres, pois o programa na sua execução não considera a primeira linha como uma linha de dados.

A partir da segunda linha devem ser digitados os dados relativos aos pontos da área estudada. Cada linha deve ser

digitada da seguinte forma: valor do nível cinza do canal 5 (número inteiro), um espaço e em seguida o valor do nível cinza do canal 7 (número inteiro) e logo após <CR> (tecla ENTRAR), onde no quadro 1 é apresentado um exemplo de formatação. Esta formatação é usada tanto para o modo aprendizado quanto para o de comparação.

* Dados relativos a área correspondente dos canais 5 e 7.

60 244
56 250
58 255
57 250
60 283
62 275
62 274
63 292
63 287
60 258
57 220
60 217
70 225
65 212
62 220
63 165
65 170
68 165
64 170

Quadro 1 - Exemplo de formatação de arquivo de dados

3 - EXECUÇÃO

Ao se iniciar a execução do programa EUROS aparacena tela a mensagem mostrada na figura 1, com a instrução de rodapé para pressionar uma tecla qualquer para dar continuidade.

O segundo quadro é o da figura 2, com o menu principal apresentando as opções de trabalho: aprendizado, verificação e cancelamento.

3.1 - Módulo aprendizado

O módulo aprendizado é aquele no qual se deseja criar uma nova célula ou ensinar a uma já existente com novos dados.

Ao digitar a tecla correspondente ao dígito 1, aparecerá na tela uma mensagem no rodapé da imagem solicitando o nome do conceito a ser aprendido conforme figura 3. Após digitar o nome do conceito, que no exemplo foi usado Teste, e a tecla <CR> aparece na tela a figura 4 com a informação de que o conceito não existe e o pedido para digitar uma nova tecla.

O nome do novo conceito criado e que deve ser ensinado é mostrado na tela junto com a opção 1.

Em seguida ao digitar uma tecla qualquer o programa solicita o nome do arquivo de dados, conforme mostra a figura 5, que no exemplo foi digitado o arquivo Solo1. Pressionada a tecla ENTRA aparece na tela a distribuição dos dados no espaço dos canais conforme a figura 6. Acima da distribuição está a informação sobre qual conceito está sendo ensinado e com qual arquivo de dados. Além disso é fornecido os valores das coordenadas de centro de massa daqueles dados. Para continuar é só digitar qualquer tecla que o programa retornará ao menu principal.

3.2 -Módulo Comparação

Ao se digitar o dígito 2, quando da escolha no menu principal aparece na tela a figura 7 solicitando o nome do conceito a ser comparado, que depois de digitado e pressionado a tecla ENTRA resultará no quadro da figura 8, que como exemplo foi usado o arquivo Mat1 para comparar com o protótipo Teste.

Após digitar o nome do arquivo e a tecla ENTRA aparece na tela a distribuição dos dados no espaço dos canais conforme a figura 9. Acima da distribuição esta informando qual o conceito que está sendo comparado e com qual arquivo de dados correspondente a área estudada. Também é fornecido os valores das coordenadas do centro de massa dos dados apresentado. No rodapé é apresentado o valor do potencial comparativo correspondete a função de pertinência conforme exposto no item V.2.2.

Para o programa voltar ao menu principal é só digitar qualquer tecla.

3.3 -Módulo Cancelamento

Este é o módulo que possibilita cancelar a célula criada, ele não cancela, ou apaga arquivos de dados, pois a sua finalidade é somente cancelar conceitos criados, que não servem mais ou foram treinados erradamente.

Para o uso deste módulo é só digitar a tecla 3, quando da escolha no menu principal, no qual será solicitado o nome do conceito a se cancelado conforme a figura 10. Depois de ter digitado o nome do conceito e a tecla ENTRA, será pedido que se confirme ou não o cancelamento conforme mostra a figura 11, que após confirmado ou não volta ao menu principal.

Para sair do programa digite a tecla ESC que irá aparecer a figura 12, que após pressionar qualquer tecla ele volta ao sistema operacional.

