

**AValiação DO IMPACTO DA OCUPAÇÃO ANTRÓPICA A PARTIR D
USO DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO –
LAGO GRANDE de MONTE ALEGRE / PA**

Evlyn M. L. M. Novo

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

evlyn@ltid.inpe.br

Gláucia Santana

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

glaucia@ltid.inpe.br

Resumo

As preocupações com as questões ambientais aliadas a uma boa política de desenvolvimento sócio econômico sustentável são prioridades no documento que estabelece um pacto pela mudança do padrão de desenvolvimento global para este século => A Agenda 21. Entretanto a elaboração dessas políticas depende da ampliação de conhecimentos científicos. Neste contexto, o estudo da distribuição espacial dos recursos naturais e das formas de organização do espaço são indispensáveis. Numa região de grandes dimensões e de difícil acesso como as planícies amazônicas, a aquisição de dados sobre o ambiente é facilitada pela aplicação de tecnologias de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Estimadas em 29 milhões de hectares, as terras de várzea na Amazônia apresentam além de grande produtividade e diversidade naturais, um imenso potencial agrícola e pesqueiro capaz de atender a demanda nacional e mundial favorecendo o desenvolvimento da economia sustentada. Porém esse potencial natural encontra-se ameaçado pelo processo de ocupação/exploração desordenado das várzeas gerando tensões sociais entre pescadores e pecuaristas.. Este trabalho tem por objetivo processar imagens de satélite visando mapear a ocupação antrópica das várzeas entre os anos de 88 e 99, e cotejar taxas de modificação no uso do solo da planície. Em particular, procura-se determinar a taxa de desmatamentos da floresta inundável, a quilometragem dos canais de acesso e áreas ocupadas por estabelecimentos agrícolas por tipo de ecossistema como indicadores do desequilíbrio ecológico dos sistemas aquáticos tais como: redução da atividade pesqueira e aumento de doenças de veiculação hídrica na região do Lago Grande de Monte/PA.

I - RELATÓRIO SEMESTRAL

**Avaliação do Impacto da Ocupação Antrópica Sobre o Equilíbrio Ecológico dos Sistemas
Lacustres da Planície do Rio Amazonas**

Processo nº 108.033/00-7

Aluna: Gláucia Santana

Orientadora : Dra. Evlyn M. L. M. Novo

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

São José dos Campos

Janeiro, 2001

1. Introdução

O presente relatório tem como objetivo apresentar as atividades realizadas entre Agosto de 2000 e Janeiro de 2001 no âmbito do projeto **Avaliação do Impacto da Ocupação Antrópica Sobre o Equilíbrio Ecológico dos Sistemas Lacustres da Planície do Rio Amazonas**, analisando especificamente a região do Lago Grande de Monte Alegre.

Fruto de uma cooperação entre INPE / NASA / UCSB, e financiado pela Agência Espacial Americana - NASA, o Plano Descrito se insere dentro dos objetivos do Projeto LBA – Ecologia – 1997 / 2001, intitulado “ Uso de multi-sensores e múltiplas- escalas para o estudo dos ecossistemas alagáveis da Amazônia “.

Dentre as questões científicas que são objeto de cooperação destaca-se o interesse em conhecer o impacto de intervenção humana sobre o equilíbrio dos ecossistemas lacustres na planície de inundação amazônica. O LGMA, Lago Grande de Monte Alegre - PA, tem sido objeto de vários estudos. Sendo uma região formada por baías, enseadas e rios afluentes, e utilizada para refúgio e alimentação de peixes, está sob proteção do IBAMA, e tem proibida, conforme decreto de 1990, a pesca comercial em sua porção norte.

Segundo Costa et al., (1997): “ O estudo dos habitats da planície de inundação, tanto em escala regional como local, é importante para avaliar e quantificar o funcionamento dos ciclos biogeoquímicos e para ampliar a capacidade de prever o impacto das atividades antrópicas sobre o ambiente global - uma vez que a liberação de CO², metano e outros gases contribuem para o aumento do efeito estufa “.

Também destaca-se a questão de que a planície de inundação apresenta um grande potencial para agricultura e para a pesca, os quais devem ser desenvolvidos de modo sustentável, (Falesi, 1999; Bayley & Petre Jr., 1989), entretanto, “ em consequência das possibilidades de diferentes tipos de uso das várzeas, estão surgindo sérios problemas econômicos, ecológicos e sociais, que vão piorar gradativamente se não forem tomadas medidas para desenvolver sistemas adequados de uso múltiplo” (Ohly & Junk, no prelo).

1.2. Objetivos do Projeto

O projeto tem por finalidade identificar impactos antrópicos e suas consequências ambientais na planície de inundação amazônica – região do Lago Grande de Monte Alegre,

a partir do uso de dados multitemporais de sensoriamento remoto, apoiados por trabalho de campo e, avaliar a contribuição da tecnologia de sensoriamento remoto para esse tipo de estudo.

2. Área de Estudo

Compreende os municípios de Alenquer, Monte Alegre e Santarém ($1^{\circ} 30' 00'' S / 55^{\circ} 00' 00'' W Gr$), pertence à planície fluvial de inundação do Baixo Amazonas e é parte da Bacia Sedimentar localizada no nordeste da bacia amazônica. O maior lago da área, o Lago Grande, situa-se à sudoeste da sede do município de Monte Alegre_ PA, tem aproximadamente 60 km de extensão e 40 km de largura, durante a estação cheia e está conectado ao rio Amazonas, por canais estreitos, e pela foz do rio Maicuru.

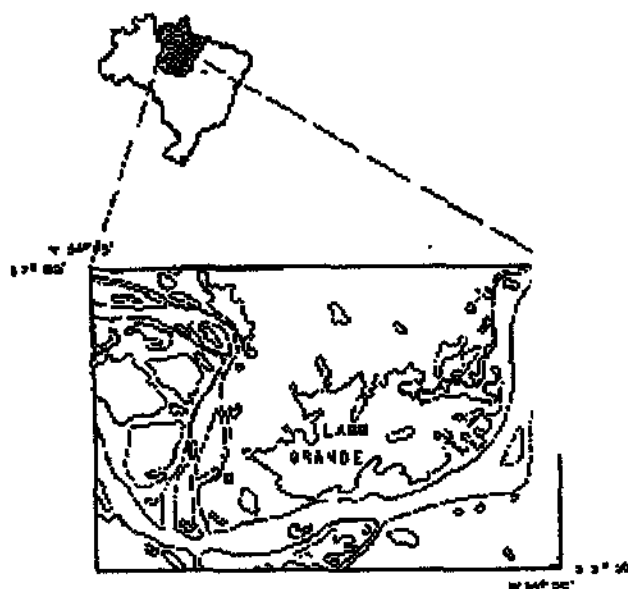


Figura 1 - Área de Estudo (Fonte: Costa et al., 1998)

3. Material e Métodos

3.1. Materiais

3.1.1. Cartas Topográficas

A área de estudo é recoberta pelas folhas topográficas discriminadas na Tabela 1.

TABELA 1 - RELAÇÃO DAS FOLHAS TOPOGRÁFICAS UTILIZADAS NO PROJETO

- Alenquer	IBGE / Folha SA 21-X-D-V MI – 422
	Escala: 1.100 000 Projeção UTM / Datum SAD 69
- Inglês de Souza	IBGE / Folha SA 21- X-D-VI / MI – 423
	Escala 1.100 000 / Projeção UTM / Datum SAD 69
- Monte Alegre	DSG (Diretoria de Serviço Geográfico) / Folha SA 21 –Z-B-III
	MI 475 / Escala: 1.100 000 / Projeção UTM / Datum SAD 69
- Santarém	DSG (Diretoria de Serviço Geográfico) / Folha SA 21 _Z-B-II
	MI 474 / Escala: 1.100 000 / Projeção UTM / Datum SAD 69
- Mujuí dos Campos	DSG (Diretoria de Serviço Geográfico) Folha SA 21 –Z-B-V
	MI 528 / Escala: 1.100 000 / Projeção UTM / Datum SAD 69
- Curuá_Una	DSG (Diretoria de Serviço Geográfico) Folha SA 21-Z-B-VI
	MI 529 / Escala: 1:100 000 / Projeção UTM / Datum SAD 69

3.1.2. Imagens do Sensor Thematic Mapper do Landsat – 5

A área de estudo é recoberta pelas cenas do sensor TM-Landsat5 descritas na Tabela 2.

TABELA 2. RELAÇÃO DAS IMAGENS QUE RECOBREM A ÁREA DE ESTUDO

órbita ponto	data	resolução (m)
227-61	22/08/89	30x30
227-61	02/08/99	30x30
227-62	18/07/88	30x30
227-62	02/08/99	30x30
227-63	02/08/99	30x30

3.1.3. Sistema para conversão de dados analógicos em digitais

As folhas topográficas foram escanerizadas com resolução de 200 dpis em scanner modelo Scan Plus III 800 T / Série 556 / Tamanho AO / Marca Calcomp.

3.1.4. Sistema para Geoprocessamento dos Dados

O sistema utilizado para o geoprocessamento dos dados, ou seja, para o tratamento das informações que envolvem o Projeto, é o Software SPRING versão 3.4. Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas_ um banco de dados geográficos para ambientes UNIX e Windows, o qual permite a administração de dados vetoriais, matriciais, integração de dados de Sensoriamento Remoto, leitura de imagens e a elaboração de cartas, a partir dos dados previamente tratados no programa.

3.2. Métodos

A Figura 2 apresenta o fluxograma metodológico do projeto.

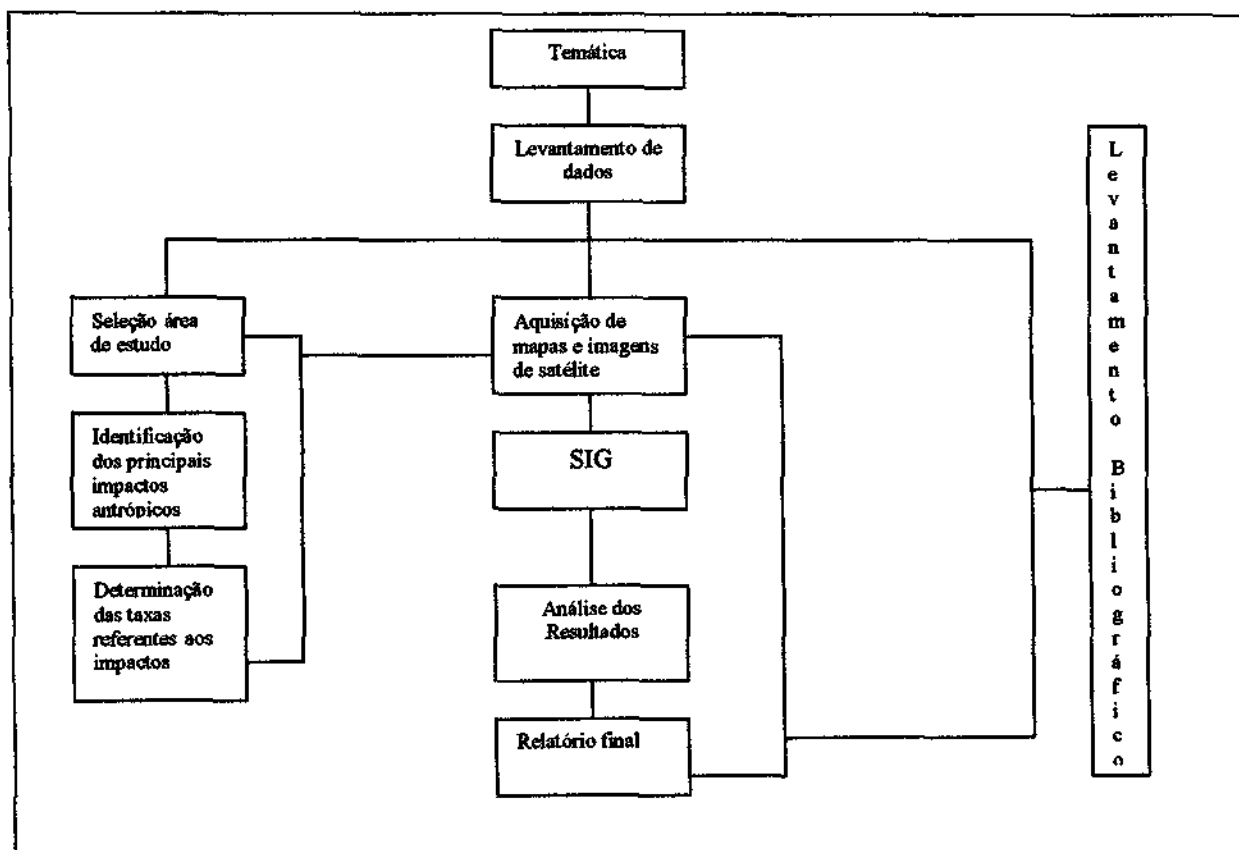


Figura 2 – Fluxograma Metodológico.

A área de teste foi determinada a partir de observação sobre os impactos que vêm ocorrendo no local em função do antropismo, como por exemplo, o desflorestamento, entre outros.

Parte fundamental nesta etapa do projeto foi o levantamento bibliográfico sobre o tema, a partir de livros e artigos básicos fornecidos pelo orientador, e, formulação de conceitos sobre a temática e sobre a tecnologia de sensoriamento remoto, a partir da própria leitura e da participação em atividades de análise de imagens em andamento.

O levantamento de imagens, cartas e mapas, necessários a organização do Banco de Dados do Projeto, até o momento, foi totalmente suprido pelo Instituto Nacional de

Pesquisas Espaciais (INPE) e a Fundação de Ciências, Aplicações e Tecnologias Espaciais (FUNCATE).

Os Sistemas de Informações Geográficas permitem um eficiente monitoramento do uso da terra, à tempo e custos reduzidos principalmente em pesquisas relacionadas à regiões que dificultam os trabalhos de campo por serem distantes e de grandes dimensões. Dessa forma, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, representam ferramentas essenciais na aquisição e análise dos dados espaciais.

Conforme descrito no item 1.2. Objetivos, o projeto tem por finalidade montar um Banco de Dados Geográficos, ou seja, um Sistema de Informações Geográficas _ SIG, o qual permitirá a análise e interpretação de informações pertinentes ao local de estudo, como por exemplo, o mapeamento de uso e ocupação e a análise do nível de degradação.

No relatório final deverá constar além das informações descritas acima, uma previsão sobre os possíveis problemas futuros que possam ser ocasionados por uso e ocupação inadequados.

3.2.1. Montagem do Banco de Dados

Utilizando o SPRING, foi criado o banco de dados denominado Lago Grande, contendo os planos de informação para as categorias imagem (modelo imagem) e rede viária (modelo temático). Dentro da categoria imagem foram inseridas as cartas escanizadas (formato matricial) e na segunda categoria os temas de interesse foram definidos como: estradas pavimentadas, não pavimentadas, área urbana e aeroporto.

