

ABSTRACT

The existent lakes in the fluvial plain of the Mearim river middle-low valley, are significant food producer areas to migratory birds. By means of this the objective of this study is to characterize and to evaluate the impact of the antropic action in this region, through TM/LANDSAT image, to support the elaboration of an integrated plan of rational men settlement of the area aiming at the area preservation. Multispectral images corresponding to bands TM 3, 4 and 5 of low water and high water periods, in the year of 1985, 1986, and 1987 were analysed considering the drainage network and the land use evaluation in the watershed. They were used also precipitation data from 1973 to 1988, topographic maps and the Geographic Information System. At the end of the study it was possible to conclude that the deforestation in the study area is occurring in an accelerated way. Besides the deforestation, it was also observed the existence of high index of burning areas which makes it easier the erosion processes and can change the lake water quality.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vii
1 <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2 <u>LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS.</u>	2
3 <u>MATERIAIS E MÉTODOS</u>	6
3.1 - Materiais	6
3.3.1 - Imagens LANDSAT/TM	6
3.1.2 - Dados de precipitação	8
3.1.3 - Produtos cartográficos	9
3.1.4 - Equipamentos	9
3.2 - Metodologia	10
3.2.1 - Revisão bibliográfica	10
3.2.2 - Seleção e aquisição de dados	10
3.2.3 - Caracterização da rede de drenagem	10
3.2.4 - Mapeamento dos corpos d'água na área de estudo	11
3.2.5 - Mapeamento de uso do solo da área de estudo.	11
3.2.6 - Cálculo das "áreas prováveis de produção de sedimentos"	13
3.2.7 - Cálculo das áreas ocupadas pelos corpos d'água.	13
3.2.8 - Mapa da distribuição dos postos pluviométricos na área de estudo	13
3.2.9 - Trabalho de verificação de campo	14
3.2.10 - Mapa de isolinhas	14
3.2.11 - Integração dos dados	15
4 <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	16
4.1 - Uso do solo	16
4.2 - As precipitações na área de estudo	31
4.3 - Dinâmica da drenagem	35
5 <u>CONCLUSÕES</u>	42
6 <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	45

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1 - Localização da área de estudo médio-baixo rio Mearim - MA	3
2 - Mapa geológico da área de estudos	5
3 - Mapeamento de áreas prováveis de produção de sedimento através de imagens do satélite da região médio-baixo do rio Mearim - MA (01.08.85)	17
4 - Mapeamento de areia prováveis de produção de sedimentos através de imagens de satélite. Região do médio-baixo vale do rio Mearim - MA (11.11.87)	18
5 - Fazenda de gado com pastagem implantada na área de estudo	19
6 - Vegetação aquática na planície flúvio-lacustre do rio Mearim	21
7 - Mapeamento das áreas de queimadas, de imagens de satélite, na região do médio-baixo vale do rio Mearim - MA	25
8 - Mapa hipsométrico do médio-baixo vale do rio Mearim - MA	27
9 - Bloco diagrama da área de estudo região do médio-baixo rio Mearim - MA	29
10 - Mapeamento de uso do solo e isolinhas da região do médio baixo rio Mearim - MA	30
11 - Distribuição dos postos pluviométricos e órbitas/pontas da passagem do satélite LANDSAT sobre a região do vale do rio Mearim - MA	32
12 - Mapeamento da rede de drenagem através de imagens de satélite (LANDSAT-TM) da região do médio/baixo vale do Mearim - MA (01.08.85)	36
13 - Rede de drenagem da região do médio-baixo vale do rio Mearim - MA (16.06.86)	37
14 - Mapa da rede de drenagem da região do médio vale do rio Mearim - MA (11.11.87)	40
15 - Mapeamento do espelho d'água da região do médio-baixo vale do rio Mearim - MA para os anos 1986 e 1987, através de imagens do satélite (LANDSAT-TM)	41

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
1 - Imagens LANDSAT-TM em papel utilizadas no estudo	7
2 - Áreas prováveis de produção de sedimentos em hectares	22
3 - Totais de precipitação dos pontos pluviométricos existentes na área de estudo	34

1 INTRODUÇÃO

Em dezembro de 1987 ocorreu uma grande mortandade de peixes no lago Açú, pertencente a bacia do rio Mearim, no Estado do Maranhão.

As autoridades estaduais encarregadas do meio ambiente, mostraram-se bastante preocupadas com o fenômeno. Técnicos da Secretaria das Minas, Energia e Meio Ambiente do Estado do Maranhão dirigiram-se para a região do lago, para verificar a causa da mortandade. Uma das hipóteses levantadas foi que o lago Açú estaria sofrendo um processo acelerado de sedimentação, provocado pelo intenso uso do solo na bacia abastecedora do lago (SMEMA, 1988).

A Presidência da República, através do Ministério da Ciência e Tecnologia, solicitou ao Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE, que realizasse um estudo mais detalhado da área.

Neste estudo realizado por Sausen e Faria (1990), com a colaboração da Secretaria das Minas, Energia e Meio Ambiente - SMEMA do Estado do Maranhão e da Companhia Vale do Rio Doce - CVDR, constatou-se que o impacto da ação antrópica na bacia do lago Açú, é bastante grande. Nos últimos 14 anos esta bacia vem sofrendo uma ocupação muito intensa, que está sendo ampliada nos últimos 4 anos.

Esta ocupação caracteriza-se principalmente por desmatamentos, com taxas bastante aceleradas, em função da implantação de pastagens e cultura de subsistência.

Constatou-se também, neste estudo, que o lago Açú não deve estar sofrendo um processo de sedimentação acelerada, mas sim um processo de eutrofização intenso, que aliado a uma seca forte em 1987 e as altas temperaturas na área, devem ter sido as causas da mortandade dos peixes.

Durante a realização do estudo na bacia do lago Açú, observou-se que o processo de desmatamento está tomando vulto também na região do médio-baixo vale do rio Mearim.

Esta área é de grande importância ecológica na região por ser um lugar de pouso e alimentação de aves migratórias, além de apresentar grande riqueza faunística.

Os lagos existentes na planície flúvio-lacustre do rio Mearim, são importantes áreas produtoras de alimentos para as aves e devem ser preservadas de processos de colmatção ou deterioração da qualidade d'água.

Por este motivo, os órgãos encarregados do meio ambiente na região pretendem tornar esta área de preservação ecológica.

Em função disto, o presente trabalho tem como objetivo fazer um estudo para caracterizar e avaliar o impacto da ação antrópica na região do médio-baixo Mearim, através de imagens LANDSAT-TM, para servir de subsídio para a elaboração de um plano integrado de ocupação racional da área, visando a sua preservação.

2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS

A área de estudo compreende um trecho do rio Mearim, situado no seu médio-baixo vale, no Estado do Maranhão entre as coordenadas de 3° 41' a 4° 13' de latitude Sul e 44° 30' a 44° 52' de longitude oeste possuindo, como

limite sul da área, um centro urbano de importância na região, a cidade de Bacabal (Figura 1).

A mesma situa-se na parte ocidental da região nordeste do Brasil que é classificada, segundo Nimer (1977), como o "ponto final" de diversos sistemas de correntes atmosféricas perturbadas, proporcionando uma classificação climática que poucas regiões do mundo possuem.

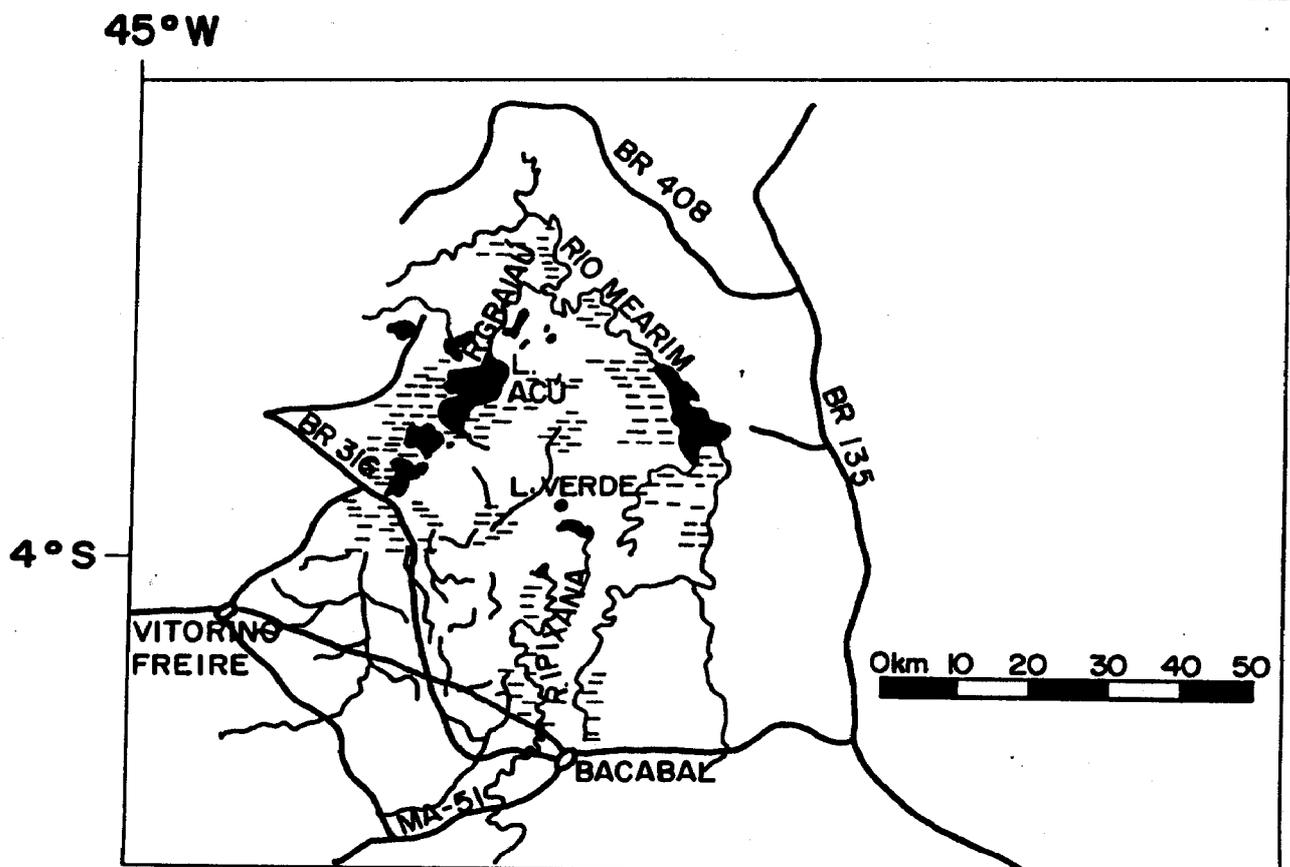


Fig. 1 - Localização da área de estudo médio-baixo rio Mearim - MA.