IPEA - PRES. PRUDENTE
unesp

Pressione uma tecla para continuar

Figura 1

MODOS DE OPERACAO

- 1 - Modo aprendizado:
- 2 - Modo comparacao:
- 3 - Cancela conceito:

Digite uma das opcoes acima ou ESC para nenhuma delas.

Figura 2

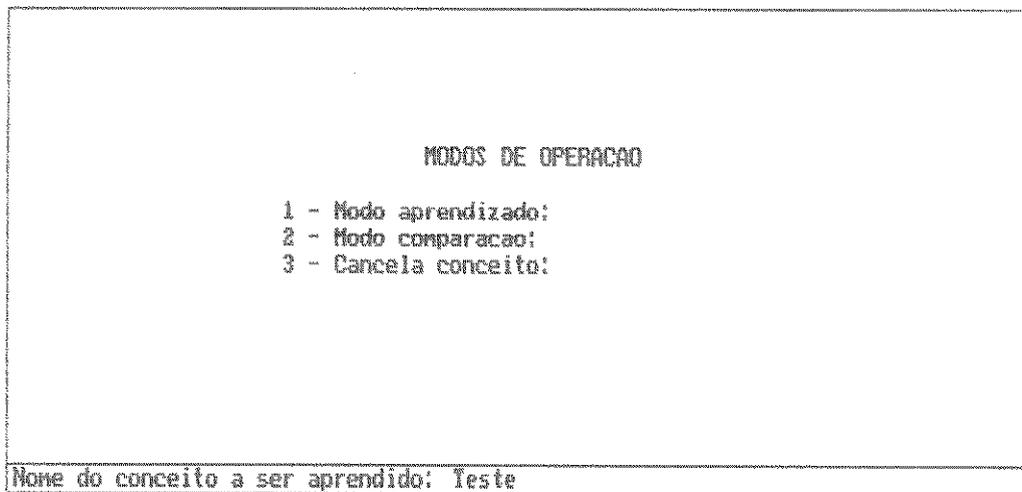


Figura 3