Após esta etapa foi criado o projeto também denominado Lago Grande, que envolveu os seguintes parâmetros: definição da área e projeção cartográfica. O sistema de projeção utilizado foi o UTM/SAD 69, apresentando meridiano central: oeste 51°00'00", tendo como retângulo envolvente as seguintes coordenadas geográficas:

Long o: 55°00'00" Lat s: 03°00'00"

Long o: 54°00'00" Lat s: 01°30'00"

3.2.2. Registro de imagem

“O registro de imagem compreende uma transformação geométrica que relaciona coordenadas de imagem (linha, coluna) com coordenadas de um sistema de referência“ (Manual do SPRING, 2000). Para realizar a importação de imagens no SPRING, ou seja, para transferir as imagens que serão utilizadas durante a realização do projeto para o banco de dados - projeto, estas precisam estar georreferenciadas. Esse processo é fundamental para integrar uma imagem à base de dados existentes num SIG; fazer uma fusão de imagens adquiridas por sensores diferentes e para analisar imagens multi-temporais.

O procedimento de registro das folhas topográficas consiste em localizar pontos de controle, ou seja, feições identificáveis, na própria folha topográfica, através de suas coordenadas geográficas, e identificá-los na imagem (folha topográfica formato matricial) aproximando-os o máximo possível da realidade que envolve a área de estudo.

4. Resultados Preliminares

- 4.1 Mosaico da região que compreende a área de estudo, mostrando a rede viária, aeroportos e a área urbana. Figura 3 (anexo I)
- 4.2 Redação de parte da monografia que deverá ser apresentada ao final do Projeto. (anexo I I).

5. Atividades a ser desenvolvidas na próxima etapa

- registro e digitalização das cartas topográficas Muiú dos Campos e Curuá Una
- registro das imagens TM – 2 datas
- mapeamento do uso e ocupação da planície
- análise da degradação da planície
- redação de trabalho para o Fórum de Iniciação Científica da SBPC
- redação de artigo para a Revista Homem e Natureza
- relatório semestral 2

Bibliografia

- Barthem, R.B., Ecologia e Pesca dos Marapás, Hypothalmus SPP. No Lago Grande de Monte Alegre Baixo Amazonas, Pará. Belém. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Pará, 1994.**
- Becker, B.K. Significado geopolítico da Amazônia: Elementos para uma estratégia. In: Crodowaldo Pavan. Uma estratégia latino americana para a Amazônia. 1ºed. Unesp, 1996. V 3, p. 187-203.**
- Costa, M.P.de F., Novo, E.M.L.M., Mitsuo, II, Mantovani, J.E., Ballester, M.V., Pietsch, R.W. The Amazon floodplain through radar eyes: Lago Grande de Monte Alegre Case Study. Canadian Journal of Remote Sensing, v. 24, n.º 04, p. 339-349, Dez. 1998.**
- Falesi, I.C., Silva, B.N.R. Ecossistemas de Várzeas da Região do Baixo Amazonas. Belém : Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 75 p.**
- Filho, M.P. Desenvolvimento e preservação das áreas de várzeas da Amazônia Brasileira. In: Val, A.L., Figliulo, R., Feldberg E. ed. Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia: Fatos e Perspectivas. 1ºed. Manaus, Inpa, 1991. V. I, Cap. 03, p. 55-66.**
- Graef, E.W. Considerações sobre a prática da piscicultura no Amazonas. In: Ferreira, E.J.G., Santos, G.M., Leão, E.L.M., Oliveira, L.A ed. Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia : Fatos e Perspectivas. 1º ed. Manaus, Inpa, 1993. V.2, Cap. 06, p. 345-360.**
- Junk, W.J., Capacidade de suporte de ecossistemas : Amazônia como estudo de caso. In: Tornisielo, S.M.T., Gobbi, N., Foresti, C., Lima, S.T. São Paulo, Unesp, 1995. Cap 02, p. 51-63.**

Martinelli, L.A., Lucas, Y., Cerri, C.C., Victoria, R.L. Os solos da Amazônia: distribuição e alterações pelo uso da terra. In: Crodowaldo Pavan. **Uma estratégia latino americana para a Amazônia**. 1º ed. Unesp, 1996. V. 2, p. 209-226.

Novo, E.M.L.M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 1989. P.308.

Novo, E.M.L.M., Leite, F.A., Ávila, J., Ballester, V., Melack, J.M. Assessment of Amazon floodplain habitats using TM/Landsat data. **Ciência e Cultura**, v. 49, nº 04, p. 280-284, Jul/Ago 1997.

Rodrigues, T.E. Solos da Amazônia. In: Alvarez V.H., Fontes, L.E. F., Fontes, M.P.F.. ed. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento Sustentado**. 1. Ed. Viçosa, U.F.V., 1996. V. 1, p. 19-59.

Anexo 1

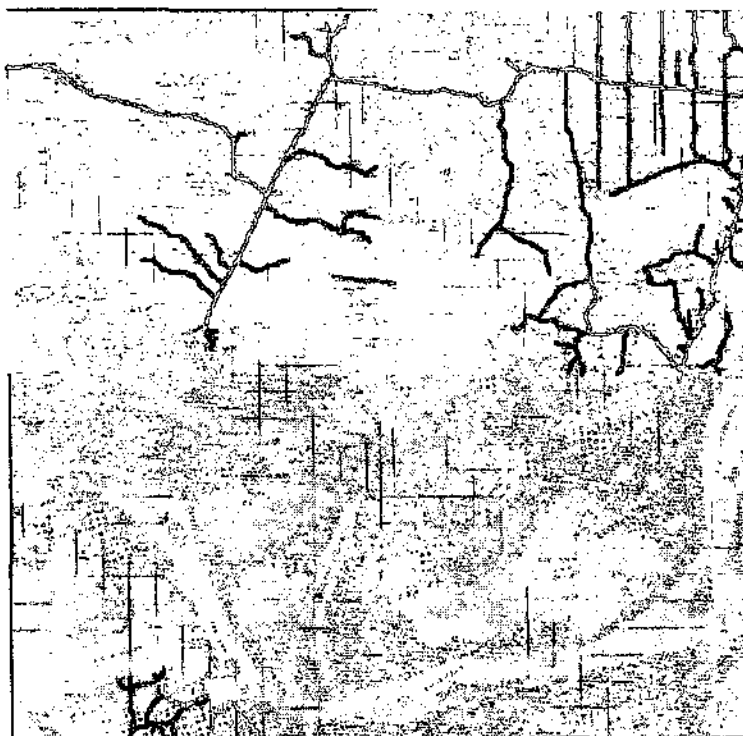


Figura. 3 – Mosaico ilustrando a rede viária, aeroportos e área urbana referentes a região em estudo.

Legenda:

- Estrada pavimentada
- Estrada sem pavimentação
- Área Urbana
- Aeroporto

ANEXO II

SUMÁRIO

	PÁG
1.1 - INTRODUÇÃO	1
1.2 - OBJETIVOS GERAIS.....	4
1.3 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.4 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	5
1.5 - JUSTIFICATIVAS	7
1.6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10

INTRODUÇÃO

As preocupações com as questões ambientais começaram a ser desencadeadas por volta da década de 60. A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano, realizada em 1972, em Estocolmo, foi o primeiro evento de caráter internacional em que o papel do Homem como fator de desequilíbrio ambiental foi amplamente demonstrado. Esse encontro gerou uma Declaração que forma a base para a criação de uma legislação internacional do meio ambiente. Dentre os princípios dessa declaração destacam-se os que disciplinam a prática da proteção do ambiente e da política ambiental : a planificação e a gestão por parte de instituições nacionais, o recurso à ciência e tecnologia, a troca de informações e a cooperação internacional. A Declaração foi acompanhada de um Plano de Ação composto por mais de cem resoluções. O conjunto guiou a ação internacional até a Conferência do Rio de Janeiro em 1992. Data do período preparatório para a Eco 92 o conceito de desenvolvimento sustentável e das políticas de desenvolvimento sustentável voltadas para a racionalização do uso dos recursos naturais e proteção do meio ambiente.

O evento na Suécia e, vinte anos mais tarde no Brasil, demonstraram que a ampliação da consciência dos problemas ambientais não havia sido suficiente para conter o avanço da degradação dos recursos planetários.

Em 92, a elaboração da Agenda 21 _ um documento que estabelece um pacto pela mudança do padrão de desenvolvimento global para este século _ expressou o compromisso dos 170 países presentes na reunião de levar a cabo iniciativas no sentido de se estabelecer diretrizes e bases para uma política de desenvolvimento sócio-econômico que atendesse às necessidades do presente sem comprometer o atendimento de gerações futuras.

A elaboração dessas políticas, entretanto, depende da ampliação do conhecimento científico nas mais diversas áreas. Neste contexto, o conhecimento gerado no campo da Geografia Física surge como básico para a compreensão das relações entre o estoque dos recursos naturais espacialmente distribuídos, e as formas de organização resultantes das iniciativas humanas de uso e controle do espaço geográfico.

O estudo da distribuição espacial dos recursos naturais e das formas de organização do espaço contam atualmente com as técnicas de Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento, as quais representam ferramentas essenciais na aquisição e análise dos

dados espaciais. Os sensores a bordo de satélites e ou aeronaves, captam energia em diferentes faixas espectrais (visível e infravermelho, microondas) cujo registro e análise permite a extração de informações sobre as cenas a intervalos variáveis. As imagens adquiridas, por sua vez, são submetidas a técnicas de processamento digital as quais possibilitam melhorar a capacidade do analista em extrair as informações sobre os alvos imageados. Uma vez que permitem o monitoramento do uso da terra, a tempo / custos reduzidos, essas ferramentas se fazem indispensáveis principalmente em trabalhos relacionados a regiões de difícil acesso, de grandes dimensões e grande biodiversidade, como por ex, a região Amazônica cujos “.. problemas ecológicos, sociais e econômicos, gerados pela colonização intensiva nas últimas décadas, evidenciam a necessidade de conhecimentos técnicos - científicos mais profundos que estabeleçam linhas seguras para a elaboração de programas de desenvolvimento racional da região, compatíveis com a preservação ambiental “ (Salati & Goldemberg, 1991).

Segundo Falesi (1999), as terras de várzeas, na Amazônia, estimadas em 29 milhões de hectares, formadas pelo caudaloso rio Amazonas e seus afluentes possuem solos com fertilidade química excepcional e ainda apresentam diversos ecossistemas com características próprias, harmoniosamente interligados e em perfeito equilíbrio. Essa formidável planície baixa-várzea apresenta grande potencial agrícola capaz de ser utilizado na produção de alimentos básicos, com vistas a atender a crescente demanda nacional e mundial. Assim como também apresenta, grande potencial para a pesca, que neste ambiente é responsável por 90% da produção **1 milhão ton/ano** (Bayle, 1983; Bayley & Petrere Jr., 1989). Segundo esses autores “... pode-se e deve-se desenvolver a economia sustentada dos ambientes das várzeas, sem destruí-los”.

Porém, o sucesso do uso da terra de várzea do Baixo Amazonas reside no desenvolvimento e adequação de tecnologias para que se possa utilizar os benefícios provenientes desses recursos naturais sem danificar o meio ambiente, o que só será possível por meio de um sério planejamento sócio-ambiental que vise avaliar o potencial das terras e viabilize formas de exploração e manejo adequados (Falesi, 1999).

Integrando informações de campo à dados multitemporais de sensoriamento remoto orbital, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o impacto da ocupação antrópica

sobre o equilíbrio ecológico dos sistemas lacustres da Planície do Rio Amazonas, analisando especificamente a região do Lago Grande de Monte Alegre.

OBJETIVO GERAL

Avaliar o impacto da ocupação antrópica sobre o equilíbrio ecológico dos sistemas lacustres da Planície do Rio Amazonas, por meio de dados de campo e dados multitemporais de sensoriamento remoto orbital, enfocando a região do Lago Grande de Monte Alegre.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar: a) os principais impactos antrópicos relatados na literatura e suas conseqüências ambientais; b) as principais abordagens utilizadas nos estudos pesquisados suas vantagens e limitações; c) a contribuição da tecnologia de sensoriamento remoto para o estudo de impactos ambientais.
- Processar imagens de satélite visando mapear o fator de impacto, destruição da floresta de inundação, construção de canais de acesso aos lagos, ocupação urbana nas nascentes de igarapés, agricultura e pecuária, ao longo da década de 90.
- Cotejar taxas de modificação da planície : taxa de desmatamento da floresta inundável, número de quilometragem de canais de acesso, número e áreas ocupadas por estabelecimentos agrícolas por tipo de ecossistema; como indicadores de desequilíbrio ecológico dos sistemas aquáticos tais como: redução da produtividade pesqueira, aumento de incidência de doenças de veiculação hídrica, etc.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Compreendendo os municípios de Alenquer, Monte Alegre e Santarém (1° 30' 00" S / 55° 00' 00" W Gr), a área delimitada pertence à planície fluvial de inundação do Baixo Amazonas e é parte da bacia sedimentar localizada no nordeste da bacia amazônica brasileira. Estendendo-se na direção leste-oeste ao longo das margens do rio Amazonas, são áreas submetidas diretamente ao controle deste rio e subdivididas em : áreas alagadas e áreas inundáveis em que, as áreas inundáveis permanecem alagadas apenas no período das enchentes (fevereiro à julho) enquanto que as alagadas correspondem aos trechos que permanecem submersos à lâminas d'água de alguns centímetros ou trechos embrejados.

Nesta planície surgem os paranás, furos, igarapés, rios, lagos, brejos e igapós, cordões e canais, e cursos fluviais anastomosados, com inúmeras ilhas. Dentre os principais cursos fluviais que alimentam o potencial hídrico do rio Amazonas que contribui para elaborar a planície fluvial, destacam-se os rios Madeira, Tapajós, e Curuá-Una, pela margem direita, e o Urubu, Uatamã, Nhamundá, Curuá e Maicuru, pela margem esquerda. (Falesi, 1999).

Ligado ao sistema de drenagem por pequenos furos e sujeito à oscilações sazonais em seu nível de água , raso (profundidade média de 3,23 m), o maior lago da área, o Lago Grande (situado à sudoeste da sede do município de Monte Alegre - PA) tem aproximadamente 60 km de extensão e 40 km de largura durante a estação da cheia, sendo o rio Amazonas sua principal fonte, além do rio Maicuru e outros rios menores. Além dos lagos e lagoas onde habitam diversas espécies de peixes e onde são vistas belíssimas garças e rebanhos de búfalos, os principais ecossistemas existentes são: floresta higrófila de várzea (restinga arbórea, dique marginal), floresta de igapó, campo higrófilo de restinga (campos altos, restinga), campo higrófilo de várzea (campos baixos), e aningal.