O clima dominante na região nordeste é o semi-árido com períodos de estiagem variando de 6 a 10 meses no ano, porém, devido a notória influência das correntes atmosféricas sobre a área estudada, ela apresenta um clima tropical com chuvas de verão e outono, com períodos de estiagem de 4 a 5 meses no ano (Nimer, 1977; SHEMA 1988).

O rio principal é o Mearim o qual desemboca na baía de São Marcos fazendo parte do litoral das rias maranhenses (Moreira, 1977). Devido ao fato de que a área de estudo está muito próximo de sua desembocadura, o relevo nessa região é muito suave e com desníveis que não ultrapassam os 100 metros nas longitudes consideradas.

É responsável por esta fisionomia a posição intercratônica da região que favorece a formação de uma estrutura geológica sedimentar, cuja gênese está ligada em especial as transgressões e regressões marinhas dependentes dos movimentos epirogenéticos.

Na área de estudo encontram-se sedimentos terciários e quaternários como capa superficial sendo os primeiros representados pela formação Itapecuru e os segundos por depósitos flúvio-marinhos constituídos de áreas de silte, argila e vasa. A formação Itapicuru é formada por arenitos avermelhados médios e grosseiros, muito argilosos, pintalgados de caulim com intercalações de argilito e siltito argiloso (DNPM, 1986). A Figura 2 apresenta o mapa geológico da área de estudo.

É importante salientar que as características e propriedades da litologia terciária e quaternária, são propícias na geração de áreas erosivas quando é retirada a cobertura vegetal.

MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDOS

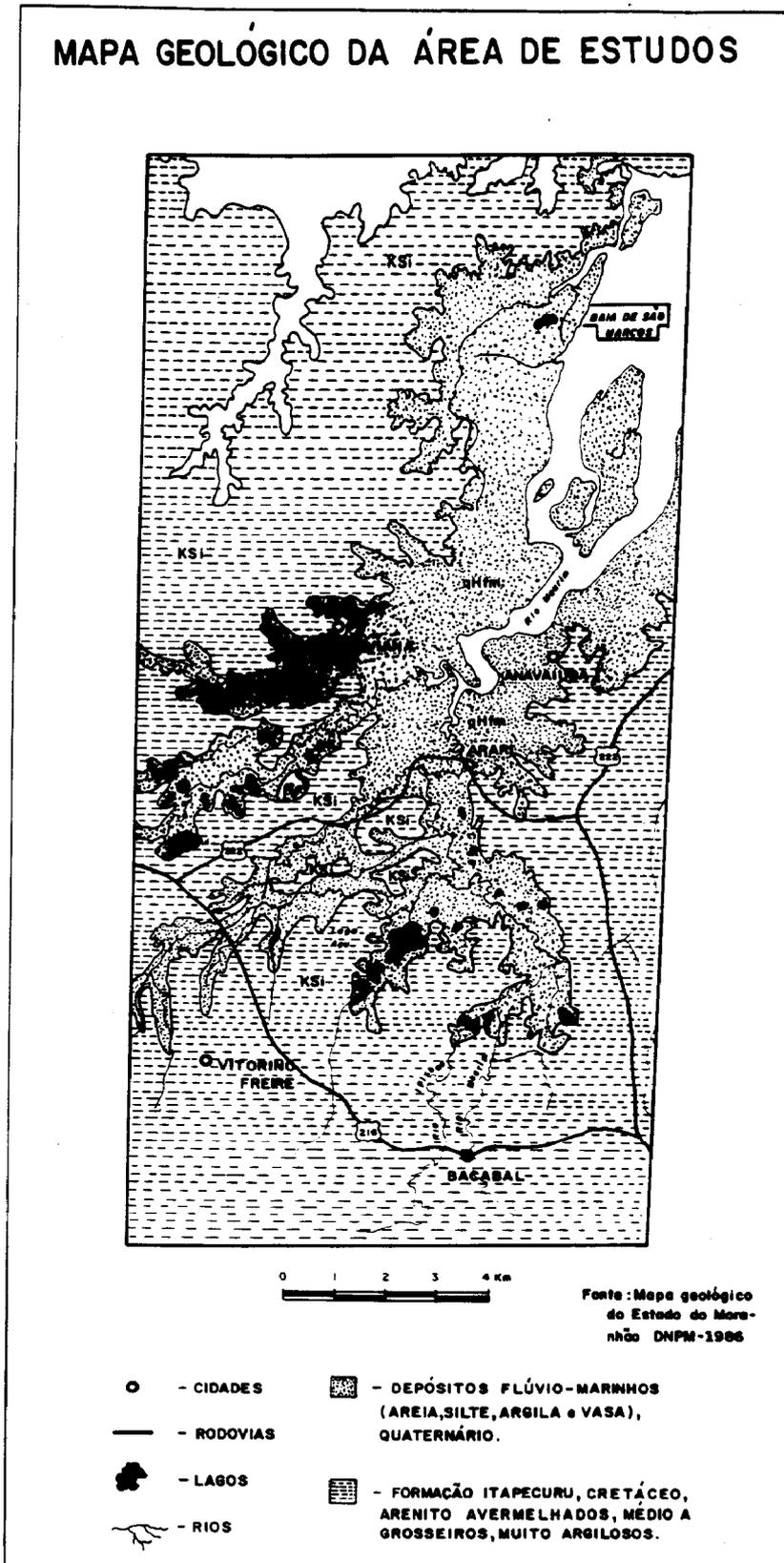


Fig. 2 - Mapa Geológico da área de estudos.

Sob o ponto de vista de vegetação Kuhlman (1977) classifica a área do baixo curso do rio Mearim de "Campo Inundável, o qual é composto por várias espécies de capim tais como capim-marreca, capim emonjaba, capim mimoso e capim açú entre outros, que são consequência das inundações periódicas dos rios Mearim, Grajaú, Pindaré, e Itapecurú. Na extremidade ocidental da região nordeste, cujo limite é o rio Mearim a vegetação é classificada como "Floresta subcaducifólia Tropical Amazônia" onde as espécies características são: seringueiras, castanha-do-Para, Oirama, Babaçu, etc.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - MATERIAIS

Utilizou-se para o desenvolvimento deste trabalho o seguinte material.

3.3.1 - IMAGENS LANDSAT/TM

A disponibilidade de dados orbitais para a área de estudo é muito pouca devido ao problema de intensa cobertura de nuvens. Por esta razão os produtos utilizados neste trabalho são os mesmos já selecionados para o estudo na bacia do lago Açú, uma vez que as duas áreas são contíguas.

No estudo do lago Açú realizado por Sausen e Faria (1990) foi constatado que os anos de 1985 e 1987 eram os que apresentavam processos de desmatamento e uso do solo mais acentuados. Por este motivo decidiu-se utilizar neste estudo as imagens referentes a estes dois anos para os mapeamentos de uso do solo e queimadas na área de estudo.

A Tabela 1 apresenta a relação das imagens utilizadas no trabalho.

TABELA 1

IMAGENS LANDSAT-TM EM PAPEL UTILIZADAS NO ESTUDO

ÓRBITA	PONTO	CANAIS	PASSAGENS	ESTAÇÃO	PERÍODO
221	63	3 e 4	01.Ago.85	Seca	Vazante
221	63	5	17.Jun.86	Seca	Cheia
221	63	3 e 4	11.Nov.87	Chuvosa	Vazante

Todas as imagens utilizadas são na escala 1:250.000.

Fez-se uso de imagens dos períodos de cheia e vazante para o mapeamento da dinâmica dos corpos d'água na área de estudo.

Obteve-se uma imagem LANDSAT-TM, 11 de julho de 1989, próxima do período de trabalho de campo. Mas infelizmente esta imagem não pode ser utilizada devido a cobertura de nuvens sobre área de estudo. Apenas uma parte da área referente a bacia de lago Açú está livre de nuvens.

Fez-se um levantamento das imagens dos anos de 1988 e 1989, no período seco, os mais adequados para o mapeamento do uso do solo e todas apresentavam problemas de cobertura de nuvens.

3.1.2 - DADOS DE PRECIPITAÇÃO

Foram obtidos junto a SUDENE, através da SMEMA, dados de precipitação na área de estudos referentes aos anos de 1985, 1986, 1987 e 1988.

Estes dados complementaram os dados de precipitação, período de 1973 a 1984, fornecidos pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC do INPE.

Com estes dados foi possível fazer-se um estudo da distribuição das precipitações na área de estudo, num período de 14 anos.

3.1.3 - PRODUTOS CARTOGRÁFICOS

Foram utilizados os seguintes mapas e cartas da área de estudo:

- Carta topográfica Lago-Açú, na escala 1:100.000, publicada pela DSG, ano de 1984
- Carta topográfica Itapecurú-Mirim, na escala de 1:250.000, publicada pela DSG ano 1984.
- Cartas imagem Radar preliminar Bacabal, Santa Inês e Vitorino Freire, na escala 1:250.000, publicada pela DSG, ano 1984.
- Cartas ao milionésimo, São Luis e Terezina, do Atlas do Brasil ao milionésimo IBGE.
- Mapa geológico do Estado do Maranhão na escala de 1:1.000.000 publicado pelo Ministério das Minas e Energia, ano de 1986.

3.1.4 - EQUIPAMENTOS

Foram utilizado os seguintes equipamentos para a realização do trabalho:

- Microcomputador-XT, para o cálculo das áreas queimadas e uso do solo;
- Mesa digitalizadora - Digital VanGogh, para a entrada de dados de cotas altimétricas e áreas de uso do solo e queimadas;
- Sistema de Informações Geográficas - SIG, versão 2.0, desenvolvido pelo INPE, descrito no manual do usuário da ENGESPACO (1989), para a geração de mapas de isolinhas da área de estudo.