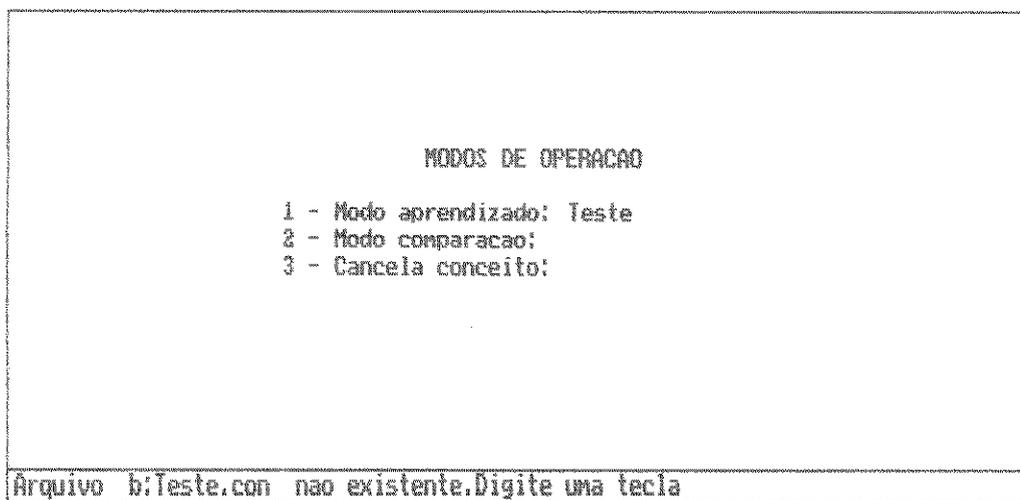


Figura 4

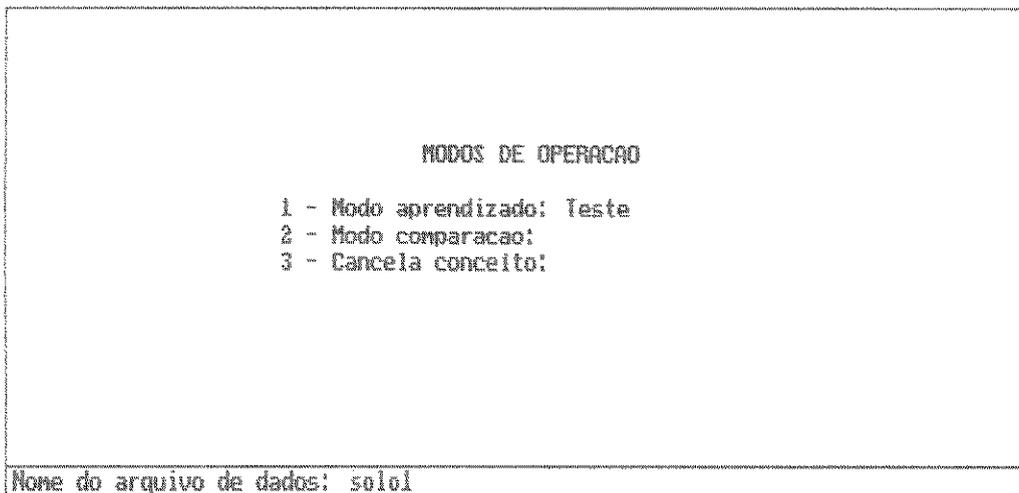


Figura 5

Aprende Conceito Teste com Dados solol.Ctro Massa: X = 429.000 Y = 572.750

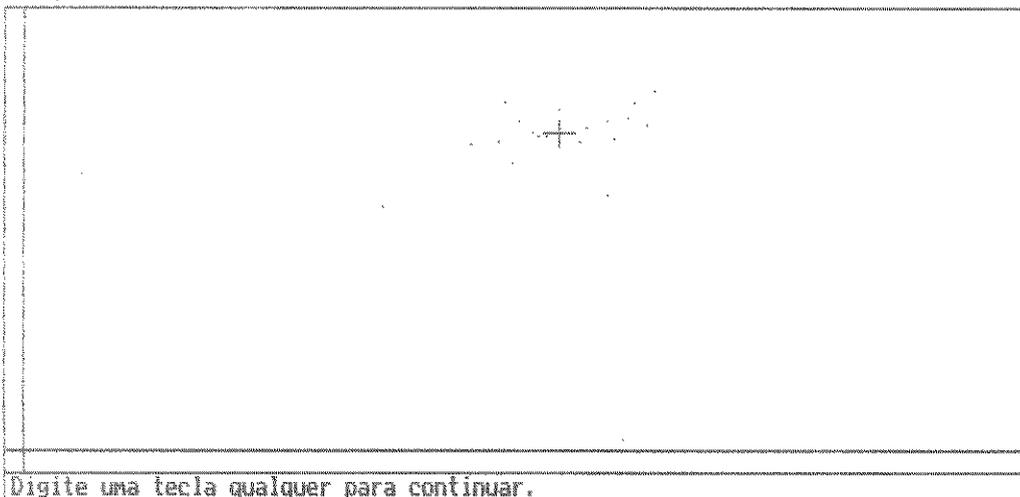


Figura 6

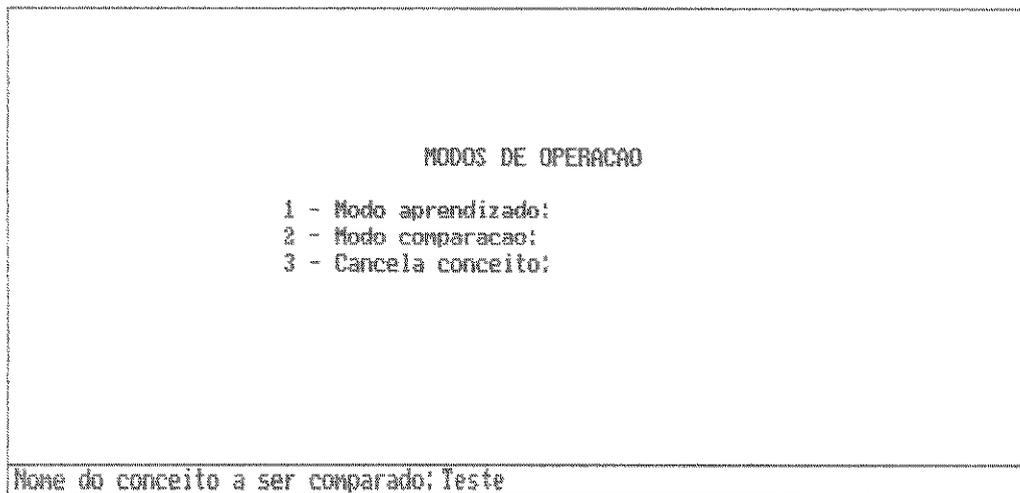