A área sazonalmente inundada contém uma ampla variedade de plantas aquáticas e árvores inundadas. Dominam entre a vegetação aquática a *Echinochloa polystachya* (canarana), *Paspalum repens* (pirimembeca), *Orzias* spp. (arroz selvagem), *Montrichardia arborescens* (aninga). A altura média dessas plantas aquáticas (folhas com formato de lâminas) chega a atingir 1 m. e sua biomassa seca acima da água é de 1000 g m⁻² (Novo et al., 1997).

A floresta inundável está colonizada por várias espécies diferentes de árvores , tais como, jauari (*Astrycaryum jauari*) e munguba (*Pseudobombax munguba*). A floresta das terras altas é tipo savana (cerrado, cerradão) com dosséis abertos, intercalada com pequenos arbustos, grama e ocasionalmente, solo exposto. (Radam, 1979).

As águas amazônicas podem ser classificadas ao longo de um “ gradiente de fertilidade “ , como águas extremamente pobres em nutrientes, por ex., a grande maioria das águas pretas e parcela ponderável de águas claras; e águas ricas em nutrientes, a maioria das águas brancas (Sioli, 1968; 1984). A grande maioria das águas brancas férteis tem sua origem nos Andes, de onde recebem a sua carga de suspensões férteis e nutrientes em solução.

O tipo climático predominante da região em estudo é o Ami, da classificação de Koppen, com regime pluviométrico anual elevado, sendo a altura das chuvas do mês com menor queda inferior a 60mm, estação relativamente seca, entretanto o total pluviométrico anual é suficiente para manter o período. Este tipo climático é uma transição entre os tipos Afi e Awi. As temperaturas do ambiente são sempre elevadas, as mínimas variam de 21,9°C (julho) a 33,1°C (outubro), e as máximas oscilam em torno de 30°C (fevereiro/março e abril) quando ocorre maior precipitação pluviométrica e menores temperaturas. (Falesi, 1999).

JUSTIFICATIVA

As terras firmes da Amazônia apresentam baixa capacidade de suporte (Fearnside, 1983) em função da baixa fertilidade da maioria de seus solos (Sombroek, 1965; Falesi, 1974; Medina, 1978; Schubart, 1979).

Segundo alguns autores a grande faixa contínua de terras férteis da região está às margens dos rios de água barrenta formando as várzeas. Afora isto, tem-se faixas descontínuas de solos férteis de várias origens espalhados pelos estados que compõem a Amazônia brasileira (Sioli, 1951, 1975; Lima, 1956; Pires & Koury, 1959; Falesi 1986, Junk, 1984; Martinelli, 1986).

Em função da sedimentação dos nutrientes que estão dissolvidos nestas águas os lagos de várzea influem decisivamente na produtividade primária (Sioli, 1951, Junk, 1980, Raí & Hill, 1980) tornando o ambiente mais rico em alimentos para os peixes que consomem o plâncton (pós-larvas, além de alevinos e adultos de espécies filtradoras), e aumenta a biomassa vegetal (Junk, 1977). Desta forma os lagos e igapós tornam-se muito importantes para a produção de peixes e são locais de refúgio para aves e mamíferos silvestres. Pela maior disponibilidade de alimento no ambiente (fito e zooplâncton), e pela grande disponibilidade de alimentos de origem vegetal (frutos, folhas e sementes) que caem e ou se desenvolvem na água, foi estabelecida uma relação íntima entre muitas espécies de peixes e as florestas de várzea e de igapó (Goulding et al., 1995; Smith, 1979; Junk, 1980). Tais áreas, por sua importância ecológica devem ser identificadas e tomadas medidas eficazes que resultem na proteção de sua cobertura vegetal como meio de preservar as fontes de nutrientes para os animais que aí vivem (Moraes, 1974; Fearnside, 1977; Carvalho, 1979).

Essa grande variedade de organismos altamente especializados que ocorrem nos ambientes aquáticos, são necessários sob o ponto de vista da proteção de recursos genéticos e da proteção ambiental, ou seja, para a conservação da biodiversidade (Junk, 1983). Os habitats aquáticos são também lugares de grande importância para ciclos biogeoquímicos, tanto em nível regional quanto global, por exemplo, no transporte e na fixação de carbono (Richey, 1982; Richey et al., 1985; Junk, 1985). E na liberação de CO₂, metano e outros

gases, que contribuem para o aumento do efeito estufa (Richey et al., 1988; Barlett et al., 1988; Devol et al., 1990; Wassmann et al., 1992).

Os lagos de várzea, além da produtividade natural que oferecem poderiam ser utilizados em função de sua fertilidade, na criação de peixes em cativeiro. Alevinos das espécies mais aceitas pela população são facilmente encontrados nestes locais (Goulding, 1980). A pesca além de ser uma atividade econômica geradora de empregos e de renda, é particularmente importante para a população ribeirinha amazônica por prover a principal fonte de proteína animal (Petrere Jr., 1992), somente na região do Lago Grande são mais de 1.500 famílias . Também são encontradas nas áreas de várzea várias fontes de proteína animal inexploradas, tais como moluscos e espécies de peixe os quais não são consumidos pelos ribeirinhos, e que uma vez processados, usando-se uma tecnologia rústica, produzem ingredientes de alto valor nutritivo para a alimentação dos animais domésticos (Pereira Filho, 1991).

O número de animais silvestres era relativamente grande nestas áreas alagáveis. Pássaros aquáticos, tartarugas, peixes-boi, jacarés, capivaras etc. ocorreram antigamente em abundância. Hoje esse número baixou de forma dramática. Ao contrário dos peixes, que têm alta taxa de reprodução, os animais selvagens têm proles pequenas, o que dificulta a recuperação dos estoques. As tartarugas e os peixes-boi não se recuperaram das perdas pela caça indiscriminada do século passado (Veríssimo, 1985).

Esta área de estudo, como muitas outras áreas da Amazônia com população rural, está sendo gradualmente desmatada; primeiro a floresta de terra firme e depois a floresta inundada, sendo convertidas em pasto para herbívoros, particularmente gado e búfalo. Este desmatamento tem várias conseqüências adversas, as mais notáveis são a sedimentação aumentada na água do lago e colonização por vegetação aquática nas áreas desmatadas. Segundo estudos, o desmatamento da floresta inundada irá reduzir a provisão de alimentos para a população de peixes e possivelmente modificará o equilíbrio de carbono da área devido ao aumento de colonização por vegetação aquática. (Novo et al., 1998).

A derrubada das florestas inundadas para ampliar os pastos e_ em menor escala _ para fazer plantios de verduras, bananas, mandioca, juta e malva, favorece as queimadas, às quais as plantas e animais de várzea não se encontram adaptados. Desta forma muitas espécies como a canarana (*Echinochloa polystachya*) que pode produzir até 100 t ha⁻¹ a

-¹ de matéria seca (Piedade et al., 1991) e o capim murim (*Paspalum fasciculatum*), até 70 toneladas (Junk & Piedade, 1993), são substituídas por outras muito menos produtivas, o que é extremamente grave porque a alta produtividade da várzea depende exatamente desses organismos. (Junk, 1996).

Os lavradores usam a terra de maneira intensiva. Na maioria dos casos, eles não têm variedades geneticamente adaptadas às condições de várzeas disponíveis para o plantio. Além disso, na próxima enchente, o excesso de agrotóxicos lixiviados pode causar mortalidade de peixes em locais com extensas áreas de agricultura intensiva. A situação de mercado não ajuda os lavradores da várzea, porque a colheita é concentrada em períodos definidos, nos quais o preço é baixo por causa da maior oferta no mercado (Junk, 1996).

Em consequência das possibilidades diferentes tipos de uso das várzeas, estão surgindo sérios problemas econômicos, ecológicos e sociais, que vão piorar gradativamente se não forem tomadas medidas para desenvolver sistemas adequados de uso múltiplo. (Ohly & Junk, no prelo).

Recursos hídricos mal manejados, além de provocar prejuízos sérios para os usuários, podem criar problemas gravíssimos para a comunidade e para a saúde pública (disseminação do cólera e de outras doenças gastrointestinais, esquistossomíase, etc.), significando que o manejo adequado não somente é uma atividade de interesse ecológico, mas principalmente econômico. Além disso, é uma necessidade política, porque os interesses dos diversos usuários encontram-se em constantes confrontos. Na Amazônia brasileira, já começaram conflitos sérios, com vítimas fatais, por ex, na “guerra dos peixes” entre pescadores profissionais e moradores. Com a ocupação acelerada, surgirão no futuro problemas ambientais que vão atingir também os projetos governamentais da região. O rio Amazonas e seus afluentes atravessam fronteiras com toda carga de poluentes, germes de doenças, sedimentos adicionais oriundos do mal manejo das terras e com uma descarga modificada de água, tanto pelo seu uso direto, através de represas hidrelétricas, irrigação, indústrias, quanto em consequência do tipo de manejo das terras. As consequências de atividades humanas em grande escala, nas áreas de captação rio acima, afetarão os interesses dos usuários rio abaixo, sem respeitar fronteiras políticas. (Junk, 1996).

Bibliografia

- Barthem, R.B., **Ecologia e Pesca dos Marapás, Hypothalmus SPP. No Lago Grande de Monte Alegre Baixo Amazonas, Pará.** Belém. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Pará, 1994.
- Becker, B.K. Significado geopolítico da Amazônia: Elementos para uma estratégia. In: Crodowaldo Pavan. **Uma estratégia latino americana para a Amazônia.** 1ªed. Unesp, 1996. V 3, p. 187-203.
- Costa, M.P.de F., Novo, E.M.L.M., Mitsuo, II, Mantovani, J.E., Ballester, M.V., Pietsch, R.W. The Amazon floodplain through radar eyes: Lago Grande de Monte Alegre Case Study. *Canadian Journal of Remote Sensing*, v. 24, n.º 04, p. 339-349, Dez. 1998.
- Falesi, I.C., Silva, B.N.R. **Ecosistemas de Várzeas da Região do Baixo Amazonas.** Belém : Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 75 p.
- Filho, M.P. Desenvolvimento e preservação das áreas de várzeas da Amazônia Brasileira. In: Val, A.L., Figliulo, R., Feldberg E. ed. **Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia: Fatos e Perspectivas.** 1ªed. Manaus, Inpa, 1991. V. I, Cap. 03, p. 55-66.
- Graef, E.W. Considerações sobre a prática da piscicultura no Amazonas. In: Ferreira, E.J.G., Santos, G.M., Leão, E.L.M., Oliveira, L.A ed. **Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia : Fatos e Perspectivas.** 1º ed. Manaus, Inpa, 1993. V.2, Cap. 06, p. 345-360.
- Junk, W.J., Capacidade de suporte de ecossistemas : Amazônia como estudo de caso. In: Tornisielo, S.M.T., Gobbi, N., Foresti, C., Lima, S.T. São Paulo, Unesp, 1995. Cap 02, p. 51-63.

Martinelli, L.A., Lucas, Y., Cerri, C.C., Victoria, R.L. Os solos da Amazônia: distribuição e alterações pelo uso da terra. In: Crodowaldo Pavan. **Uma estratégia latino americana para a Amazônia**. 1º ed. Unesp, 1996. V. 2, p. 209-226.

Novo, E.M.L.M **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 1989. P.308.

Novo, E.M.L.M., Leite, F.A., Ávila, J., Ballester, V., Melack, J.M. Assessment of Amazon floodplain habitats using TM/Landsat data. **Ciência e Cultura**, v. 49, nº 04, p. 280-284, Jul/Ago 1997.

Rodrigues, T.E. Solos da Amazônia. In: Alvarez V.H., Fontes, L.E. F., Fontes, M.P.F.. ed. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento Sustentado**. 1. Ed. Viçosa, U.F.V., 1996. V. 1, p. 19-59.

II - RELATÓRIO SEMESTRAL

**Avaliação do Impacto da Ocupação Antrópica Sobre o Equilíbrio Ecológico dos Sistemas
Lacustres da Planície do Rio Amazonas**

Processo nº 108.033/00-7

Aluna: Gláucia Santana

Orientadora : Dra. Evlyn M. L. M. Novo

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

São José dos Campos

Julho, 2001

O presente relatório tem como objetivo apresentar as atividades realizadas entre Fevereiro e Julho de 2001 no âmbito do projeto **Avaliação do Impacto da Ocupação Antrópica Sobre o Equilíbrio Ecológico dos Sistemas Lacustres da Planície do Rio Amazonas**, analisando especificamente a região do Lago Grande de Monte Alegre.

Fruto de uma cooperação entre INPE / NASA / UCSB, e financiado pela Agência Espacial Americana - NASA, o Plano Descrito se insere dentro dos objetivos do Projeto LBA – Ecologia – 1997 / 2001, intitulado “ Uso de multi-sensores e múltiplas- escalas para o estudo dos ecossistemas alagáveis da Amazônia “.

Dentre as questões científicas que são objeto de cooperação destaca-se o interesse em conhecer o impacto de intervenção humana sobre o equilíbrio dos ecossistemas lacustres na planície de inundação amazônica. O LGMA, Lago Grande de Monte Alegre - PA, tem sido objeto de vários estudos. Sendo uma região formada por baías, enseadas e rios afluentes, e utilizada para refúgio e alimentação de peixes, está sob proteção do IBAMA, e tem proibida, conforme decreto de 1990, a pesca comercial em sua porção norte.

Segundo Costa et al., (1997): “ O estudo dos habitats da planície de inundação, tanto em escala regional como local, é importante para avaliar e quantificar o funcionamento dos ciclos biogeoquímicos e para ampliar a capacidade de prever o impacto das atividades antrópicas sobre o ambiente global - uma vez que a liberação de CO², metano e outros gases contribuem para o aumento do efeito estufa “.

Também destaca-se a questão de que a planície de inundação apresenta um grande potencial para agricultura e para a pesca, os quais devem ser desenvolvidos de modo sustentável, (Falesi, 1999; Bayley & Petriere Jr., 1989), entretanto, “ em consequência das possibilidades de diferentes tipos de uso das várzeas, estão surgindo sérios problemas econômicos, ecológicos e sociais, que vão piorar gradativamente se não forem tomadas medidas para desenvolver sistemas adequados de uso múltiplo” (Ohly & Junk, no prelo).