3.2 - METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho obedeceu os passos descritos a seguir.

3.2.1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para a realização do trabalho fez-se inicialmente uma revisão bibliográfica, incluindo estas informações tais como: características da área de estudo (clima, vegetação, geologia, etc.) e princípios físicos de sensoriamento remoto.

3.2.2 - SELEÇÃO E AQUISIÇÃO DE DADOS

Nesta etapa fez-se uma seleção e a aquisição dos dados pluviométricos, mapas, cartas e imagens orbitais da área de estudo disponíveis.

Os dados pluviométricos foram cedidos pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC do INPE e pela SUDENE.

As imagens de satélites foram obtidas no INPE.

3.2.3 - CARACTERIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM

Através da interpretação visual das imagens LANDSAT-TM, canais 3, 4 e 5 fez-se a caracterização da rede de drenagem da área de estudo. Foram mapeados os canais de drenagem e os lagos e delimitou-se a planície fluvio-lacustre. Para a caracterização destes alvos levou-se em consideração o comportamento espectral deles, nos diferentes canais do TM.

Uma vez definida a rede de drenagem e, conseqüentemente delimitada a área de estudo, gerou-se um overlay que serviu como base para todos os outros mapeamentos realizados.

O ano base para a elaboração deste overlay foi o de 1985.

3.2.4 - MAPEAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA NA ÁREA DE ESTUDO

Para o mapeamento dos corpos d'água na área de estudo utilizando os canais TM4 e TM5, por serem os mais apropriados devido a alta absorção da radiação eletromagnética pela água, na faixa do infravermelho do espectro. Nesta faixa os corpos d'água apresentam alto contraste com os alvos adjacentes, o que facilita a sua caracterização.

Foram feitos mapeamentos dos corpos d'água para as passagens de 01 de agosto de 1985 (período de vazamento) 17 de junho de 1986 (período de cheia) e 11 de novembro de 1987 (período de vazante).

A finalidade deste mapeamento foi verificar o comportamento dos lagos em função dos períodos de cheia e vazante, bem marcados na área de estudo.

3.2.5 - MAPEAMENTO DE USO DO SOLO DA ÁREA DE ESTUDO

Para o mapeamento do uso do solo foram utilizados simultaneamente os canais TM3 e 4 do LANDSAT, por serem os mais apropriados. Nestes canais é possível caracterizar-se melhor as áreas com vegetação e as áreas desmatadas, principalmente no canal TM3, onde elas apresentam grande contraste. O canal TM4 foi usado como auxiliar do canal TM3.

Foram feitos mapeamentos para as passagens de 01 de agosto de 1985 e 11 de novembro de 1987. Nestas duas datas foram mapeadas as áreas de desmatamento, agricultura e queimadas, com objetivo de avaliar-se a ação antrópica, como efeito do desenvolvimento e expansão do solo.

Para este mapeamento levou-se em consideração apenas as imagens dos anos de 1985 e 1987 por ter-se verificado, no estudo realizado por Sausen e Faria (1990), que estes foram os anos em que o uso do solo apresentou maior expansão.

Neste trabalho foi adotada a mesma legenda utilizada no trabalho feito por Sausen e Faria (1990) na bacia do lago Açú.

Assim a legenda tem por base o interesse em se identificar áreas que, em função do tipo de uso, contribuem de alguma forma como fonte de sedimentos para os lagos e rios que compõem a área de estudo.

Desta forma, denominou-se de "Áreas Prováveis de Produção de Sedimentos" aquelas cujos padrões de respostas espectrais nas imagens TM/LANDSAT analisadas, representassem principalmente as pastagens nativas melhoradas, pastagens implantadas, área de cultivo de subsistência e vegetação herbácea arbustiva de regeneração.

Para o mapeamento das áreas de queimada foi utilizada a imagem TM/LANDSAT canal 4 de 11 de novembro de 1987, sendo esta imagem correspondente ao início do período chuvoso na região. Por ser uma imagem do infravermelho próximo, as áreas de queimadas apresentam um grande contraste com os alvos adjacentes.

3.2.6 - CÁLCULO DAS "ÁREAS PROVÁVEIS DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS"

Uma vez realizado o mapeamento das "Áreas Prováveis de Produção de Sedimentos" na área de estudo, passou-se a quantificação das mesmas.

Para tal foram adotados dois procedimentos:

- Áreas maiores do que 30 hectares foram quantificadas de maneira automática empregando-se o microcomputador - XT e uma mesa digitalizadora. Para o cálculo das áreas foi utilizado o programa C-Área, desenvolvido no INPE.
- Áreas menores do que 30 hectares foram calculadas de forma manual, através de uma grade de pontos de 1 mm², sobreposta aos mapas.

3.2.7 - CÁLCULO DAS ÁREAS OCUPADAS PELOS CORPOS D'ÁGUA

Adotando o mesmo procedimento utilizado na seção 3.2.6, fez-se o cálculo das áreas ocupadas pelos corpos d'água e da planície de inundação para os anos de 1985, 1986 e 1987.

3.2.8 - MAPA DA DISTRIBUIÇÃO DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS NA ÁREA DE ESTUDO

Com base nos dados de precipitação foi construído um mapa, com a distribuição dos postos pluviométricos na área de estudo com os gráficos de precipitação referentes aos anos de 1975, 1977, 1981, 1985, 1986, 1987 e 1988.

Com estes dados foi possível fazer-se um estudo da distribuição das precipitação na área de estudo, num período de 14 anos.

3.2.9 - TRABALHO DE VERIFICAÇÃO DE CAMPO

No período de 06 a 11 de agosto de 1989, com a colaboração da Secretaria das Minas, Energia e Meio Ambiente - SMEMA do Estado do Maranhão e da Companhia Vale do Rio Doce - CVDR, foi possível realizar-se um trabalho de campo na área de estudo, onde foram observadas as áreas desmatadas, pastagens, cultivos, características dos rios, lagos e planície flúvio-lacustre da área de estudo.

3.2.10 - MAPA DE ISOLINHAS

Como a área de estudo apresenta um relevo bastante plano e com altitudes pouco elevadas, tendo a cota máximo de 65 metros, praticamente não existem curvas de níveis na carta topográfica 1:100.000, pois as mesmas são geradas com equidistância de 50 metros. A maior parte da informação de altimetria da área provém de pontos cotados.

Com isto fica difícil ter-se maiores informações sobre o relevo da área de estudo.

Por esta razão gerou-se um mapa de isolinhas da área de estudo, com a equidistância de 5 metros, fazendo uso do algoritmo Modelo Numérico do Terreno, existente no Sistema de Informação Geográfica - SIG/INPE.

Para a coleta de dados para a geração de um mapa de isolinhas foram utilizados os pontos cotados da carta lago Açú, da DSG, na escala 1:100.000 e uma mesa digitalizadora.

Inicialmente foi definido, na carta lago Açú, através da mesa digitalizadora, o espaço envoltório onde seriam coletados os dados de cota altimétrica existente na área de estudo. Este espaço foi definido através das coordenadas de latitude e longitude.

Em seguida iniciou-se a digitalização dos pontos cotados. Logo após estes dados foram organizados em um arquivo tipo árvore, que permite acessar as amostras na fase de interpolação, utilizando-se o programa Organização de Pontos do nóculo de entrada do SIG/INPE (Almeida, 1989).

Este tipo de estrutura possibilita um acesso rápido dos vizinhos mais próximos de um ponto no espaço bi-dimensional (ENGESPAÇO, 1989).

O passo seguinte foi a criação de uma grade regularmente espaçada de pontos a partir de um conjunto de amostras. Os valores das cotas altimétricas de cada ponto da grade é estimada a partir da interpolação das cotas dos pontos vizinhos mais próximos.

Em seguida foi gerado um mapa de isolinhas da área de estudos, a partir de um Modelo Numérico do Terreno na forma de grade refinada. Como passo final foi gerado um bloco diagrama representando o relevo da área de estudo.

3.2.11 - INTEGRAÇÃO DOS DADOS

Nesta fase foram feitas correlações entre as informações de uso do solo, rede de drenagem, dados de campo e dados de precipitação da área de estudo.

Com isto pode-se traçar um perfil do comportamento da área de estudo no período de 1985 a 1987.

Pode-se também fazer uma avaliação do impacto provocado pelo uso do solo na área.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 - USO DO SOLO

Após a interpretação das imagens TM/LANDSAT foram gerados mapas com a distribuição das "Áreas Prováveis de Produção de Sedimentos", para os anos de 1985 e 1987. A Figura 3 refere-se ao mapa de 01 de agosto de 1985 e a Figura 4 refere-se ao mapa de 11 de novembro de 1987.

As "Áreas Prováveis de Produção de Sedimentos" são constituídas basicamente por áreas desmatadas onde foram implantadas principalmente pastagens e alguma cultura de subsistência. A Figura 5 dá um exemplo das fazendas de criação de gado com pastagens implantadas, observadas na área de estudo durante os trabalhos de campo.

Analisando-se as Figuras 3 e 4, observa-se que houve um grande incremento na área ocupada por "Áreas Prováveis de Produção de Sedimento" do ano de 1985 para 1987, principalmente na porção Centro-Sul da área de estudos.

Pela Figura 3, que corresponde ao ano de 1985, observa-se que as "Áreas Prováveis de Produção de Sedimentos" estão localizadas principalmente ao longo da rodovia BR 316, que passa por Bacabal na porção Sul da área de estudo, e da rodovia BR 135 que passa pela cidade de Miranda do Norte.

Estas áreas ocorrem também ao longo das rodovias estaduais que ligam a BR 316 as cidades de Ipixuna, Bacabalzinho e Lago Verde. Ao longo da estrada que liga a cidade de Laje a BR 135 também é observada a presença de "Áreas Prováveis de Produção de Sedimentos".