Figura 7

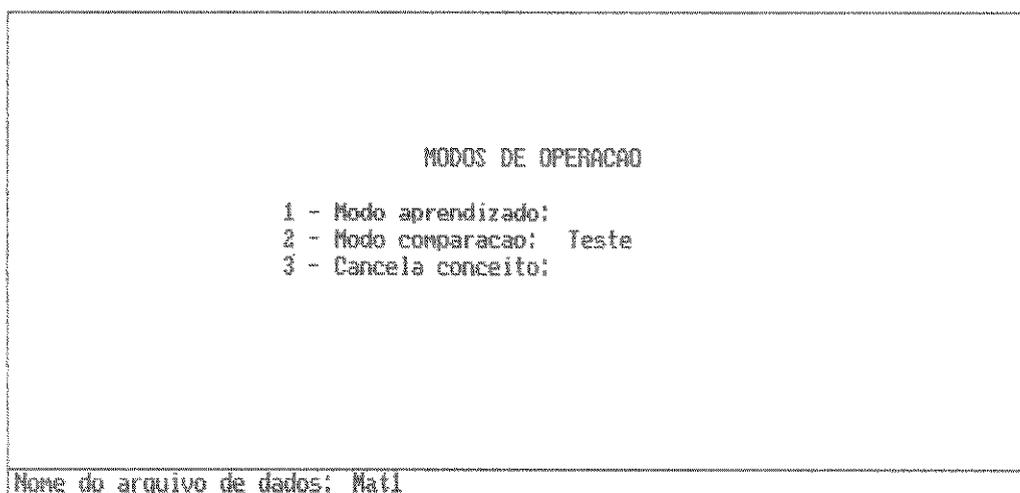


Figura 8

Compara Conceito teste com Dados natl.Ctro Massa: X = 59.397 Y = 201.317

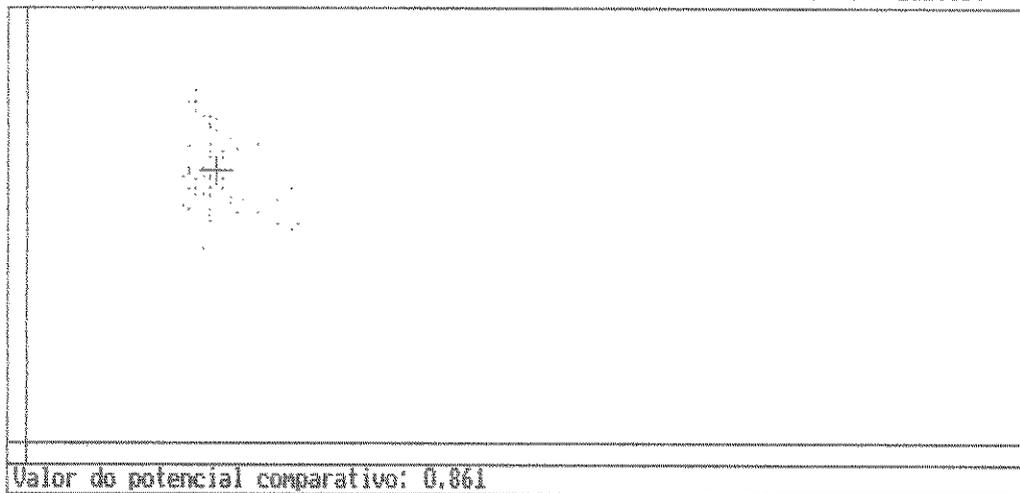


Figura 9

MODOS DE OPERAÇÃO

- 1 - Modo aprendizado:
- 2 - Modo comparação:
- 3 - Cancela conceito:

Nome do conceito a ser cancelado: Teste

Figura 10

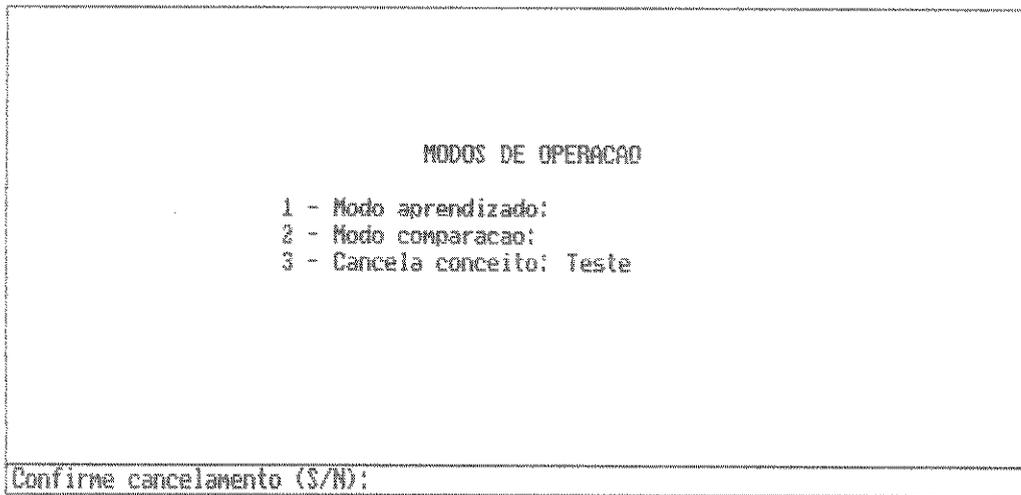


Figura 11



Figura 12

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] Adeniyi, Peter O. - Digital Analysis of multitemporal Landsat data for land-use, land-cover classification in Semi-Arid Area of Nigéria - Photogrammetric Engineering and remote sensing. - V. LI n 11 - 1985.
- [02] Andrews, Harry C., "Introduction to mathematical techniques in pattern recognition" , John Wiley & Sons, Inc, 1972.
- [03] Barret, E. C. e outro - Introduction to environmental Remote Sensing - Capma and Hall Ltd - 1982. N. York.
- [04] Bracken, Peter A. - Remote sensing software Systems - Manual of remote sensing - 1983 - American society of photogrammetry - V. I pg 807 -838.
- [05] Carneiro, Paulo J. R. - Identificação de áreas cultivadas com soja nos cerrados, através do processamento digital de imagens de satélite: um aporte metodológico. - Simpósio Latino-Americano de Sensoriamento Remoto, V-I, pg 402-416.
- [06] Chahine, Moustafa T. - Interaction Mechanisms within the atmosphere - manual of remote sensing - 1983 - American society of photogrammetry V-I, pg 165-224.
- [07] Chen, S. C. - Comportamento de culturas a partir da análise de dados do Landsat TM - Simpósio Latino-Americano de Sensoriamento Remoto - V - I, pg 394-401 - Gramado 1986.
- [08] DeGloria, Stephen D. Spectral variability of Landsat - 4-Thematic Mapper and Multispectral Scanner data for selected crop and Forest cover types - IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing. V GE - 22 n 3 May-1984.
- [09] Dubois, Didier J. - Fuzzi sets and systems - Academic Press, Inc, 1980.