1. Resultados Preliminares

- a) Mosaico das imagens referente a região que compreende a área de estudo (imagens TM e base cartográfica) (Anexo I)**
- b) Redação de parte do relatório referente a monografia (Anexo II)**

2. Atividades a ser desenvolvidas na próxima etapa

- Agosto: Processamento Digital de Imagens

- Setembro: Análise Espacial do Desflorestamento na Planície de Inundação

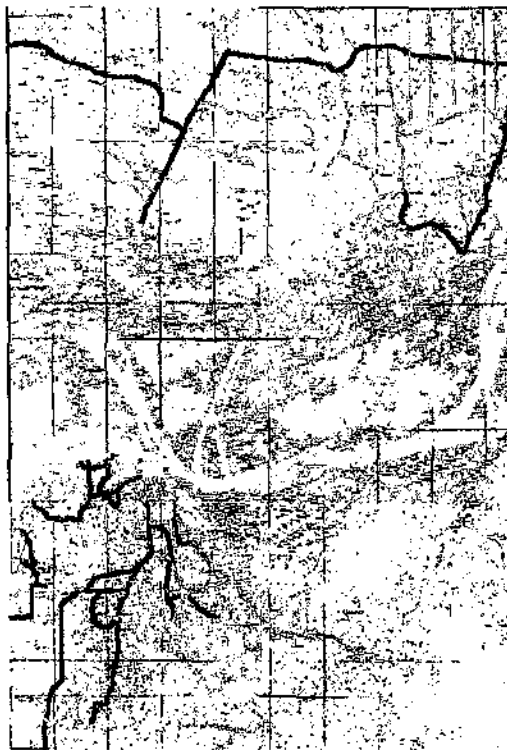
- Outubro: Redação de Relatório

3. Resultados Esperados






- Banco de Dados Georreferenciados da Região de Lago Grande de Monte Alegre
- Mapa de Desflorestamento : 1989 e de 1999
- Mapa de Áreas de Impacto Ecológico
- Relatório Final composto pelos seguintes itens:
 - Introdução
 - Fundamentação Teórica
 - Materiais e Métodos
 - Resultados
 - Discussão e Resultados
 - Conclusões e Recomendações
 - Bibliografia

ANEXO I

FIGURA 1: BASE CARTOGRÁFICA



LEGENDA

-  Estrada pavimentada
-  Estrada sem pavimentação
-  Estrada sem pavimentação (secundária)
-  Área urbana
-  Aeroporto

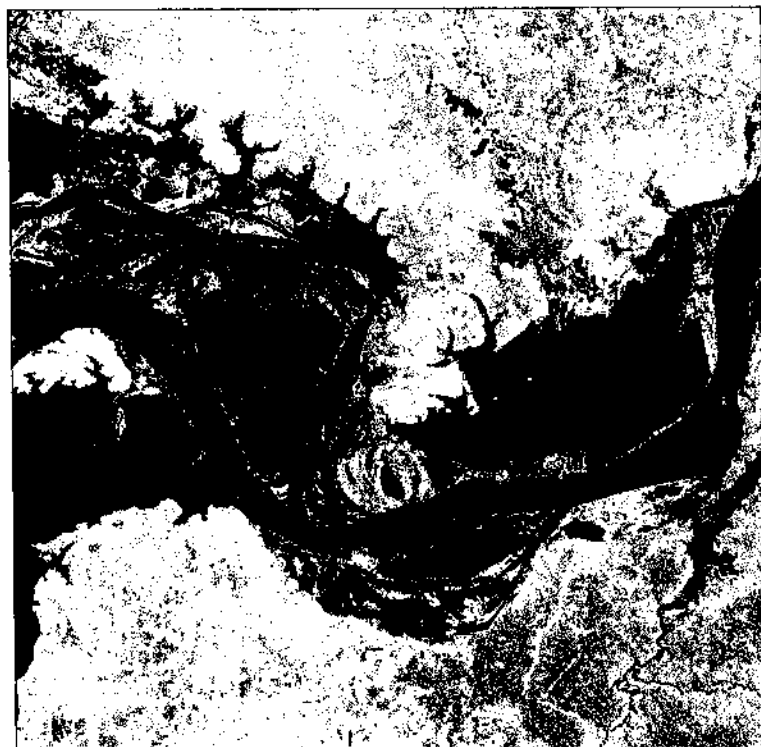


FIGURA 2 : MOSAICO IMAGENS TM

ANEXO II

SUMÁRIO

PÁG

LISTA DE FIGURAS
LISTA DE TABELAS

Capítulo I – INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

1.1 - INTRODUÇÃO

1.2 - OBJETIVOS GERAIS.....

1.3 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....

1.4 - JUSTIFICATIVA

Capítulo II - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 - OCUPAÇÃO ANTRÓPICA NA AMAZONIA.....

2.2 - SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO À ESTUDOS SOBRE A AMAZONIA.....

2.3 - LANDSAT TM.....

2.4 - COMPORTAMENTO ESPECTRAL DE ALVOS.....

2.5- PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS.....

2.5.1- TÉCNICAS DE PRE-PROCESSAMENTO.....

2.5.1.1- CORREÇÃO ATMOSFÉRICA.....

2.5.1.2- CORREÇÃO RADIOMÉTRICA.....

2.5.1.3- CORREÇÃO GEOMÉTRICA E REGISTRO DE IMAGENS.....

2.6 - TÉCNICAS DE REALCE.....

2.6.1 AMPLIAÇÃO LINEAR DE CONTRASTE.....

2.6.2 TRANSFORMAÇÃO IHS.....

2.6.3 RAZÃO DE BANDAS ESPECTRAIS.....

2.6.4 TRANSFORMAÇÃO POR COMPONENTES PRINCIPAIS.....

2.6.4 TRANSFORMAÇÃO POR DECORRELAÇÃO DE BANDAS.....

2.7 TÉCNICAS DE CLASSIFICAÇÃO.....

2.7.1 CLASSIFICAÇÃO UNIDIMENSIONAL.....

2.7.2	CLASSIFICAÇÃO MULTIESPECTRAL.....
2.7.2.1	CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA.....
2.7.2.2	CLASSIFICAÇÃO NÃO SUPERVISIONADA.....
2.7.2.3	CLASSIFICAÇÃO HÍBRIDA.....
2.8	TÉCNICAS DE ANÁLISE VISUAL.....
2.9	SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA.....

Capítulo III – MATERIAIS E MÉTODOS.....

3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....
3.2	MATERIAIS.....
3.2.1	CARTAS TOPOGRÁFICAS.....
3.2.2	IMAGENS DO SENSOR TM –LANDSAT 5.....
3.2.3	SISTEMA PARA CONVERSÃO DE DADOS ANALÓGICOS EM DIGITAIS.....
3.2.4	SISTEMA PARA GEOPROCESSAMENTO DOS DADOS.....
3.3	MÉTODOS.....

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUÇÃO

As preocupações com as questões ambientais começaram a ser desencadeadas por volta da década de 60. A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano, realizada em 1972, em Estocolmo, foi o primeiro evento de caráter internacional em que o papel do Homem como fator de desequilíbrio ambiental foi amplamente demonstrado. Esse encontro gerou uma Declaração que forma a base para a criação de uma legislação internacional do meio ambiente. Dentre os princípios dessa declaração destacam-se os que disciplinam a prática da proteção do ambiente e da política ambiental : a planificação e a gestão por parte de instituições nacionais, o recurso à ciência e tecnologia, a troca de informações e a cooperação internacional. A Declaração foi acompanhada de um Plano de Ação composto por mais de cem resoluções. O conjunto guiou a ação internacional até a Conferência do Rio de Janeiro em 1992. Data do período preparatório para a Eco 92 o conceito de desenvolvimento sustentável e das políticas de desenvolvimento sustentável voltadas para a racionalização do uso dos recursos naturais e proteção do meio ambiente.

O evento na Suécia e, vinte anos mais tarde no Brasil, demonstraram que a ampliação da consciência dos problemas ambientais não havia sido suficiente para conter o avanço da degradação dos recursos planetários.

Em 92, a elaboração da Agenda 21 _ um documento que estabelece um pacto pela mudança do padrão de desenvolvimento global para este século_ expressou o compromisso dos 170 países presentes na reunião de levar a cabo iniciativas no sentido de se estabelecer diretrizes e bases para uma política de desenvolvimento sócio-econômico que atendesse às necessidades do presente sem comprometer o atendimento de gerações futuras.

A elaboração dessas políticas, entretanto, depende da ampliação do conhecimento científico nas mais diversas áreas. Neste contexto, o conhecimento gerado no campo da Geografia Física surge como básico para a compreensão das relações entre o estoque dos recursos naturais espacialmente distribuídos, e as formas de organização resultantes das iniciativas humanas de uso e controle do espaço geográfico.

O estudo da distribuição espacial dos recursos naturais e das formas de organização do espaço contam atualmente com as técnicas de Sensoriamento Remoto e de

Geoprocessamento, as quais representam ferramentas essenciais na aquisição e análise dos dados espaciais. Os sensores a bordo de satélites e ou aeronaves, captam energia em diferentes faixas espectrais (visível e infravermelho, microondas) cujo registro e análise permite a extração de informações sobre as cenas a intervalos variáveis. As imagens adquiridas, por sua vez, são submetidas a técnicas de processamento digital as quais possibilitam melhorar a capacidade do analista em extrair as informações sobre os alvos imageados. Uma vez que permitem o monitoramento do uso da terra, a tempo / custos reduzidos, essas ferramentas se fazem indispensáveis principalmente em trabalhos relacionados a regiões de difícil acesso, de grandes dimensões e grande biodiversidade, como por ex, a região Amazônica cujos “.. problemas ecológicos, sociais e econômicos, gerados pela colonização intensiva nas ultimas décadas, evidenciam a necessidade de conhecimentos técnicos - científicos mais profundos que estabeleçam linhas seguras para a elaboração de programas de desenvolvimento racional da região, compatíveis com a preservação ambiental “ (Salati & Goldemberg, 1991) .

Segundo Falesi (1999), as terras de várzeas, na Amazônia, estimadas em 29 milhões de hectares, formadas pelo caudaloso rio Amazonas e seus afluentes possuem solos com fertilidade química excepcional e ainda apresentam diversos ecossistemas com características próprias, harmoniosamente interligados e em perfeito equilíbrio. Essa formidável planície baixa-várzea apresenta grande potencial agrícola capaz de ser utilizado na produção de alimentos básicos, com vistas a atender a crescente demanda nacional e mundial. Assim como também apresenta, grande potencial para a pesca, que neste ambiente é responsável por 90% da produção 1 milhão ton/ano (Bayle, 1983; Bayley & Petrere Jr., 1989). Segundo esses autores “... pode-se e deve-se desenvolver a economia sustentada dos ambientes das várzeas, sem destruí-los ”.

Porém, o sucesso do uso da terra de várzea do Baixo Amazonas reside no desenvolvimento e adequação de tecnologias para que se possa utilizar os benefícios provenientes desses recursos naturais sem danificar o meio ambiente, o que só será possível por meio de um sério planejamento sócio-ambiental que vise avaliar o potencial das terras e viabilize formas de exploração e manejo adequados (Falesi, 1999).

Integrando informações de campo à dados multitemporais de sensoriamento remoto orbital, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o impacto da ocupação antrópica

sobre o equilíbrio ecológico dos sistemas lacustres da Planície do Rio Amazonas, analisando especificamente a região do Lago Grande de Monte Alegre.

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o impacto da ocupação antrópica sobre o equilíbrio ecológico dos sistemas lacustres da Planície do Rio Amazonas, por meio de dados de campo e dados multitemporais de sensoriamento remoto orbital , enfocando a região do Lago Grande de Monte Alegre.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mapeamento de áreas de desflorestamento da floresta de várzea em 1989 e 1999 a partir do processamento digital de imagens TM-Landsat
- Identificação de áreas críticas de desflorestamento a partir de métodos de análise espacial
- Confecção de mapas de desflorestamento 1989/1999 e mapa de áreas de impacto ecológico

1.3 JUSTIFICATIVA

As terras firmes da Amazônia apresentam baixa capacidade de suporte (Fearnside, 1983) em função da baixa fertilidade da maioria de seus solos (Sombroek, 1965; Falesi, 1974; Medina, 1978; Schubart, 1979).

Segundo alguns autores a grande faixa contínua de terras férteis da região está às margens dos rios de água barrenta formando as várzeas. Afora isto, tem-se faixas descontínuas de solos férteis de várias origens espalhados pelos estados que compõem a Amazônia brasileira (Sioli, 1951, 1975; Lima, 1956; Pires & Koury, 1959; Falesi 1986, Junk, 1984; Martinelli, 1986).

Em função da sedimentação dos nutrientes que estão dissolvidos nestas águas os lagos de várzea influem decisivamente na produtividade primária (Sioli, 1951, Junk, 1980, Rai & Hill, 1980) tornando o ambiente mais rico em alimentos para os peixes que consomem o plâncton (pós-larvas, além de alevinos e adultos de espécies filtradoras), e aumenta a biomassa vegetal (Junk, 1977). Desta forma os lagos e igapós tornam-se muito importantes para a produção de peixes e são locais de refúgio para aves e mamíferos silvestres. Pela maior disponibilidade de alimento no ambiente (fito e zooplâncton), e pela grande disponibilidade de alimentos de origem vegetal (frutos, folhas e sementes) que caem e ou se desenvolvem na água, foi estabelecida uma relação íntima entre muitas espécies de peixes e as florestas de várzea e de igapó (Goulding et al., 1995; Smith, 1979; Junk, 1980). Tais áreas, por sua importância ecológica devem ser identificadas e tomadas medidas eficazes que resultem na proteção de sua cobertura vegetal como meio de preservar as fontes de nutrientes para os animais que aí vivem (Moraes, 1974; Fearnside, 1977; Carvalho, 1979).

Essa grande variedade de organismos altamente especializados que ocorrem nos ambientes aquáticos, são necessários sob o ponto de vista da proteção de recursos genéticos e da proteção ambiental, ou seja, para a conservação da biodiversidade (Junk, 1983). Os habitats aquáticos são também lugares de grande importância para ciclos biogeoquímicos, tanto em nível regional quanto global, por exemplo, no transporte e na fixação de carbono (Richey, 1982; Richey et al., 1985; Junk, 1985). E na liberação de CO₂, metano e outros

gases, que contribuem para o aumento do efeito estufa (Richey et al., 1988; Barlett et al., 1988; Devol et al., 1990; Wassmann et al., 1992).

Os lagos de várzea, além da produtividade natural que oferecem poderiam ser utilizados em função de sua fertilidade, na criação de peixes em cativeiro. Alevinos das espécies mais aceitas pela população são facilmente encontrados nestes locais (Goulding, 1980). A pesca além de ser uma atividade econômica geradora de empregos e de renda, é particularmente importante para a população ribeirinha amazônica por prover a principal fonte de proteína animal (Petrere Jr., 1992), somente na região do Lago Grande são mais de 1.500 famílias . Também são encontradas nas áreas de várzea várias fontes de proteína animal inexploradas, tais como moluscos e espécies de peixe os quais não são consumidos pelos ribeirinhos, e que uma vez processados, usando-se uma tecnologia rústica, produzem ingredientes de alto valor nutritivo para a alimentação dos animais domésticos (Pereira Filho, 1991).