**MAPEAMENTO DE ÁREAS PROVÁVEIS DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTO
 ATRAVÉS DE IMAGENS DO SATÉLITE DA REGIÃO MÉDIO-BAIXO DO RIO
 MEARIM - MA**



Fig. 3 - Mapeamento de áreas prováveis de produção de sedimento através de imagens do satélite da região médio-baixo do rio Mearim - MA (01.08.85).

**MAPEAMENTO DE ÁREAS PROVÁVEIS DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS
 ATRAVÉS DE IMAGENS DE SATELITE. REGIÃO DO MÉDIO-BAIXO VALE DO
 RIO MEARIM - MA -**

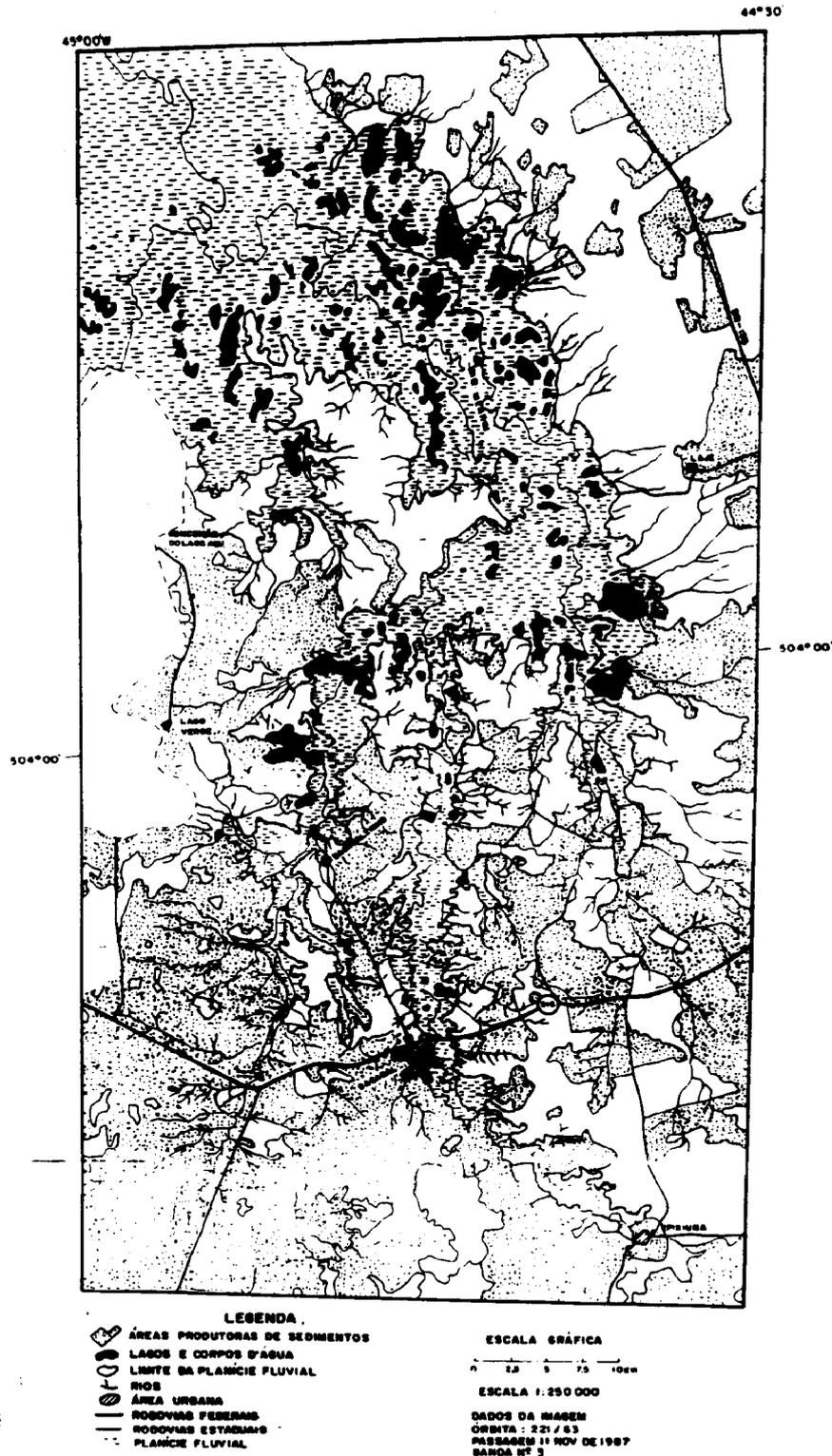


Fig. 4 - Mapeamento de áreas prováveis de produção de sedimentos através de imagens de satélite. Região do médio-baixo vale do rio Mearim - MA (11.11.87).



Fig. 5 - Fazenda de gado com pastagem implantada na área de estudo.

As estradas existentes facilitam o acesso para estas localidades e permitem o escoamento da produção incentivando assim a presença de áreas de pastagem para a criação de gado e áreas de agricultura.

Aliado a isto, tem-se os relevos planos da região e a densa rede de drenagem que pode ser utilizada para dessedentação do gado e irrigação das culturas, o que faz com que as "Áreas Prováveis de Produção de Sedimento" se localizem também ao longo dos rios Mearim e Ipixuna e seus afluentes.

Analisando-se a Figura 4, referente ao ano de 1987, vê-se que os trechos ocupados pelas "Áreas Prováveis de Produção de Sedimentos" em relação a 1985 foram ampliadas, preenchendo os espaços vazios que existiam, neste último ano, entre as rodovias e rios já mencionados.

Assim, a área ocupada por este tema em, 1987 equivale praticamente a 90% da porção centro-sul da área de estudo.

Ao longo da rodovia BR 135 as "Áreas Prováveis de Produção de Sedimentos" também apresentaram uma grande expansão facilitada principalmente pelos relevos planos aí existentes.

A porção centro-noroeste da área de estudo é ocupada basicamente pela planície flúvio-lacustre do rio Mearim, sem a presença de pastagens implantadas ou cultura de subsistência. Esta planície flúvio-lacustre, no período de vazante, é geralmente ocupada por vegetação aquática morta e por campos de várzea, conforme pode ser visto na Figura 6.



Fig. 6 - Vegetação aquática na planície flúvio-lacustre do rio Mearim.

Para que se tivesse uma idéia mais precisa da expansão das "Áreas Prováveis de Produção de Sedimentos", no período de 1985-1987, calculou-se a área ocupada pelas mesmas nestes dois anos. A Tabela 2 apresenta estes valores.

TABELA 2

ÁREAS PROVÁVEIS DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM HECTARES

TOTAL ÁREA DE ESTUDO	DATA	AREAS PROVÁVEIS PRODUÇÃO SEDIMENTOS	% DA AREA TOTAL
402.000	01.AGO.85	56.728	14,1
	11.NOV.87	153.674	38,2

Pela Tabela 2 pode-se observar que de 1985 para 1987 houve um aumento de 96.946 ha na área ocupada pelas "Áreas Prováveis de Produção de Sedimentos". Este valor corresponde a um aumento total de 24% em relação a área estudada. O aumento anual foi de 48473 ha/ano, ou seja 12%/ano em relação a área estudada.

Analisando-se estes dados com mais detalhe verifica-se que:

- a) a área estudada tem 402.000 ha;
- b) a área ocupada pela planície-fluvio lacustre é de 121.997 ha, o que corresponde a 30,3% da área estudada;
- c) a área ocupada por "Áreas Prováveis de Produção de Sedimentos" em 1985 é de 56.728 ha, o que corresponde a 14,1% da área estudada;

- d) a área ocupada por "Áreas Prováveis de Produção de Sedimentos" em 1987 é de 153.674 ha, o que corresponde a 38,2% da área estudada.

Com isto tem-se:

- a soma da área da planície fluvio-lacustre (121.997 ha) com a de pastagem e cultura de subsistência em 1985 (56.738 ha) é de 178.725 ha, o que corresponde a 44% da área estudada. Assim em 1985 tinha-se 223.275 ha de área não desmatada, o que correspondia a 56% da área total.
- a soma da área da planície-fluvio lacustre (121.997 ha) com a de pastagem e cultura de subsistência em 1987 (153.674 ha) é de 275.671 ha, o que corresponde a 68,5% da área estuda. Assim, em 1987 tinha-se 126.329 ha de área não desmatada, o que corresponde 31,4% da área estudada, ou seja houve um aumento de 24% no total da área desmatada.

Estes valores são bastante preocupantes pois eles indicam um processo muito acelerado de desmatamento da área de estudo e uma falta de controle na ocupação e no manejo das terras.

A continuar este ritmo, em mais alguns anos a área de estudo estará completamente desmatada. E, conforme já salientado por Trimble et alii (1987) e Sausen e Faria (1990), uma das consequências do desmatamento é a redução da evaporação, que pode reduzir os totais de precipitação, elevar as temperaturas na área, aumentar o escoamento superficial e favorecer os processos erosivos.

A imagem TM/LANDSAT utilizada neste trabalho recobre uma área de 34.040 km², e aproximadamente 50% da bacia do rio Mearim e do rio Grajaú estão dentro dos limites da imagem. Assim, foi possível observar-se que este processo de desmatamento para a implantação de pastagens e agricultura, ocorre de forma intensa praticamente em toda a bacia destes rios.

Ora isto certamente deve estar afetando todo o meio ambiente desta região e, se o desmatamento pode afetar os totais de precipitação, conseqüentemente irá afetar a dinâmica dos rios e lagos aí presentes.

De duas maneiras os desmatamentos podem afetar os corpos d'água:

- redução das vazões
- aumento na produção de sedimentos que são carregados para os corpos d'água.

Um outro problema sério observado na área de estudo, é a grande ocorrência de queimadas, que acontecem no final do período seco e início do chuvoso.

Fez-se um mapeamento das queimadas na imagem TM/LANDSAT de 11 de novembro de 1987 (Figura 7). Nesta imagem do canal 4 do TM, as áreas de queimada aparecem em cor preta apresentando um alto contraste com os alvos adjacentes.

Foi possível constatar-se que as queimadas ocorrem de forma exagerada não só na área de estudo, mas praticamente em toda a área recoberta pela imagem TM/LANDSAT, abrangendo a maior parte das bacias dos rios Grajaú e Mearim.

**MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE QUEIMADAS ATRAVÉS DE IMAGENS DE SATÉLITE
NA REGIÃO DO MÉDIO BAIXO VALE DO RIO MEARIM - MA**

MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE QUEIMADAS ATRAVÉS DE IMAGENS DE SATÉLITE
NA REGIÃO DO MÉDIO BAIXO VALE DO RIO MEARIM - MA

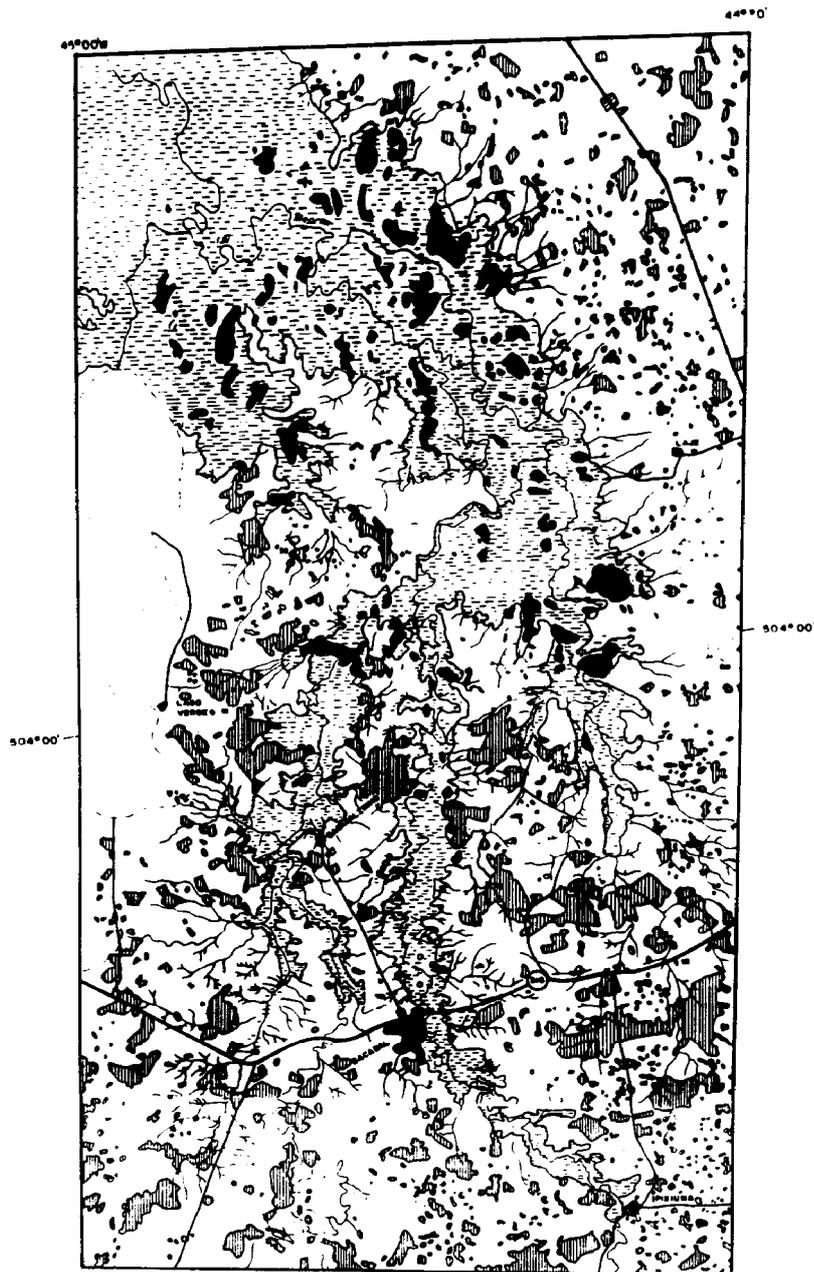


Fig. 7 - Mapeamento das áreas de queimadas, de imagens de satélite, na região do médio-baixo vale do rio Mearim - MA.

Na área de estudo as queimadas correspondem a 32.863 ha, ou seja a 8,17% da área de estudo. Em 1987 a área ocupada pelas "Áreas Prováveis de Produção de Sedimentos" é de 153.674 ha, destes 21,3% são ocupados pelas queimadas.

Vale salientar que as queimadas além de poluírem o ar, empobrecem os solos, destroem a vegetação, liberam nutrientes para os corpos d'água facilitando a sua eutrofização e facilitam a geração de processos erosivos.

Durante o trabalho de campo na área de estudo, não foram observados processos erosivos de grande importância. Isto deve-se principalmente ao fato de o relevo ser bastante plano, com gradiente muito pequeno e as áreas de pastagem possuírem uma cobertura densa de gramíneas.

Porém mesmo em áreas de relevos planos os processos erosivos podem ocorrer, desde que não haja um manejo adequado das terras, que não sejam utilizadas práticas conservacionistas e que haja uma superexploração do solo.

Vale a pena lembrar novamente, que a área de estudo é constituída por terrenos terciários e quaternários, que são propícios a geração de áreas de erosão, quando é retirada a cobertura vegetal e o manejo é inadequado.

Para que se tivesse uma melhor visão do relevo da área de estudo, foi gerado no Sistema de Informação Geográfico - SIG, um mapa de isolinhas com espaçamento de cinco metros (Figura 8).

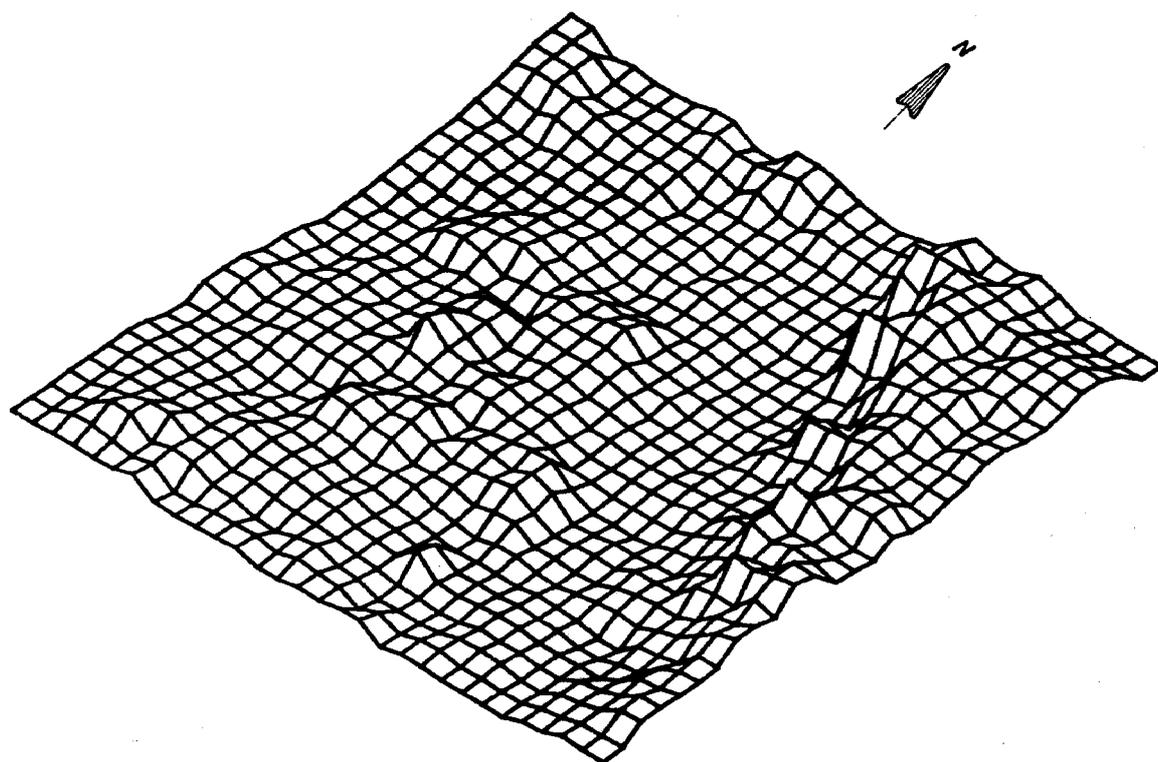
Por este mapa pode-se verificar que a altitude na área de estudo varia de 5 a 65 metros, estando as altitudes inferiores localizadas na porção central da área, correspondendo a planície flúvio-lacustre do rio Marim e a planície fluvial do rio Grajaú na porção noroeste.

Fig. 8 - Mapa hipsométrico do médio-baixo vale do rio Mearim - MA.

As partes mais elevadas estão na porção leste da área de estudo, correspondendo ao interflúvio das bacias do rio Mearim e do rio Itapecuru. Esta área de interflúvio é dissecada em colinas suaves e o limite da planície-fluvio-lacustre do Mearim, com este relevo de colinas, apresenta um gradiente um pouco mais acidentado. Isto fica mais evidenciado na Figura 9, onde é apresentado um bloco diagrama da área de estudo.

Para que se tivesse uma visão mais clara da distribuição do uso do solo em relação ao relevo da área de estudo, sobrepôs-se o mapa de isolinhas ao mapa de "Áreas Prováveis de Produção de Sedimentos", do ano de 1987 (Figura 10).

Pela Figura 10 constata-se que as áreas ocupadas pelas pastagens e culturas de subsistência, restringem-se as áreas mais planas do relevo, o que é muito bom, pois em relevos de gradientes suaves a ação dos processos erosivos se faz menos intensa.



Azimute 45°

Fig. 9 - Bloco diagrama da área de estudo região do médio-baixo rio Mearim - MA.