- [10] Dutra, Luciano V - Estudo de Métodos de pos-processamento aplicado a problema de classificação de padrões. - Simpósio Latino-Americano de Sensoriamento Remoto - V-I, pg 562-568 - Gramado 1986.
- [11] Estes, John E e outro - Fundamentals of image analysis: Analysis of visible and thermal infrared data - manual of remote sensing - 1983 - American society of photogrammetry V - I, pg 987-1118.
- [12] Fonseca, Adhemar - Curso de Mecânica - Rio de Janeiro - Ao Livro Técnico; 1982.
- [13] Garcia, Gilberto J. - Sensoriamento Remoto - Livraria Nobel S/A 1982 - S. Paulo.
- [14] Haralick, Robert M e outro - Pattern Recognition and classification - manual of remote sensing - 1983 - American society of photogrammetry V-I, pag 793-804.
- [15] Hatamian, Mehdi - A Real-time two-dimensinal Moment generating algorithm and its single chip implementation - IEEE Trasactions on acoustics, and signal Processing, V. 34 n 3, June 1986 pp 546-553.
- [16] Hehl, Maximilian Emil - Liguagem de programação estruturada: Fortran 77 - S. Paulo- Mc Graw-Hill - 1986.
- [17] Heller, Robert C. e outro - Forest Resource Assesssments - manual of remote sensing - American society of photogrammetry 1983 v-II pg 1229-1310.
- [18] Hu, M.K. - Visual pattern recognition by moment invariants - IRE Transactions on Information Theory, Vol II- 8 pg 179-187, feb 1962.
- [19] Kachwaha, T.S. - Spectral siganatures obtained from Landsat digital data for forest vegetation and Land-use Mapping

in India. - Photogrammetric Engineering and Remote Sensing v-49 n 5 1983 pg 685-689.

- [20] Lippmann, Richard P. - An Introduction to Computing with Neural Nets - IEEE ASSP Magazine - April 1987
- [21] Lo, Thomas H.C. - Use of multitemporal Spectral Profiles in agricultural Land-cover classification. - Photogrammetric Engineering and Remote Sensing - V-LII n4 1986 pg 535-544.
- [22] Mascarenhas, Nelson D.A. e outros - Algoritmos para classificação de Amostras e seleção de atributos de imagens - S. José dos Campos, abril 1980 - INPE.
- [23] Mascarenhas, Nelson D.A. e outros - Processamento de Imagens, classificação de padrões e visão robótica - S. José dos Campos - Inpe - maio, 1983.
- [24] Mendonça, Francisco José - Sensoriamento remoto aplicado à agricultura: princípios básicos, metodologia e aplicações S. José dos Campos - setembro, 1981 - INPE.
- [25] Moreira, Mauricio A. e outro - Princípios básicos, metodologia e aplicações de sensoriamento remoto na agricultura - S. José dos Campos -INPE.
- [26] Morettin, Pedro Alberto - Introdução à estatística para ciências exatas - S. Paulo - Atual, 1981.
- [27] Morimoto, Tsutomu - Estudo dos efeitos atmosféricos sobre as radiações percebidas pelos sensores a bordo de plataformas orbitais (ERTS/LANDSAT) - S. José dos Campos 1980 - INPE.
- [28] Myers, Victor I. e outros - Remote sensing applications in agriculture - manual of remote sensing - 1983 - American society of photogrammetry V-II pg 2111-2218.

- [29] Pinto, Sergio A.F. - Utilização de técnicas do sensoriamento remoto para a caracterização de erosão do solo no sul do Estado de São Paulo - Tese de mestrado em sensoriamento remoto - S. José dos Campos - INPE, abril/83 (INPE- 2694-TDL/128).
- [30] Santos, J.R. e outros - Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas na caracterização da vegetação de cerrado - I Simpósio de Sensoriamento Remoto - S. José dos Campos - 1981 V-I, pg 197-204.
- [31] Santos, J.R. e outro - Monitoramento do Parque Nacional de Brasília através da dados orbitais.- I Simpósio de Sensoriamento remoto - S. José dos Campos - 1981 - V-I pg 118-134.
- [32] Shimabukuro, Y.E e outros - Automatic Classification of reforested Pine and Eucalyptus using Landsat data. - Photogrammetric and remote sensing - V-46 n 2 pg 209-216
- [33] Slater, Philip N - Remote Sensing, optics and optical systems - Addison Wesley Publishing Company - 1980 USA.
- [34] Smith, James A. Mater-Energy Interaction in the optical Region - Manual of remote sensing - American society of photogrammetry -V-I pg 61-161.
- [35] Suits, Gwynn H. - The nature of electromagnetic Radiation - Manual of remote sensing - American society of photogrammetry 1983 - V-I pg 37-60.
- [36] Tremblay, Jean-Paul - Ciência dos computadores: uma abordagem algorítmica - S. Paulo - Mc Graw-Hill do Brasil, 1983.