O número de animais silvestres era relativamente grande nestas áreas alagáveis. Pássaros aquáticos, tartarugas, peixes-boi, jacarés, capivaras etc. ocorreram antigamente em abundância. Hoje esse número baixou de forma dramática. Ao contrário dos peixes, que têm alta taxa de reprodução, os animais selvagens têm proles pequenas, o que dificulta a recuperação dos estoques. As tartarugas e os peixes-boi não se recuperaram das perdas pela caça indiscriminada do século passado (Veríssimo, 1985).

Esta área de estudo, como muitas outras áreas da Amazônia com população rural, está sendo gradualmente desmatada; primeiro a floresta de terra firme e depois a floresta inundada, sendo convertidas em pasto para herbívoros, particularmente gado e búfalo. Este desmatamento tem várias conseqüências adversas, as mais notáveis são a sedimentação aumentada na água do lago e colonização por vegetação aquática nas áreas desmatadas. Segundo estudos, o desmatamento da floresta inundada irá reduzir a provisão de alimentos para a população de peixes e possivelmente modificará o equilíbrio de carbono da área devido ao aumento de colonização por vegetação aquática. (Novo et al., 1998).

A derrubada das florestas inundadas para ampliar os pastos e em menor escala para fazer plantios de verduras, bananas, mandioca, juta e malva, favorece as queimadas, às quais as plantas e animais de várzea não se encontram adaptados. Desta forma muitas espécies como a canarana (*Echinochloa polystachya*) que pode produzir até $100 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$

de matéria seca (Piedade et al., 1991) e o capim murim (*Paspalum fasciculatum*), até 70 toneladas (Junk & Piedade, 1993), são substituídas por outras muito menos produtivas, o que é extremamente grave porque a alta produtividade da várzea depende exatamente desses organismos. (Junk, 1996).

Os lavradores usam a terra de maneira intensiva. Na maioria dos casos, eles não têm variedades geneticamente adaptadas às condições de várzeas disponíveis para o plantio. Além disso, na próxima enchente, o excesso de agrotóxicos lixiviados pode causar mortandade de peixes em locais com extensas áreas de agricultura intensiva. A situação de mercado não ajuda os lavradores da várzea, porque a colheita é concentrada em períodos definidos, nos quais o preço é baixo por causa da maior oferta no mercado (Junk, 1996).

Em consequência das possibilidades diferentes tipos de uso das várzeas, estão surgindo sérios problemas econômicos, ecológicos e sociais, que vão piorar gradativamente se não forem tomadas medidas para desenvolver sistemas adequados de uso múltiplo. (Ohly & Junk, no prelo).

Recursos hídricos mal manejados, além de provocar prejuízos sérios para os usuários, podem criar problemas gravíssimos para a comunidade e para a saúde pública (disseminação do cólera e de outras doenças gastrointestinais, esquistossomíase, etc.), significando que o manejo adequado não somente é uma atividade de interesse ecológico, mas principalmente econômico. Além disso, é uma necessidade política, porque os interesses dos diversos usuários encontram-se em constantes confrontos. Na Amazônia brasileira, já começaram conflitos sérios, com vítimas fatais, por ex, na “guerra dos peixes ” entre pescadores profissionais e moradores. Com a ocupação acelerada, surgirão no futuro problemas ambientais que vão atingir também os projetos governamentais da região. O rio Amazonas e seus afluentes atravessam fronteiras com toda carga de poluentes, germes de doenças, sedimentos adicionais oriundos do mal manejo das terras e com uma descarga modificada de água, tanto pelo seu uso direto, através de represas hidrelétricas, irrigação, indústrias, quanto em consequência do tipo de manejo das terras. As consequências de atividades humanas em grande escala, nas áreas de captação rio acima, afetarão os interesses dos usuários rio abaixo, sem respeitar fronteiras políticas. (Junk, 1996).

CAPÍTULO II FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 OCUPAÇÃO ANTRÓPICA NA AMAZÔNIA

A partir da década de 60, o governo atraiu para a Amazônia população de outras partes do país, através de programas de colonização, programas de incentivos fiscais à atividade pecuária, e pela implantação de grandes rodovias como Belém-Brasília e Cuiabá-Porto Velho.

Esse projeto de desenvolvimento, que também inclui a construção de grandes usinas hidrelétricas, e projetos de exploração dos recursos minerais, como o de Carajás, contribuiu para a formação de vários núcleos de desmatamentos no sul do Pará e norte do Mato Grosso, assim como na região oeste. Esses fatores, decisivamente, colocaram em risco toda fragilidade do ecossistema Amazônico. (Ayres e Best, 1979; Fearnside, 1989).

A maior parte dessas áreas desflorestadas são transformadas em áreas de pastagem e cultivo agrícola, e apesar de ser a atividade mais adotada na região a pastagem é caracterizada pela sua baixa longevidade produtiva, associada a baixa fertilidade natural do solo e à práticas de manejo inadequadas. Por representar a forma mais fácil de ocupação de uma área extensa, esse método tem sido utilizado tanto por pequenos colonizadores como por grandes latifundiários e especuladores (Fearnside, 1989).

Segundo Fearnside (1989), esses fatos aliados a comercialização da madeira, bem como a destruição em larga escala da floresta para produção de carvão vegetal e a extração de outros produtos derivados da floresta, estão se tornando uma fonte substancial de distúrbios.

Embora haja uma Legislação Federal sobre conservação dos recursos naturais no Brasil, representada pelo Código Florestal (Lei n.º 4.771 de 15 de setembro de 1965, e decretos que proíbem o desmatamento (Lei 7.511 de 07 de julho de 1986), o que vem ocorrendo na Amazônia, parece estar fora do controle do governo.

“ O uso sustentável dos recursos naturais é de fundamental importância para que se possa estabelecer estratégias para o desenvolvimento da região amazônica” (LBA, 1996).

2.2 SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO À ESTUDOS NA AMAZÔNIA

O sensoriamento remoto constitui-se numa ferramenta de trabalho valiosa no levantamento e monitoramento de recursos naturais em quase qualquer nível de detalhe.

Dentre os produtos de sensoriamento remoto, aqueles oriundos de sistemas orbitais apresentam algumas vantagens sobre os demais sistemas para o levantamento e estudo de alvos que apresentam aspectos dinâmicos, tais como feições da cobertura vegetal e uso da terra. Isto deve-se principalmente ao fato que os sistemas orbitais proporcionam um constante fluxo de dados multiespectrais sobre os alvos da superfície terrestre de forma repetitiva e sinóptica, a custos relativamente baixos. (Watrin, 1994).

Segundo Watrin (1994), considerando as características que particularizam os produtos oriundos do sensoriamento remoto, como por exemplo, a resolução ou capacidade dos sistemas sensores em detalhar informações, por meio de aspectos espectrais, espaciais e temporais , em associação com as que se fazem necessárias aos estudos da dinâmica da cobertura vegetal e uso da terra na Amazônia, destacam-se nesses estudos a utilização dos produtos digitais do sensor TM/Landsat.

A utilização de dados a partir de plataformas orbitais, em especial os do TM/Landsat, tem se intensificado recentemente na medida em que suas potencialidades vem sendo demonstradas e resultados concretos tem sido alcançados. Em ambientes tropicais úmidos, os estudos apesar de não serem muito numerosos, representam hoje uma fonte valiosa sobre esses ecossistemas que vem sofrendo rápidas mudanças. O sucesso obtido nos estudos relacionados a cobertura vegetal e uso da terra na Amazônia tiveram suporte substancial dos trabalhos pioneiros utilizando dados MSS¹/Landsat, entre os quais citam-se aqueles desenvolvidos por Shimabukuro et al. (1981), Santos et al (1983) e Santos (1985);

Segundo Brondizio et al (1993), as características oferecidas pelo sensor TM/Landsat apresentam grande aplicabilidade para o mapeamento detalhado do uso da terra na Amazônia, mesmo considerando uma escala de análise local. A Amazônia, devido a sua dimensão continental, precisa ser desmembrada em escalas compatíveis com a sua variabilidade ambiental, social, cultural e econômica.

Sano et al. (1989) utilizaram dados no formato digital (bandas TM 3, 4, 5) para o mapeamento, a caracterização e quantificação de classes presentes na paisagem de dez

municípios no nordeste paraense. A partir da subdivisão das imagens em módulos na escala 1:50.000, foi efetuado o realce pela técnica de Ampliação Linear de Contraste e confeccionadas composições coloridas do tipo TM 5-R/TM4-G/TM3-B. Devido a grande heterogeneidade das feições envolvidas e ao fato que os atributos espaciais de textura, limite e forma serem fundamentais na descrição das mesmas, não foi utilizada nenhuma técnica de classificação temática, optando-se pela interpretação visual. Desta forma, foi obtida uma legenda bastante completa, incluindo por exemplo, variantes da floresta ombrófila densa, estágios de sucessão secundária, estágios de desenvolvimento de grandes culturas industriais e qualidade de pastagens.

No contexto do programa de monitoramento da cobertura vegetal da Amazônia Legal, Tardin & Cunha (1989) realizaram uma avaliação da alteração antrópica em áreas sob domínio da vegetação com fisionomia florestal. Para isto, foi considerada a análise visual de composições coloridas do tipo TM5-R/TM4-G/TM3-B em papel fotográfico na escala 1:250.000, sendo 91,7% de tais dados provenientes dos anos de 1987 /88. A partir dos dados obtidos constatou-se a eficiência das imagens TM Landsat na detecção e avaliação de áreas desflorestadas, pois, segundo estes autores, o erro cometido na medição das mesmas é relativamente pequeno, visto que geralmente as alterações antrópicas na Amazônia ocupam grandes extensões do terreno.

2.3 TM/Landsat

O sensor Thematic Mapper – TM integra o Sistema Landsat desde 1982, na plataforma Landsat-4, estando atualmente presente no satélite Landsat 5, desde o seu lançamento ocorrido em 1984. É um sistema avançado de varredura multiespectral concebido para proporcionar: resolução espacial mais fina (30x30m) , melhor discriminação espectral entre os objetos da superfície terrestre (07 canais), maior fidelidade geométrica e melhor precisão radiométrica em relação ao sensor MSS (Multispectral Scanner Subsystem), que também integra o sistema Landsat, desde o lançamento do primeiro da série, na década de 70. (Novo, 1992).

O ultimo satélite, até o momento, lançado em Abril de 1999, entrou em órbita com o sensor ETM: Enhanced Thematic Mapper Plus que conta com uma banda pancromática

(resolução espacial de 15m) e um canal termal (resolução de 60 m). Informações referentes ao sistema Landsat, assim como descrição detalhada dos sensores podem ser encontradas no site da NASA: (<http://landsat.gsfc.nasa.gov>).

2.4 COMPORTAMENTO ESPECTRAL DE ALVOS

O estudo da interação da radiação eletromagnética com os alvos da superfície terrestre é realizado através das propriedades espectrais dos mesmos. O conhecimento do comportamento espectral de objetos e dos fatores que interferem neste comportamento são importantes não somente para extrair informações de imagens obtidas pelos sensores, é também importante na própria definição de novos sensores e na definição do tipo de processamento a que devem ser submetidos os dados, sendo necessário, no momento de análise levar-se em conta as condições experimentais em que foram tomados: a) o método de aquisição: a reflectância de um objeto pode ser feita de três modos: campo, laboratório ou a partir de plataformas elevadas como helicópteros, aviões, ou satélites ; b) geometria: a resposta do sensor varia devido a mudanças na geometria fonte-objeto-sensor; c) parâmetros relativos ao alvo: a energia espalhada pela vizinhança do alvo pode ter um conteúdo espectral diferente daquele do objeto de interesse e mascarar sua resposta, e ainda, a resposta pode ser alterada em função de alterações antrópicas e modificações próprias de cada alvo; d) fatores atmosféricos: mudanças na radiação transmitida e espalhada pela atmosfera também interferem na resposta do sensor. (Novo,1992).

2.4.1 PARÂMETROS RELATIVOS À VEGETAÇÃO, SOLO E ÁGUA

2.4.2 VEGETAÇÃO

O processo físico que envolve a resposta espectral da vegetação pode ser dividido em dois grupos, os fatores endógenos, que são os aspectos morfológicos, anatômicos e estruturais das folhas, que por sua vez, são as que mais contribuem na resposta espectral, e fatores exógenos: aspectos quantitativos e qualitativos da radiação eletromagnética incidente sobre a vegetação. Esta, ao incidir sobre uma folha pode ser refletida especularmente pela cutícula, ser absorvida pela folha, ou penetrar no interior da folha e de

modo difuso, a partir da primeira camada da célula, retornar pela mesma face na qual ocorreu a incidência ou ainda, emergir pela face oposta. (Valeriano, 1988).

Conforme Novo (1992), através da análise da curva espectral média da vegetação (Figura 2.4.1) podemos decompô-la em três regiões espectrais, em função dos fatores que condicionam o seu comportamento:

- a) até $0,7 \mu\text{m}$ a reflectância é baixa ($< 0,2$), dominando a absorção da radiação incidente pelos pigmentos da planta em $0,48\mu\text{m}$ (carotenóides) e em $0,62\mu\text{m}$ (clorofila). Em $0,56\mu\text{m}$, há um pequeno aumento de coeficiente de reflectância, não atingindo, porém, níveis superiores a $0,1$. É a reflectância responsável pela percepção da cor verde da vegetação;
- b) de $0,7\mu\text{m}$ a $1,3\mu\text{m}$, temos a região dominada pela alta reflectância da vegetação ($0,3 < \rho < 0,4$);
- c) entre $1,3\mu\text{m}$ e $2,5\mu\text{m}$, a reflectância da vegetação é dominada pelo conteúdo de água das folhas. Nessa região encontram-se dois máximos de absorção pela água: em $1,4\mu\text{m}$ e $1,95\mu\text{m}$. A esta região correspondem também as bandas de absorção atmosférica; por isto os sensores desenvolvidos têm suas faixas espectrais deslocadas para regiões sujeitas à atenuação atmosférica.

Então temos que, na faixa espectral do visível ($0,4\mu\text{m}$ à $0,7\mu\text{m}$), há uma forte absorção, resultado do espalhamento múltiplo no interior da folha, enquanto que na região do infravermelho próximo ($0,7\mu\text{m}$ à $1,3\mu\text{m}$), uma vez que os pigmentos não absorvem essa radiação, pode observar o resultado desse espalhamento. Dados sobre a condição de suprimento de água da vegetação, podem ser obtidos a partir da região do infravermelho médio ($1,3\mu\text{m}$ à $3,0\mu\text{m}$).