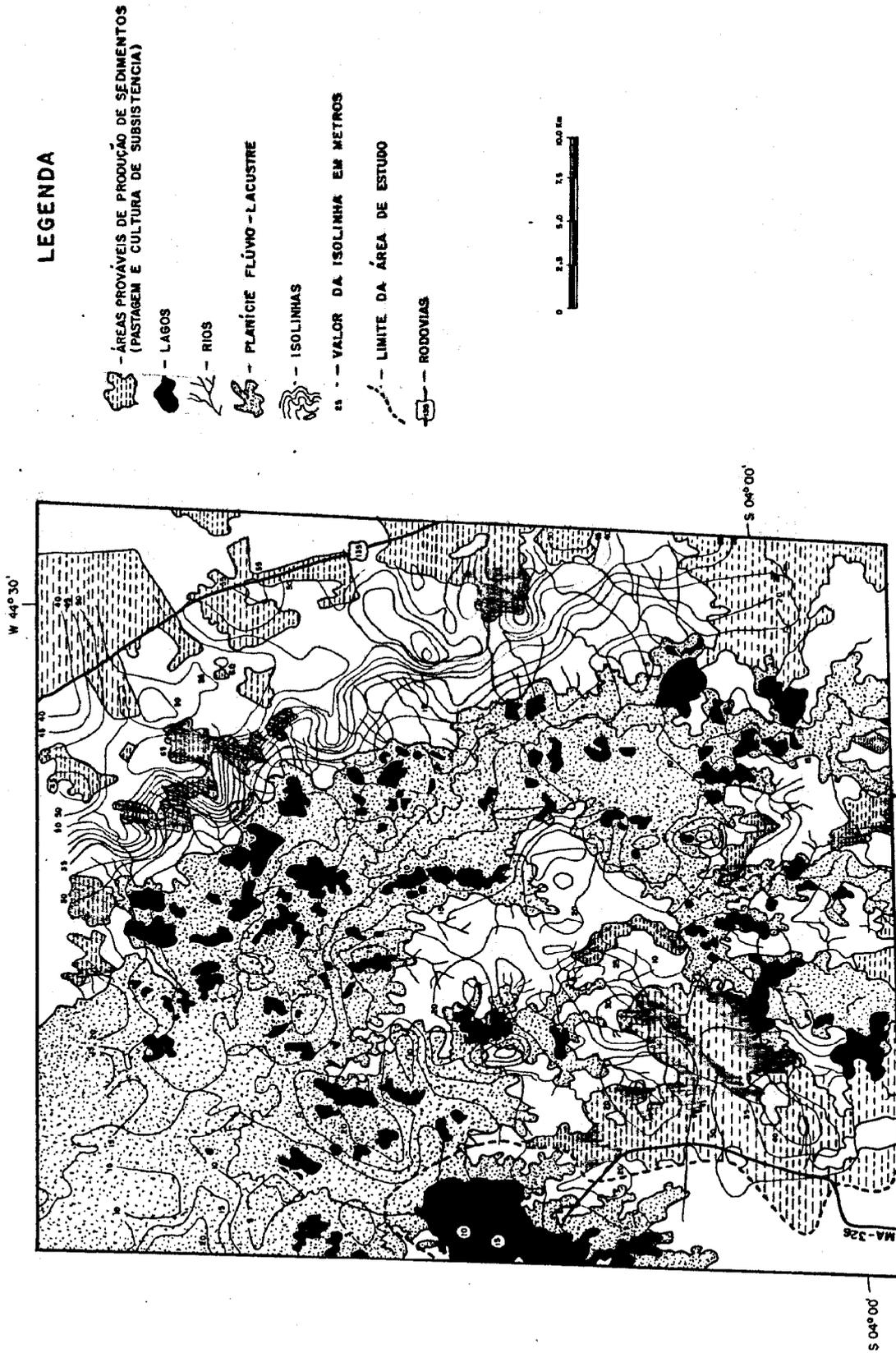


Fig. 10 - Mapeamento de uso do solo e isolinhas da região do médio rio Mearim--MA.

4.2 - AS PRECIPITAÇÕES NA ÁREA DE ESTUDO

Com os dados de precipitações da área de estudo foram gerados gráficos que juntamente com a localização dos postos pluviométricos ao longo da bacia, nos dão uma idéia do comportamento das chuvas para os anos de 1973, 1975, 1981, 1985, 1986, 1987 e 1988.

A Figura 11 apresenta o mapa da distribuição dos postos pluviométricos sobre a região do vale do rio Mearim.

Nos gráficos de precipitações apresentados neste mapa, estão marcadas as datas da passagem do satélite, referente as imagens utilizadas neste estudo e no estudo da bacia do lago Açú.

Neste trabalho vamos analisar mais detalhadamente os dados de precipitações dos postos pluviométricos Grajaú, Barra do Corda, Tuntum, Presidente Dutra, Esperantinópolis, Pedreiras e Bacabal. Estes postos pluviométricos distribuem-se de montante para jusante na bacia do rio Mearim.

Sabe-se que o regime dos rios e lagos é condicionado pelo regime das precipitações. Sabe-se também que o desmatamento provoca alterações no total de evapotranspiração da região desmatada, podendo causar modificações nos totais de chuva ou na sua distribuição ao longo do ano.

Estando a área de estudo localizada no médio-baixo vale do rio Mearim, recebendo portanto toda a contribuição de montante que interfere direta e indiretamente no regime de cheia e vazante dos lagos, é importante uma análise detalhada das precipitações para entender-se a dinâmica destes corpos d'água.

Fig. 11 - Distribuição dos postos pluviométricos e órbitas/
pontas da passagem do satélite LANDSAT sobre a
região do vale do rio Mearim - MA.

Pela Figura 11 observa-se que o regime das chuvas na área de estudo é o tipicamente tropical. O período chuvoso vai de outubro a abril, com os máximos de precipitações geralmente ocorrendo em março e o período seco vai de maio a setembro, com as menores precipitações ocorrendo normalmente em agosto e setembro.

Para que se pudesse ter uma idéia de como os totais de chuva se comportam ao longo dos anos analisados e, em função da sua localização geográfica na área de estudos, fez-se uma análise dos totais de precipitações no período de 1973 a 1988. A Tabela 3 apresenta estes totais.

Infelizmente não foi possível obter-se dados de precipitações para todos os postos pluviométricos e todos os anos de interesse para o estudo. Mas apesar disto, pela Tabela 3 pode-se observar que dos anos analisados, o ano de 1985 foi o mais chuvoso e o ano de 1987 foi o mais seco.

Observa-se também que, com exceção dos postos Coroatá e Esperantinópolis, em todos os outros postos os totais de precipitações apresentam diminuições do ano de 1973 para o ano de 1981. Este comportamento voltou a repetir-se após 1985 (ano chuvoso) porém com mais intensidade.

O posto pluviométrico Barra do Corda é o único que apresenta dados para o ano de 1988, e o total de precipitação é menor que 1987, mantendo-se a tendência de diminuição das precipitações.

Na Tabela 3 os postos pluviométricos estão ordenados de norte (Coroatá) para Sul (Grajaú) e pode-se observar que os postos localizados na porção mais ao norte da área de estudo apresentam índices pluviométricos maiores que os localizados na porção sul. Estes últimos estão mais para o interior do estado do Maranhão mais afastados do litoral onde naturalmente os índices pluviométricos costumam ser menores.

TABELA 3

TOTAIS DE PRECIPITAÇÃO DOS PONTOS PLUVIOMÉTRICOS EXISTENTES
NA ÁREA DE ESTUDO

ANOS POSTOS	1973	1975	1981	1985	1986	1987	1988	85-86	86-87	87-88
Coroatá	2178,6	2492,8	-	2742,6	-	-	-	-	-	-
Pedreiras	1811,3	1503,2	1154,7	2643,5	1681,2	766,1	-	962,3	915,1	-
Esperantinópolis	2178,6	2492,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Tuntum	1268,7	1258,8	-	2076,9	-	-	-	-	-	-
Presidente Dutra	1515,2	1199,7	1036,5	-	-	-	-	-	-	-
Barra Bonita	1604,5	1304,9	856,0	1842,4	1459,1	746,4	742,7	383,3	742,7	87,88
Grajaú	1345,6	1116,1	975,2	1828,3	977,1	346,8	-	844,2	630,3	3,77

Um dos problemas sérios na região é que as chuvas são muito mal distribuídas, ocorrendo praticamente 60 a 70% do total anual nos dois ou três primeiros meses do ano e o restante distribuiu-se pelos outros nove meses. Considerando-se que a área apresenta ao longo de todo ano altas temperaturas que favorecem a evaporação, os lagos na área de estudo devem perder água durante 9 meses.

Salienta-se também que nos trechos mais ao Sul da área de estudo, é comum ocorrerem 0,0 mm de precipitação nos meses secos e isto é mais acentuado nos anos secos ou a partir de 1986, conforme observado nos gráficos da Figura 11.

Assim, além dos lagos e rios da região perderem água por evaporação, esta não é resposta pelas precipitações no período seco.

Se ocorrerem anos secos, como foram os anos de 1981 e 1987, esta situação agrava-se. Se aliarmos a isso algum tipo de ação antrópica que possa diminuir o total de precipitações, a situação torna-se crítica.

4.3 - DINÂMICA DA DRENAGEM

Após a análise das imagens LANDSAT-TM, canais 3 e 4, foi possível fazer-se mapas da rede de drenagem e lagos da área de estudo.

A Figura 12 apresenta o mapa da rede de drenagem para o ano de 1985. Este mapa corresponde a estação seca na área de estudo e a um período de início de vazante dos lagos.

A Figura 13 apresenta o mapa da rede de drenagem para o ano de 1986. Este mapa corresponde a estação seca na área de estudo e um período de cheia dos lagos.