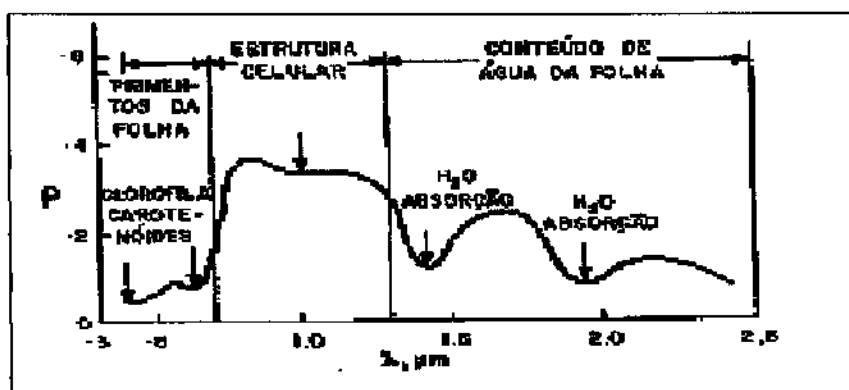


Fig. 2.4.1 Curvas de reflectância para a vegetação.

FONTE: Bowker et al (1985)

2.4.3 SOLOS

O comportamento espectral dos solos apresenta diferentes características variando o nível das medidas de reflectância (curvas espectrais) conforme a influência de uma série de fatores como: cor, propriedades físico-químicas, teor de matéria orgânica, granulometria, textura, mineralogia, teor de óxido de ferro e umidade.

Considerando o parâmetro umidade, Formaggio (1989), ressalta que para muitos casos espera-se que a reflectância observada em solos úmido corresponda à metade do valor que teria se estivessem secos. Conforme Irons et al. (1989), as curvas de reflectância de solos úmidos definem bandas proeminentes de absorção de água centradas em 1,4 μ m e 1,9 μ m. Em adição a essas bandas de absorção, o aumento do conteúdo de umidade geralmente diminui a reflectância do solo em todos os comprimentos de onda; por esta razão solos úmidos frequentemente aparecem mais escuros em relação aos secos.

Em relação à influência do tipo de mineral foi verificada por Gerbermann e Neher (1979), em condições de campo, para as camadas superficiais de solo argiloso associado à várias concentrações de areia. Conclui-se que o aumento da reflectância foi proporcional ao aumento da concentração de areia no solo, isto é, os solos com características superficiais mais arenosas apresentaram reflectância mais alta. Tal constatação foi também verificada por Valério Filho et al (1989) para diferentes solos dos grupos Latossolo e Podzólico, onde os solos com natureza superficial mais argilosa apresentaram curvas de reflectância com valores mais baixos em relação aos de textura mais arenosa.

Para Bowker et al (1985), o efeito do tamanho das partículas é bastante variável. Nos solos de textura arenosa, a redução do tamanho das partículas promove um aumento da

reflectância, o que não é observado nos casos de textura média a fina, onde tais parâmetros apresentam correlação direta.

Latz et alii (1981) ressaltam que um dos parâmetros que mais afetam os valores de reflectância em amostras de solos correspondem aos teores de matéria orgânica e de óxidos de ferro presentes nas mesmas. Quanto maior o teor de matéria orgânica, menor a reflectância na região do visível, enquanto que a presença de compostos de ferro origina as bandas de absorção em $0,7\mu\text{m}$, $0,9\mu\text{m}$ e $1,0\mu\text{m}$

A cor, segundo Gerbermann e Neher (1979) é um atributo que também deve ser considerado, estes autores observaram que solos de cores mais claras apresentam valores altos de reflectância.

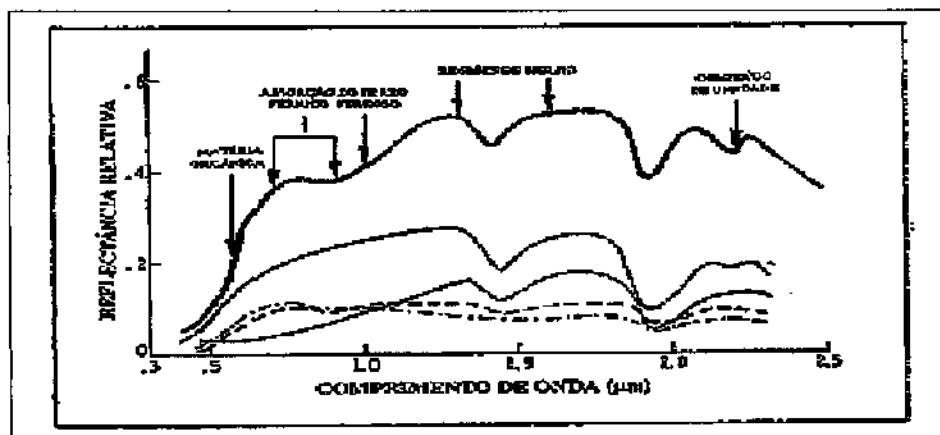


FIG. 2.4.2 Curvas de reflectância típicas para alguns solos.

FONTE: Adaptada de Bowker et al. (1985)

2.4.4 ÁGUA

O estudo do comportamento espectral da água é bastante complexo devido aos componentes nela dissolvidos ou em suspensão.

A radiação que atinge a superfície da água (tanto a difusa, quanto a direta) é parcialmente refletida pela água e parcialmente transmitida através da interface ar/água, a maior parte é transmitida e sofre a ação de dois processos: absorção e espalhamento.

A proporção de energia que é transmitida/refletida pela água varia em função da relação da luz com a composição da água e com seus componentes físicos, químicos e biológicos.

O espalhamento, seletivo ou não, é provocado pela própria água e pelo material particulado: partículas vivas (vírus, bactérias, zooplâncton, e fitoplâncton..) e não vivas (matérias de rochas e solos, detritos inorgânicos de conchas..) em suspensão. A absorção é sempre seletiva e depende dos componentes dissolvidos, que são as substâncias dissolvidas na água, como, matéria orgânica (compostos húmicos, por ex.), biota fotossintetizadora (fitoplâncton e macrófitas) e partículas não vivas (partículas orgânicas mortas e partículas inorgânicas).

Conforme Novo (1992), a água em seu estado líquido apresenta baixa reflectância entre $0,38\mu\text{m}$ e $0,70\mu\text{m}$ ($\rho < 0,1$), absorvendo toda a radiação acima de $0,7\mu\text{m}$; a água em forma de nuvens apresenta altíssima reflectância entre ($\cong 0,7$) entre $0,38\mu\text{m}$ e $2,5\mu\text{m}$ com bandas de absorção ampla em torno de $1,0\mu\text{m}$, $1,3\mu\text{m}$ e $2\mu\text{m}$; e a água em forma de neve apresenta reflectância maior ainda que a das nuvens: entre $0,7\mu\text{m}$ e $1,2\mu\text{m}$ de $1,2\mu\text{m}$ a $1,4\mu\text{m}$ a reflectância decresce com um gradiente altíssimo (de $0,8\mu\text{m}$ a $0,2\mu\text{m}$) atingindo valores de ρ inferiores a $0,1\mu\text{m}$ em $1,5\mu\text{m}$. Entre $1,5\mu\text{m}$ e $2,0\mu\text{m}$ há um aumento da reflectância da neve (máximo em $\cong 1,75\mu\text{m}$ quando atinge um valor de $\rho = 0,2\mu\text{m}$). Em $2,0\mu\text{m}$ a reflectância aproxima-se de zero para aumentar até $0,2$ em torno de $2,25\mu\text{m}$. (Ver Figura 2.4.3)

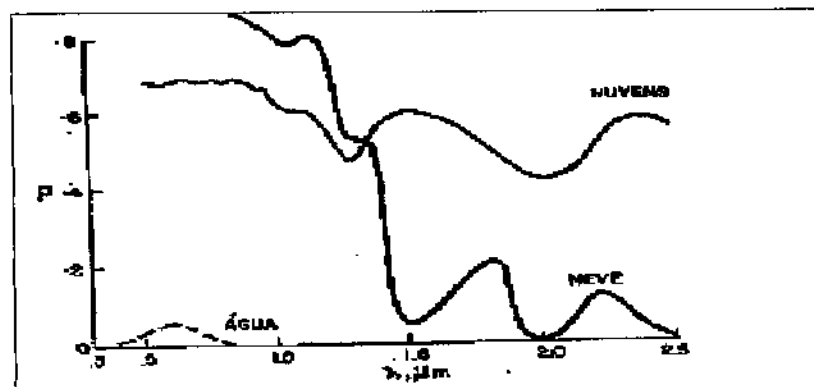


FIG 2.4.3 Comportamento espectral da água em seus diferentes estados físicos.

FONTE: Bowker et al (1985).

2.5 PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS

De acordo com Richards (1986), os dados de imagens digitais são espacialmente compostos de elementos discretos, ou “pixels”, que apresentam-se radiometricamente quantizados em níveis discretos de brilho. Assim, esse arranjo dos dados digitais gera uma matriz, onde as linhas e colunas definem as coordenadas do pixel, e o nível de cinza ou brilho indica a radiância presente neste pixel.

O método de análise digital de dados oriundos de sistemas de varredura multiespectral, envolve uma série de técnicas de manipulação numérica. Uma imagem multiespectral pode ser representada digitalmente através de uma matriz tridimensional, onde para cada coordenada (x,y) haverá um vetor que representa os canais espectrais (Novo, 1989).

Ainda, segundo a autora, as técnicas de processamento de imagens digitais podem ser classificadas em tres conjuntos: técnicas de pre processamento, técnicas de realce e técnicas de classificação.

2.5.1 TÉCNICAS DE PRE-PROCESSAMENTO

Estas técnicas referem-se ao tratamento inicial dos dados brutos obtidos pelo sistema sensor, de modo a remover características indesejáveis produzidas na imagem, corrigindo-as dos efeitos atmosféricos, radiométricos e geométricos.

2.5.1.1 CORRECÇÃO ATMOSFÉRICA

Os efeitos de absorção e espalhamento, promovidos pelos elementos constituintes da atmosfera, ocorrem ao longo da trajetória que a energia eletromagnética percorre entre a fonte, o alvo e o sensor. Assim como enfatizam Schowengerdt (1983) e Richard (1986) esses efeitos determinam que o sinal medido pelo sensor não coincida com a radiância do objeto visado, visto que a atmosfera adiciona ou subtrai valores de brilho ao sensor.

Os parâmetros de correção atmosférica para os diferentes comprimentos de onda são calculados através de um programa desenvolvido nos EUA: programa LOWTRAN (Low

transmission) que permite o cálculo da transmitância atmosférica no intervalo de $0,25\mu\text{m}$ a $28,5\mu\text{m}$.

Dias et al (1983) através de uma modificação do programa LOWTRAN para analisar a influencia atmosférica em dados MSS Landsat, em uma área da Amazônia Ocidental, verificou que em geral, a correção diminui a média dos níveis de cinza, porem, de modo não uniforme e fortemente dependente do alvo.

Segundo Novo (1992), os métodos baseados no sistema LOWTRAN são de utilização complexa, pois necessitam de dados de radiossondagem para o cálculo de atenuação atmosférica, o que limita sua aplicação em amplas regiões do Brasil.

As técnicas opcionais de correção baseiam-se na associação dos dados da imagem com o comportamento espectral teórico/ e ou medido no campo por radiômetros. Dentre essas técnicas, Chaves Jr (1988) enfatiza, dentre outras, o Método de Saturação do Pixel (Objeto) Escuro e o Método do Histograma.

O método de correção pela subtração do pixel escuro, segundo Chaves Jr. (1975,1988) consiste em subtrair um determinado valor digital de uma imagem multiespectral baseando-se em alvos que teoricamente deveriam apresentar valor de refletancia nulo, tais como sombra de relevo e água límpida. Através de uma inspeção dos valores dos pixels que compõem esses alvos, é observado se os mesmos registram valores acima de zero, o que deverá ser atribuído à contribuição aditiva da atmosfera. Assim os valores de nível de cinza diferentes de zero relacionados às amostras selecionadas, são então subtraídos de toda a cena.

De implementação simples, esse método é bastante aplicado em dados oriundos de regiões tropicais, segundo alguns autores.

Nas situações em que os alvos tomados como base para aplicação do método de saturação do pixel escuro não são disponíveis, ou quando presentes mostram-se inadequados, a técnica referida como o Método do Histograma, é uma alternativa relevante. Nesse método assume-se que o valor mínimo de nível de cinza identificado em cada banda representa o efeito aditivo da atmosfera. Desta forma, após a identificação deste valor, o nível de cinza mínimo é subtraído de toda a cena.

Outro método, o de correlação entre canais, assume que entre dois canais altamente correlacionados, e equação da reta de melhor ajuste deveria passar pela origem, caso não

houvesse o efeito aditivo da atmosfera. Devido a este efeito, a reta corta o eixo y em algum ponto maior que zero. O valor do ponto de interceptação representaria, dessa maneira, o valor adicionado ao sinal naquela banda. Este valor do termo constante da equação da reta é então, subtraído na banda considerada. (Novo, 1992).

2.5.1.2 CORRECÇÃO RADIOMÉTRICA

Para Novo (1992), a função dos programas de correção radiométrica é minimizar diferenças entre os níveis de cinza registrados por um conjunto de detectores, decorrentes de problemas de calibração dos próprios detectores ou em função da não linearidade da resposta dos detectores à radiância da cena. Esses programas envolvem também, técnicas de remoção de imperfeições, ou seja : ruídos lineares (striping).

Ao contrário das operações pontuais, essas técnicas baseiam-se em operações de área ou de vizinhança, nas quais utilizam-se o processo de “filtragens espaciais” capazes de realçar bordas, feições lineares de determinadas direções e padrões de textura, através do realce ou da supressão de determinadas frequências espaciais.(Crosta, 1992)

2.5.1.3 CORRECÇÃO GEOMÉTRICA E REGISTRO DE IMAGENS

As fontes de distorções geométricas em imagens orbitais podem ser atribuídas a fatores como: rotação e curvatura da Terra, erros de instrumentação, padrão de varredura e campo de visada em sensores, distorção panorâmica, e variações de altitude e velocidade da plataforma.(Richards, 1986).

A função dos programas de correção geométrica é reorganizar os pixels da imagem em relação a determinado sistema de projeção cartográfica, através de técnicas de reamostragem desses pixels.

Para que duas imagens sejam perfeitamente coincidentes no espaço é necessário que as mesmas sofram um tipo de transformação espacial conhecida por Registro, que consiste em localizar pontos de controle, ou seja, feições identificáveis (nas imagens, por suas coordenadas x,y, e na base, por suas coordenadas geográficas: latitude/longitude), obtendo-se, assim, uma transformação geométrica capaz de mapear uma imagem na outra. Esta

transformação é aproximada por um polinômio cujo grau está relacionado com o tipo de distorção que ocorre na imagem (deslocamentos, escala, rotação, etc..) (Novo, 1992)

As técnicas de correção geométrica baseadas no método de reamostragem por interpolação diferenciam-se basicamente pelo número de pixels vizinhos usados no cálculo do valor do nível de cinza de um pixel de grade corrigida. Dentro dessa abordagem Richards (1986) cita as técnicas de alocação do vizinho mais próximo, interpolação bilinear e interpolação por convolução cúbica, que utilizam, um, quatro e dezesseis pixels vizinhos, respectivamente.

Davison (1986) salienta que a interpolação pelo vizinho mais próximo preserva a qualidade radiométrica da imagem original, mas introduz distorções radiométricas localizadas. A interpolação bilinear corrige as distorções geométricas, mas funciona como um filtro passa-baixo introduzindo erros radiométricos, e a convolução cúbica, apresenta desvantagens de um gasto substancial de tempo computacional, além de modificar radiometricamente a imagem original.

2.6 TÉCNICAS DE REALCE

As técnicas de realce de imagens tem como objetivo melhorar a qualidade visual de uma cena. Assim, segundo Jensen (1986), são aplicados algoritmos que atuam reduzindo o volume de dados e realçando os alvos de interesse para inspeção visual.

2.6.1 AMPLIAÇÃO LINEAR DE CONTRASTE

Geralmente os valores de nível de cinza originais de uma cena não ocupam todo o intervalo dinâmico possível. A ampliação linear de contraste representa uma técnica de manipulação de contraste que permite, através de uma transformação linear, ampliar o intervalo original para toda a escala de nível de cinza disponível, sendo para o caso do sensor TM, correspondente à 256 níveis.

Para Crosta, (1992), a principal característica desta técnica é que as barras que formam o histograma da imagem de saída são espaçadas igualmente, pois a função de

transferência é uma reta. Além disso, o histograma final será idêntico em formato, ao histograma inicial, exceto que apresentará valor médio e espalhamento diferentes.

Ainda segundo o autor, o aumento exagerado da inclinação da reta de transferência, pode ocasionar que as intensidades de brilho na imagem contrastada, excedam os limites permitidos, ocasionando perda de informação, ou “overflow”, que dependendo da extremidade de ocorrência, as colunas do histograma ficarão concentradas no valor preto (0) ou branco (255).

2.6.2 TRANSFORMAÇÃO IHS

As imagens multiespectrais geralmente são preparadas para análise considerando três imagens e ou bandas correspondentes a intervalos espectrais distintos (Gillespie et al,1986). As bandas selecionadas são então atribuídas as cores vermelho (Red-R), verde (Green-G) e azul (Blue-B), componentes de um sistema aditivo de cores.

A reconstituição da cor dos alvos presentes em uma imagem digital é obtida por um processo aditivo de cores, onde a combinação de cores denominada Sistema RGB, refere-se aos valores triestímulos que definem a intensidade de energia total gerada no monitor de vídeo do analisador de imagens

O espaço de cores IHS é uma forma alternativa ao Sistema RGB de representação de cores, sendo definido pelos atributos intensidade (Intensity-I), matiz (Hue-H) e saturação (Saturation-S). A intensidade é a medida total de energia luminosa que reflete de um objeto, sendo responsável pela sensação de brilho no mesmo, o matiz refere-se ao comprimento de onda médio da luz refletida ou emitida por um objeto e, a saturação indica a pureza, ou a quantidade de branco existente em uma cor.

Os atributos IHS descrevem a formação de cores de uma maneira muito mais próxima àquela pela qual o sistema visual humano percebe as cores, apresentando conseqüentemente vantagens nítidas em relação ao Sistema RGB. Entretanto, vale ressaltar que qualquer representação de cor em imagem digital tem que obrigatoriamente ser transferida para a codificação RGB, de modo a possibilitar a exposição da cena em monitores coloridos.

Segundo Haydn et al (1982), uma imagem definida pela codificação RGB pode ser realçada, ou ter aumentado o seu contraste, a partir da decomposição de cada cor isoladamente nas componentes IHS. De acordo com Gillespie et al (1986) a manipulação individual de cada uma das componentes do sistema RGB objetiva a equalização dos parâmetros envolvidos.

E ainda, segundo este mesmo autor, a transformação IHS-RGB ou decomposição nos componentes IHS é realizada através de fórmulas matemáticas que atuam rotacionando os eixos de coordenadas cartesianas do Sistema RGB para as coordenadas esféricas do Sistema IHS.

Os parâmetros IHS por serem independentes, podem ser analisados e manipulados separadamente, permitindo um melhor ajuste das cores ao sistema visual humano. Dessa forma, Dutra e Meneses (1987) e Correia e Dutra (1989) recomendam aplicar a ampliação linear de contraste na imagem “I”, de modo a melhorar o aspecto visual da mesma e assim realçar as áreas de baixo albedo, e ainda elevar os níveis de cinza para a imagem “S” permitindo que as cores fiquem mais vivas. Adicionalmente, pode-se promover uma rotação das cores no espaço ou o reescalonamento dos valores digitais na imagem “H”, objetivando realçar as diferentes feições no espaço RGB.

Vale ressaltar que antes do processamento propriamente dito convém ajustar a média dos valores de níveis de cinza das três bandas originais de modo que se tornem coincidentes, para que na formação da composição colorida a cor associada à banda de menor média não tenha a contribuição minimizada em relação as outras bandas envolvidas.

O uso dessa técnica é indicada nos casos em que se deseja produzir composições coloridas com reduzida correlação interbanda, conseqüentemente com melhor utilização do espaço de cores, como enfatizado nos trabalhos desenvolvido por Dutra e Meneses (1987).

2.6.3 RAZÃO DE BANDAS ESPECTRAIS

Dentre as técnicas que envolvem operações aritméticas em imagens digitais, a Razão de Bandas é a mais utilizada. Consiste basicamente na divisão do valor digital dos pixels de uma determinada banda pelos correspondentes valores de uma outra banda.

Ao efetuar uma razão entre bandas, os quocientes variam em um intervalo que compreende valores reais contínuos. Para discretização desses valores multiplica-se os quocientes por um ganho e adiciona-se a ele um “offset” cujos valores ideais variam de acordo com a imagem e o tipo da “ratio”. Esses valores devem atribuir à imagem resultante uma maior variância possível sem saturá-la, e uma média próxima daquela do intervalo máximo dos valores digitais da imagem.

Essa técnica proporciona o realce das variações espaciais de radiância que não são proporcionalmente constantes entre as bandas espectrais consideradas (Crippen, 1988). De acordo com Crosta (1992), devido as suas particularidades intrínsecas, essa técnica é bastante utilizada na determinação dos chamados índices de vegetação.

2.6.4 TRANSFORMAÇÃO POR COMPONENTES PRINCIPAIS

Segundo Novo (1992), a técnica de transformação por componentes principais é utilizada como um artifício para reduzir a dimensionalidade dos dados, ou seja, concentrar as informações contidas em diferentes canais em um menor número de dimensões.

A Transformação por Componentes Principais tem como função principal determinar a extensão de correlação entre bandas de uma mesma imagem e remove-las através de uma transformação matemática apropriada. Assim, segundo Meneses et al (1991), são geradas novas imagens cuja função de densidade de probabilidade terá eixos ortogonais ou independentes.

Esta técnica envolve uma rotação e uma translação num hipotético espaço de atributos espectrais, produzindo novas variáveis conhecidas como componentes, ou eixos. Segundo Crosta (1992), essas componentes são combinações lineares das imagens originais geradas pela transformação de Kahunen-Loeve, análise de auto vetores ou análise de fatores.

Com a aplicação desta técnica o conteúdo de informação de uma imagem é redistribuído de tal maneira que a primeira imagem formada concentrará a maior parte da variância total e portanto o maior contraste. Desta forma, a medida em que vão sendo geradas novas imagens sem nenhuma correlação entre si, as feições espectrais serão progressivamente menos significantes (Richards, 1986). Lee et al (1990), acrescentam que

a análise por componentes principais tem a característica de preservar a variância total da transformação dos dados e minimizar o quadrado dos erros médios aproximados.

2.6.5 TRANSFORMAÇÃO POR DECORRELAÇÃO DE BANDAS ESPECTRAIS

Os problemas observados na interpretação de composições coloridas de imagens componentes principais estão relacionados ao fato que a rotação promovida nos eixos dessas imagens limita muito a associação entre bandas originais e comportamentos espectrais (Crosta, 1992). A técnica de decorrelação entre bandas visa, em linhas gerais, minimizar esses problemas restituindo as relações das cores originais para efeito de interpretação. Esse tipo de realce baseia-se, assim como a Transformação por Componentes Principais, na técnica de rotação espectral, produzindo conseqüentemente imagens também não correlacionadas entre si.

As imagens produzidas através da Transformação por Decorrelação de Bandas permite a interpretação das feições a partir da associação dos componentes espectrais dos alvos com o valor digital apresentado pelo pixel correspondente. (Gillespie, 1986).

A aplicação desta técnica segue todos os procedimentos usados na Transformação por Componentes Principais, até a fase final em que as imagens geradas tem as suas variâncias equalizadas. No realce por decorrelação, a distribuição circular do espaço de atributos sofre uma rotação inversa à sofrida pelos eixos das principais componentes, para que volte a ficar orientada segundo o sistema de coordenadas da imagem original (Gillespie et al, 1986).

Conforme Crósta (1992), esta técnica visa principalmente o realce da distribuição de cores através da eliminação da correlação entre bandas espectrais, sendo mais indicada para o caso de tripletes de banda.

2.7 TÉCNICAS DE CLASSIFICAÇÃO

Segundo Crosta (1992), um dos principais objetivos do sensoriamento remoto é o de distinguir entre e identificar as composições de diferentes materiais superficiais, sejam eles

uma classe o histograma será multimodal e nesse caso, deve-se cortar os pixels que não pertencem as classes de interesse.

Dentre os classificadores que exigem a fase de treinamento tem-se, por exemplo, o Método da Máxima Verossimilhança (Maxver). Trata-se de um algoritmo estatístico que consiste em classificar a imagem ponto a ponto, usando o critério da máxima verossimilhança a partir das classes fornecidas pelo analista. Maiores informações sobre essa técnica pode ser encontrada em Schoewngerdt (1983) e Ribeiro et alii (1982).

2.7.2.2 CLASSIFICAÇÃO NÃO SUPERVISIONADA

Na classificação não supervisionada, os pixels nas áreas de treinamento são submetidos à algoritmos de agrupamento (“clustering”) que determina o agrupamento natural dos dados, considerando sua distribuição num espaço de atributos de N dimensões (canais). Cada grupo formado, é então, considerado como representativo da distribuição de probabilidade para uma classe. (Novo, 1992).

Essa técnica é utilizada quando não há nenhum tipo de conhecimento prévio sobre a área de estudo. Quando não se dispõe de dados prévios sobre o número de classes presentes na cena de interesse. (Watrin, 1994).

2.7.2.3 CLASSIFICAÇÃO HÍBRIDA

Visando minimizar as desvantagens inerentes aos métodos de classificação quando considerados isoladamente, procura-se integrar os critérios diferenciados que envolvem esses métodos.

Segundo Richards (1986), apesar do grande poder da classificação supervisionada a mesma necessita para o seu bom desempenho, de classes espectrais unimodais, o que nem sempre é possível. Desta forma, o emprego da classificação não supervisionada, que estabelece os agrupamentos de pixels que podem ser tratados como classes espectrais distintas, pode vir a ser extremamente útil.

A integração desses métodos, é que define o caráter híbrido da classificação.

2.8 TÉCNICAS DE ANÁLISE VISUAL

Conforme Novo (1992), os elementos básicos de análises das imagens são semelhantes entre técnicas digitais ou técnicas visuais de interpretação. O que diferencia os métodos visuais dos digitais são os procedimentos de análise e as técnicas de extração de informação.

Na interpretação visual de imagens a identificação dos objetos é feita a partir da análise de elementos como: tonalidade, cor, tamanho, forma, textura, padrão, altura, sombreamento, localização e contexto; sendo necessário um conhecimento prévio do comportamento espectral dos alvos.

A partir das informações de campo e da interpretação preliminar das imagens, são criadas chaves de identificação de modos que o intérprete possa associar um objeto a uma determinada categoria preestabelecida na legenda.

2.9 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

O termo Sistemas de Informação Geográfica – SIG é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos.

Segundo Câmara e Medeiros (1998), um SIG armazena a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados (localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica) oferecendo mecanismos através de algoritmos de manipulação que permitem a análise, recuperação e até o ploter do conteúdo da base de dados.

Pode-se dizer que é uma ferramenta de processamento para entrada, armazenamento, manipulação, análise e saída de dados espaciais ou geográficos que auxiliam no processo de tomada de decisão.

Dentre as áreas de aplicação destacam-se: mapeamentos, geologia, planejamento urbano e regional, agricultura e floresta, análise espacial de dados multitemporais, etc..

CAPÍTULO III

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Compreendendo os municípios de Alenquer, Monte Alegre e Santarém (1° 30' 00"S / 55° 00'00" W Gr), a área delimitada pertence à planície fluvial de inundação do Baixo Amazonas e é parte da bacia sedimentar localizada no nordeste da bacia amazônica brasileira. Estendendo-se na direção leste-oeste ao longo das margens do rio Amazonas, são áreas submetidas diretamente ao controle deste rio e subdivididas em : áreas alagadas e áreas inundáveis em que, as áreas inundáveis permanecem alagadas apenas no período das enchentes (fevereiro à julho) enquanto que as alagadas correspondem aos trechos que permanecem submersos à lamina d'água de alguns centímetros ou trechos embrejados.

Nesta planície surgem os paranás, furos, igarapés, rios, lagos, brejos e igapós, cordões e canais, e cursos fluviais anastomosados, com inúmeras ilhas. Dentre os principais cursos fluviais que alimentam o potencial hídrico do rio Amazonas que contribui para elaborar a planície fluvial, destacam-se os rios Madeira, Tapajós, e Curuá-Una, pela margem direita, e o Urubu, Uatuamã, Nhamundá, Curuá e Maicuru, pela margem esquerda. (Falesi, 1999).

Ligado ao sistema de drenagem por pequenos furos e sujeito à oscilações sazonais em seu nível de água , raso (profundidade média de 3,23 m), o maior lago da área, o Lago Grande (situado à sudoeste da sede do município de Monte Alegre - PA) tem aproximadamente 60 km de extensão e 40 km de largura durante a estação da cheia, sendo o rio Amazonas sua principal fonte, além do rio Maicuru e outros rios menores. Além dos lagos e lagoas onde habitam diversas espécies de peixes e onde são vistas belíssimas garças e rebanhos de búfalos, os principais ecossistemas existentes são: floresta higrófila de várzea (restinga arbórea, dique marginal), floresta de igapó, campo higrófilo de restinga (campos altos, restinga), campo higrófilo de várzea (campos baixos), e aningal.