**MAPEAMENTO DA REDE DE DRENAGEM ATRAVÉS DE IMAGENS DE SATÉLITE
(LANDSAT-TM) DA REGIÃO DO MÉDIO/BAIXO VALE DO MEARIM-MA**

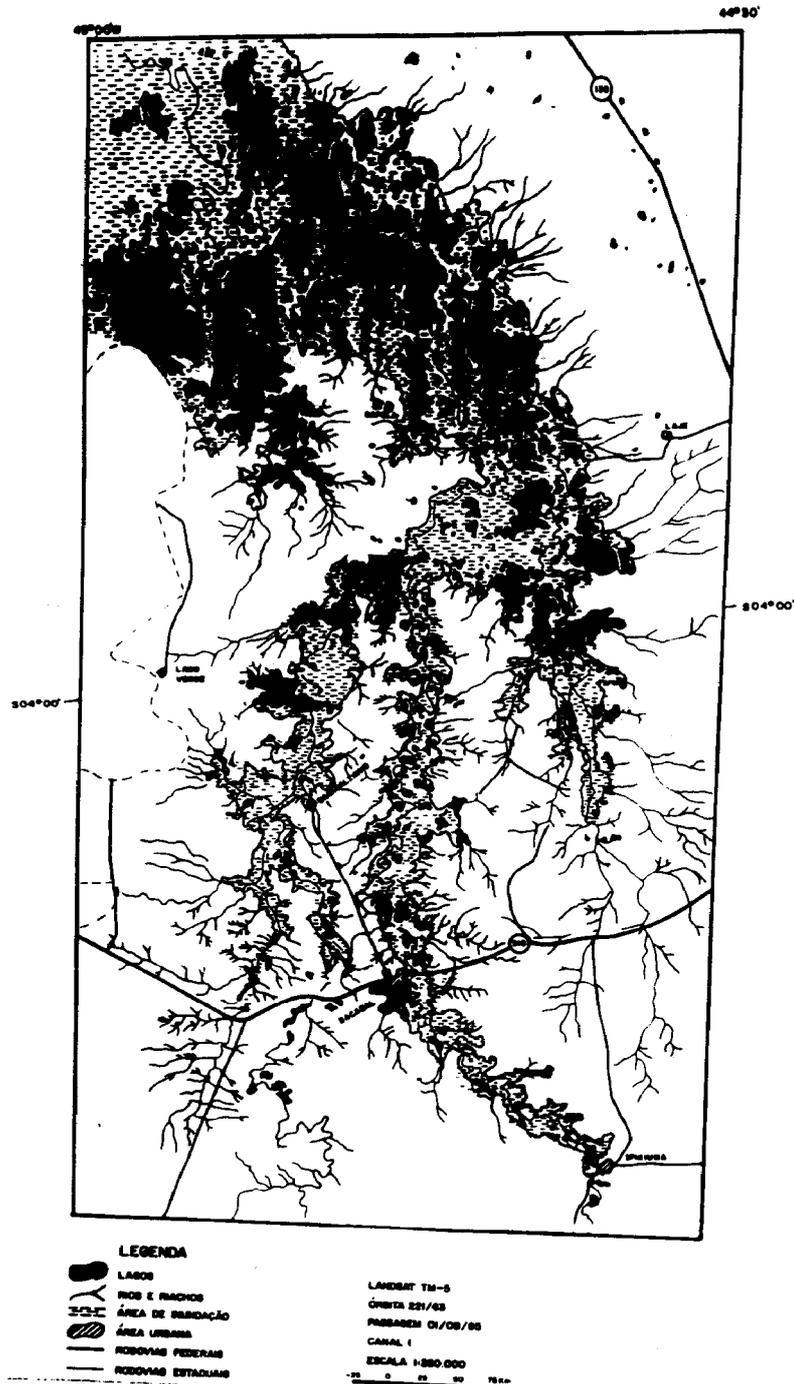


Fig. 12 - Mapeamento da rede de drenagem através de imagens de satélite (LANDSAT-TM) da região do médio-baixo vale do Mearim - MA (01.08.85).

REDE DE DRENAGEM DA REGIÃO DO MÉDIO-BAIXO VALE DO RIO MEARIM-MA.

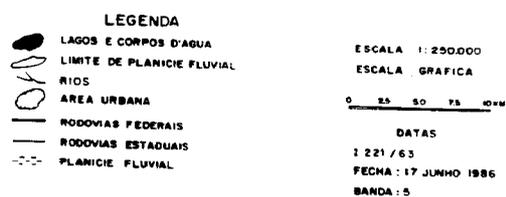
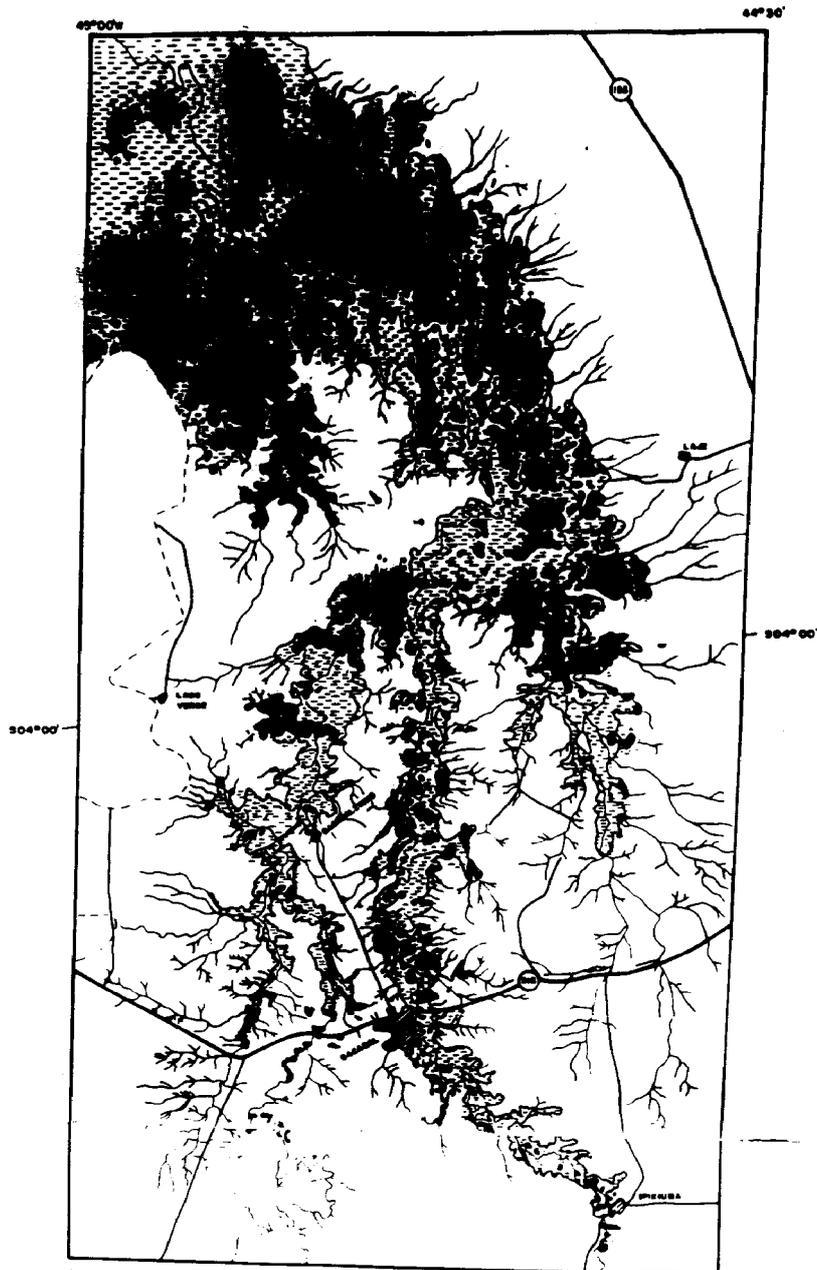


Fig. 13 - Rede de drenagem da região do médio-baixo vale do rio Mearim - MA (16.06.86).

A Figura 14 apresenta o mapa da rede de drenagem para o ano de 1987. Este mapa corresponde ao início da estação chuvosa na área de estudo e a um período de vazante dos lagos.

Conforme já mencionado na Seção 4.1 a área ocupada pela planície flúvio-lacustre do rio Mearim é de 121.997 ha, o que equivale a 30,3% da área total (402.000 ha) estudada.

Nesta planície flúvio-lacustre estão localizados uma série de lagos, que variam de tamanho em função das estações seca e chuvosa que ocorrem periodicamente na área.

Nestes lagos é realizada a pesca na região, infelizmente de uma forma bastante predatória. As saídas de água dos lagos são fechadas com cercados primitivos, que impedem que os peixes cheguem do rio Mearim, retendo peixes de todos os tamanhos.

Para que se tivesse melhores informações sobre a dinâmica dos lagos, fez-se o cálculo da área ocupada pelos mesmos nos anos de 1985, 1986 e 1987. Assim tem-se que:

- a imagem de 01 de agosto de 1985, período seco, apresenta uma área de espelho d'água de 44.631 ha, o que corresponde a 36% da planície de inundação. Salienta-se que pelos dados de precipitação 1985 foi um ano chuvoso.
- a imagem de 17 de junho de 1986, início do período seco na região, antecedendo em dois meses a imagem anterior, apresenta uma área de espelho d'água de 49.289 ha, o que corresponde a 40% da área da planície de inundação. Pelos totais de precipitação apresentados na Tabela 3 na Seção 4.2, verifica-se

que o ano de 1986 foi um ano muito mais seco do que o ano de 1985. O fato da imagem aqui analisada anteceder em dois meses (junho) a imagem do ano de 1985 (agosto) deve ser a causa da maior área apresentada pelos espelhos d'água. A diferença de um ano para outro é de 4.656 ha;

- a imagem de 11 de novembro de 1987, início do período chuvoso na região, apresenta uma área de espelho d'água de 13.972 ha, o que corresponde a 11% da área da planície de inundação. A diferença, da área total ocupada pelos espelhos d'água em relação aos anos de 1985 e 1986 é de 30.659 ha e 35.315 ha respectivamente, ou seja, a área ocupada pelos lagos em 1987 corresponde a 31% da área ocupada em 1985 e 28% da área ocupada em 1986.

A Figura 15 apresenta a área ocupada pelos lagos nos anos de 1986 e 1987 de forma integrada. Por esta figura pode-se observar que houve uma diminuição acentuada na área ocupada pelos lagos, de um ano para outro. A perda d'água no ano de 1987 foi muito grande o que deve ter alterado de forma drástica o equilíbrio do meio ambiente na região.