A área sazonalmente inundada contém uma ampla variedade de plantas aquáticas e árvores inundadas. Dominam entre a vegetação aquática a *Echinochloa polystachya* (*canarana*), *Paspalum repens* (pirimembeca), *Orzia* spp. (arroz selvagem), *Montrichardia arborescens* (aninga). A altura média dessas plantas aquáticas (folhas com formato de

lâminas) chega a atingir 1 m. e sua biomassa seca acima da água é de 1000 g m^{-2} (Novo et al., 1997).

A floresta inundável está colonizada por várias espécies diferentes de árvores , tais como, jauari (*Astrycaryum jauari*) e munguba (*Pseudobombax munguba*). A floresta das terras altas é tipo savana (cerrado, cerradão) com dosséis abertos, intercalada com pequenos arbustos, grama e ocasionalmente, solo exposto. (Radam, 1979).

As águas amazônicas podem ser classificadas ao longo de um “ gradiente de fertilidade “ , como águas extremamente pobres em nutrientes, por ex., a grande maioria das águas pretas e parcela ponderável de águas claras; e águas ricas em nutrientes, a maioria das águas brancas (Sioli, 1968; 1984). A grande maioria das águas brancas férteis tem sua origem nos Andes, de onde recebem a sua carga de suspensões férteis e nutrientes em solução.

O tipo climático predominante da região em estudo é o Ami, da classificação de Koppen, com regime pluviométrico anual elevado, sendo a altura das chuvas do mês com menor queda inferior a 60mm, estação relativamente seca, entretanto o total pluviométrico anual é suficiente para manter o período. Este tipo climático é uma transição entre os tipos Afi e Awí. As temperaturas do ambiente são sempre elevadas, as mínimas variam de $21,9^{\circ}\text{C}$ (julho) a $33,1^{\circ}\text{c}$ (outubro), e as máximas oscilam em torno de 30°C (fevereiro/março e abril) quando ocorre maior precipitação pluviométrica e menores temperaturas. (Falesi, 1999).

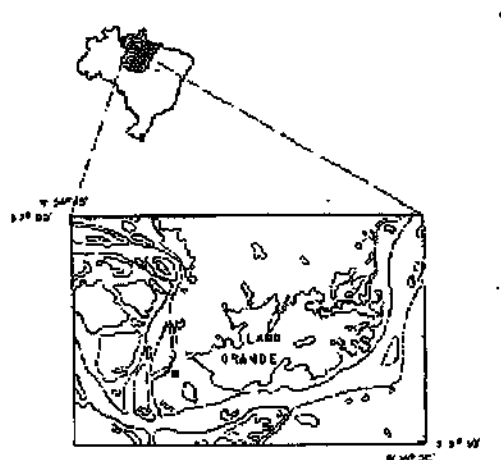


Figura 1 – Área de Estudo (FONTE: Costa et al, 1998)

3.2 MATERIAIS

3.2.1. Cartas Topográficas

A área de estudo é recoberta pelas folhas topográficas discriminadas na Tabela 1.

Tabela 1. Relação das folhas topográficas utilizadas no projeto:

- Alenquer	IBGE / Folha SA 21-X-D-V MI – 422
	Escala: 1.100 000 Projeção UTM / Datum SAD 69
- Inglês de Souza	IBGE / Folha SA 21- X-D-VI / MI – 423
	Escala 1.100 000 / Projeção UTM / Datum SAD 69
- Monte Alegre	DSG (Diretoria de Serviço Geográfico) / Folha SA 21 –Z-B-III
	MI 475 / Escala: 1.100 000 / Projeção UTM / Datum SAD 69
- Santarém	DSG (Diretoria de Serviço Geográfico) / Folha SA 21 _Z-B-II
	MI 474 / Escala: 1.100 000 / Projeção UTM / Datum SAD 69
- Mujuí dos Campos	DSG (Diretoria de Serviço Geográfico) Folha SA 21 –Z-B-V
	MI 528 / Escala: 1.100 000 / Projeção UTM / Datum SAD 69
- Curuá_Una	DSG (Diretoria de Serviço Geográfico) Folha SA 21-Z-B-VI
	MI 529 / Escala: 1:100 000 / Projeção UTM / Datum SAD 69

3.2.2. Imagens do Sensor Thematic Mapper do Landsat – 5

A área de estudo é recoberta pelas cenas do sensor TM-Landsat5 descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Relação das imagens que recobrem a área de estudo:

órbita ponto	data	resolução (m)	bandas
227-61	22/08/89	30x30	3,4,5
227-61	02/08/99	25x25	3,4,5
227-62	18/07/88	30x30	3,4,5
227-62	02/08/99	25x25	3,4,5
227-63	02/08/99	25x25	3,4,5
227-63	03/08/88	30x30	3,4,5

3.2.3. Sistema para conversão de dados analógicos em digitais

As folhas topográficas foram escanizadas com resolução de 200 dpis em scanner modelo Scan Plus III 800 T / Série 556 / Tamanho AO / Marca Calcomp.

3.2.4. Sistema para Geoprocessamento dos Dados

O sistema utilizado para o geoprocessamento dos dados, ou seja, para o tratamento das informações que envolvem o Projeto, é o Software SPRING versão 3.4. Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas_ um banco de dados geográficos para ambientes UNIX e Windows, o qual permite a administração de dados vetoriais, matriciais, integração de dados de Sensoriamento Remoto, leitura de imagens e a elaboração de cartas, a partir dos dados previamente tratados no programa.

3.3. MÉTODOS

A figura 2 apresenta o fluxograma metodológico do projeto.

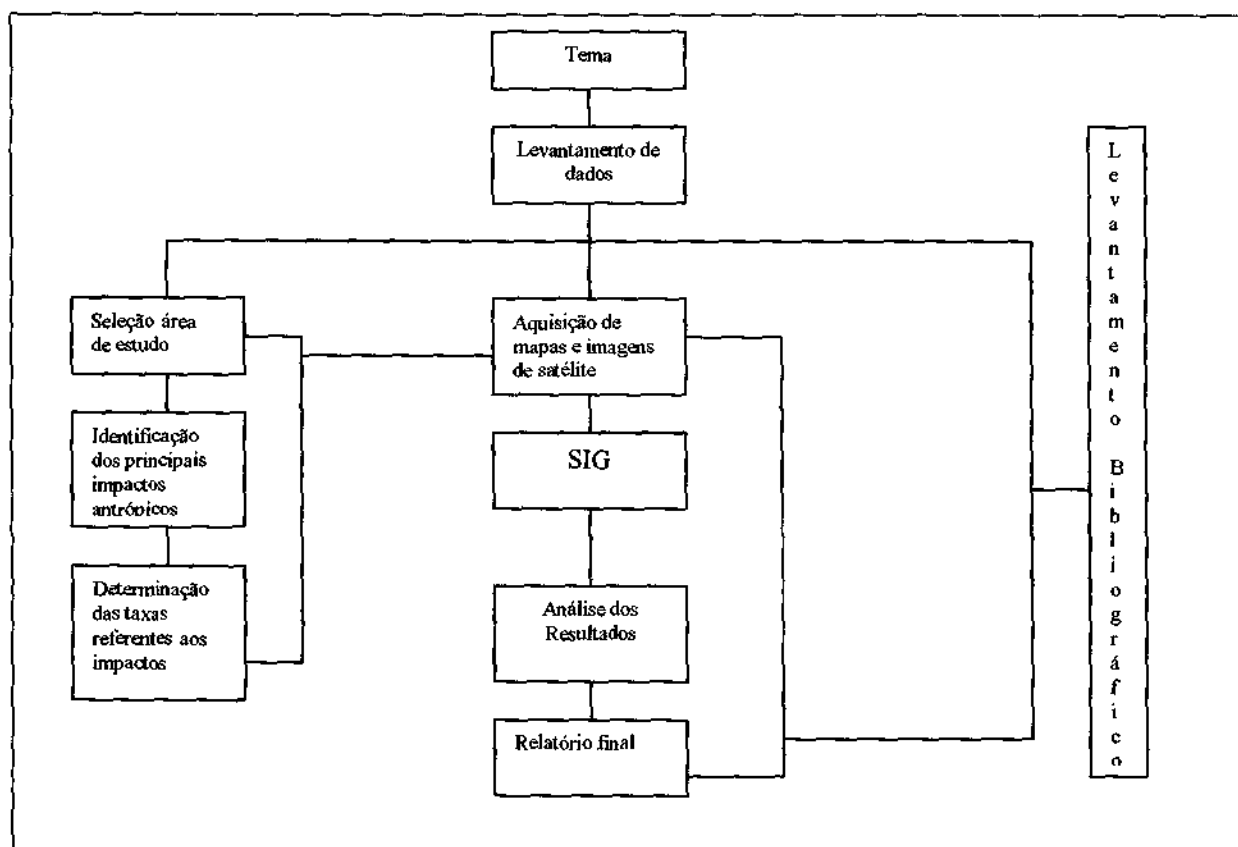


Figura 2 – Fluxograma Metodológico.

A área de teste foi determinada a partir de observação sobre os impactos que vêm ocorrendo no local em função do antropismo, como por exemplo, o desflorestamento e conflitos de ocupação decorrente da ampliação da atividade pecuária na várzea.

Parte fundamental nesta etapa do projeto foi o levantamento bibliográfico sobre o tema, a partir de livros e artigos básicos fornecidos pelo orientador, e, formulação de conceitos sobre a temática e sobre a tecnologia de sensoriamento remoto, a partir da própria leitura e da participação em atividades de análise de imagens em andamento.

O levantamento de imagens, cartas e mapas, necessários a organização do Banco de Dados do Projeto, até o momento, foi totalmente suprido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a Fundação de Ciências, Aplicações e Tecnologias Espaciais (FUNCATE).

Conforme descrito no item 1.2. Objetivos, utilizando técnicas de Interpretação Visual, o projeto tem por finalidade mapear áreas de desflorestamento da floresta de várzea em 1989 e 1999 a partir do processamento digital de imagens TM Landsat e identificar áreas críticas de desflorestamento a partir de métodos de análise espacial.

No relatório final deverá constar além das informações descritas acima, uma previsão sobre os possíveis problemas futuros que possam ser ocasionados por uso e ocupação inadequados.

3.3.1. Montagem do Banco de Dados

Até o momento, utilizando o SPRING, foi criado o banco de dados denominado Lago Grande, contendo os planos de informação para as categorias imagem (modelo imagem) e rede viária (modelo temático). Dentro da categoria imagem foram inseridas as cartas escanizadas (formato matricial) e na segunda categoria os temas de interesse foram definidos como: estradas pavimentadas, não pavimentadas, área urbana e aeroporto.

Após esta etapa foi criado o projeto também denominado Lago Grande, que envolveu os seguintes parâmetros: definição da área e projeção cartográfica. O sistema de projeção utilizado foi o UTM/SAD 69, apresentando meridiano central: oeste 51°00'00", tendo como retângulo envolvente as seguintes coordenadas geográficas:

Long o: 55°00'00"	Lat s: 03°00'00"
Long o: 54°00'00"	Lat s: 01°30'00"

3.3.2. Registro de imagem

O procedimento de registro das folhas topográficas e imagens de satélite consistiu em localizar pontos de controle, ou seja, feições identificáveis nas cartas topográficas, formato analógico, identificando-os nas cartas em formato digital. Posteriormente, para o registro das imagens de satélite correspondente à área de estudo, foram utilizados os pontos de controle adquiridos da base cartográfica já devidamente registrada, localizando-os na imagem.

O método utilizado para reamostragem foi o interpolador vizinho mais próximo (Polinômio de 1º grau).

Bibliografia

- Barthem, R.B., **Ecologia e Pesca dos Marapás, Hypenthalmus SPP. No Lago Grande de Monte Alegre Baixo Amazonas, Pará**. Belém. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Pará, 1994.
- Becker, B.K. Significado geopolítico da Amazônia: Elementos para uma estratégia. In: Crodowaldo Pavan. **Uma estratégia latino americana para a Amazônia**. 1ºed. Unesp, 1996. V 3, p. 187-203.
- Costa, M.P.de F., Novo, E.M.L.M., Mitsuo, II, Mantovani, J.E., Ballester, M.V., Pietsch, R.W. The Amazon floodplain through radar eyes: Lago Grande de Monte Alegre Case Study. *Canadian Journal of Remote Sensing*, v. 24, n.º 04, p. 339-349, Dez. 1998.
- Falesi, I.C., Silva, B.N.R. **Ecosistemas de Várzeas da Região do Baixo Amazonas**. Belém : Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 75 p.
- Filho, M.P. Desenvolvimento e preservação das áreas de várzeas da Amazônia Brasileira. In: Val, A.L., Figliulo, R., Feldberg E. ed. **Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia: Fatos e Perspectivas**. 1ºed. Manaus, Inpa, 1991. V. I, Cap. 03, p. 55-66.
- Graef, E.W. Considerações sobre a prática da piscicultura no Amazonas. In: Ferreira, E.J.G., Santos, G.M., Leão, E.L.M., Oliveira, L.A ed. **Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia : Fatos e Perspectivas**. 1º ed. Manaus, Inpa, 1993. V.2, Cap. 06, p. 345-360.
- Junk, W.J., Capacidade de suporte de ecossistemas : Amazônia como estudo de caso. In: Tornisielo, S.M.T., Gobbi, N., Foresti, C., Lima, S.T. São Paulo, Unesp, 1995. **Análise Ambiental: estratégias e ações**. 1º ed. São Paulo, Unesp, Cap. 02, p. 51-63.

Martinelli, L.A., Lucas, Y., Cerri, C.C., Victoria, R.L. Os solos da Amazônia: distribuição e alterações pelo uso da terra. In: Crodowaldo Pavan. **Uma estratégia latino americana para a Amazônia**. 1º ed. Unesp, 1996. V. 2, p. 209-226.

Novo, E.M.L.M **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 1989. P.308.

Novo, E.M.L.M., Leite, F.A., Ávila, J., Ballester, V., Melack, J.M. Assessment of Amazon floodplain habitats using TM/Landsat data. **Ciência e Cultura**, v. 49, nº 04, p. 280-284, Jul/Ago 1997.

Rodrigues, T.E. Solos da Amazônia. In: Alvarez V.H., Fontes, L.E. F., Fontes, M.P.F.. ed. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento Sustentado**. 1. Ed. Viçosa, U.F.V., 1996. V. 1, p. 19-59.