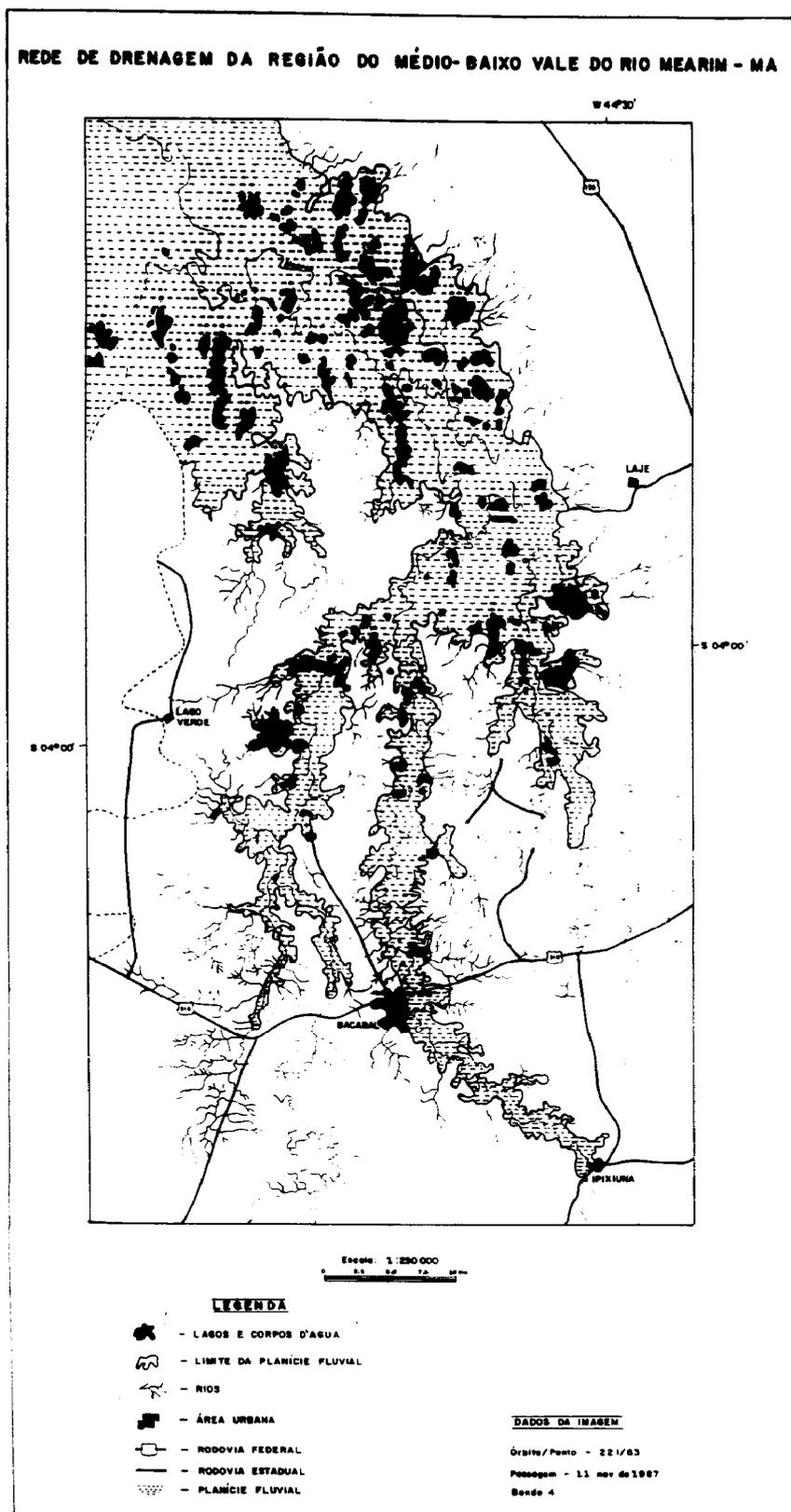


Fig. 14 - Mapa de rede de drenagem da região do médio vale do rio Mearim - MA (01.11.87).

MAPEAMENTO DO ESPELHO D'ÁGUA DA REGIÃO DO MÉDIO-BAIXO VALE DO RIO MEARIM-MA PARA OS ANOS 1986 E 1987, ATRAVÉS DE IMAGENS DE SATÉLITE (LANDSAT - TM)



LEGENDA

- LAGOS PARA O PERÍODO DE CHEIA
- LAGOS PARA O PERÍODO DE ESTIAJE
- RIOS
- ÁREAS URBANAS
- RESERVOÁRIOS ESTACIONAIS
- RESERVOÁRIOS PERMANENTES
- PLANÍCIE PLUVIAL

DADOS DA IMAGEM

ORBITA 221/05
 PASSAGEM DO SATÉLITE 17-06-86 E 11-11-87
 ESCALA:
 1:200.000

Fig. 15 - Mapeamento do espelho d'água da região do médio-baixo vale do rio Mearim - MA para os anos 1986 e 1987, através de imagens do satélite (LANDSAT - TM).

Dois fatores devem ter contribuído para a ocorrência deste fenômeno:

- a imagem analisada em 1987 corresponde ao início do período chuvoso, que na região é antecedido por um período de 4 a 5 meses seco, que no ano de 1987, em alguns postos pluviométricos (Pedreiras, Grajaú e Barra do Corda) apresentou 0,0 mm de precipitação durante 4 meses;
- o ano de 1987 foi um ano bastante seco em toda a região correspondente a bacia do rio Mearim. Como as precipitações são a fonte de abastecimento dos lagos e rios sobre a superfície da terra, com a ocorrência de um ano seco é natural que a área ocupada pelos lagos diminua de tamanho.

5. CONCLUSÕES

Ao término deste trabalho pode-se concluir que:

- A ação antrópica na área de estudo é muito grande, expressando-se através dos desmatamentos acelerados que aí vem ocorrendo.
- O estudo ora realizado está restrito a uma área muito pequena, apenas a um trecho do médio-baixo vale do rio Mearim. Ele deveria ser estendido a toda a bacia dos rios Mearim e Grajaú, que vem sofrendo um processo gradativo e acelerado de desmatamento nos últimos 14 anos. Isto certamente vem provocando alterações nas características ambientais da região. Este tipo de estudo tem sua importância, na medida em que estas duas bacias (principalmente a do Mearim) ocupam lugar de destaque tanto no estado do Maranhão, como na região nordeste.

- Deveria ser exercido um maior controle do uso do solo na área de estudo, evitando que este se localize nas áreas de cabeceiras de rios, mais sujeitas a processos erosivos.

- Deveria ser feito um controle da implantação de novas áreas de pastagem, pois o ritmo de desmatamento vem sendo rápido demais, facilitando ainda mais o desequilíbrio do meio ambiente. Um ritmo tão acelerado de desmatamento pode:
 - . dar origem à áreas produtoras de sedimentos;

 - . alteração no clima local, com a mudança de um clima mais úmido para um clima mais seco;

 - . mudanças no ecossistema da área.

- As áreas de queimadas ocupam grandes extensões em relação a área de estudo e, o que é pior, distribuem-se por toda a bacia dos rios Mearim e Grajaú, com a mesma intensidade. As queimadas degradam a camada superficial do solo, produzem matéria orgânica para os lagos e facilitam a ocorrência de processos erosivos.

- Deve-se realizar um estudo da qualidade d'água dos lagos na área de estudo, para verificar se esta não está sendo alterada em função da matéria orgânica produzida pelas queimadas, ou pelos agrotóxicos e nutrientes utilizados nas áreas de pastagem e cultura de subsistência. Uma vez que os lagos servem de local de alimentação e pouso de aves migratórias, a qualidade d'água dos lagos deve ser preservada, para que a produção de alimento para os pássaros não seja afetada.

- O desmatamento de forma desordenada na região pode estar provocando uma diminuição das precipitações.

Se levarmos em consideração que o desmatamento pode interferir nas precipitações, levando a uma diminuição das mesmas; que nos trechos mais ao sul da área de estudo, no médio e alto vale do rio Mearim, já vem ocorrendo grandes desmatamentos, conforme observado nas imagens LANDSAT/TM; que estes trechos já apresentam naturalmente índices pluviométricos menores que no baixo vale, seria importante que se realizasse um estudo mais detalhado do comportamento das precipitações na região.

Este estudo deveria verificar se há alguma influência do desmatamento nos índices de precipitação e evaporação e se estão ocorrendo aumentos de temperatura na região, em função da sua localização geográfica e ao longo dos últimos anos. Os fatores mencionados interferem no regime dos lagos existentes na área de estudo.

Conforme foi salientado, as precipitações apresentaram diminuições em seus totais, principalmente a partir de 1985, quando também aumentaram os desmatamentos na região. Um estudo mais detalhado da precipitação permitiria verificar-se se esta diminuição é um fenômeno cíclico natural ou deve-se a ação do homem.

Como as precipitações regem a dinâmica dos lagos e estes servem de local de pouso, alimentação e procriação de pássaros migratórios, manter um controle sobre as mesmas é vital para que não seja alterado o regime dos lagos, ou pelo menos minimizar os efeitos da ação antrópica sobre eles.

- Neste estudo não foi possível determinar-se se realmente os lagos estão diminuindo de tamanho, uma vez que analisou-se somente 3 imagens LANDSAT/TM, e estas não referiam-se ao mesmo período sazonal.

Porém, se forem analisadas mais imagens, de mesmo período sazonal, aliadas a dados de vazão do rio Mearim e da precipitação na área, poder-se-á ter uma idéia clara se este fato está ocorrendo ou não. Esta é uma informação necessária em função da importância dos lagos, para a fauna.

- Sugere-se que se faça uma análise histórica da ação antrópica na região, de forma que se tenha uma idéia real do impacto da mesma, no ecossistema em questão. Para tal as imagens do Satélite LANDSAT e SPOT são de grande utilidade, uma vez que é possível obter-se informações orbitais, da região, desde junho de 1973.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, W.S. **Metodologia de Sensoriamento Remoto no Monitoramento de Modificações no canal fluvial e atualização de cartas náuticas.** Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto. Instituto de Pesquisas Espaciais-INPE, S.J.Campos, 1989 (INPE-4863-TDL/374).
- DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL - DNPM. **Mapa Geológico do Estado do Maranhão.** 1986.
- ENGESPAÇO. **Manual do Usuário do Sistema de Informações Geográficas.** São José dos Campos, 1989.
- KUHLMANN, E. **Vegetação.** In: IBGE. **Geografia do Brasil.** Região Nordeste, Rio de Janeiro, SERGRAFF, 1977. v.2, p. 85-110.
- MARANHÃO. **Secretaria das Minas e Energia e Meio Ambiente (SMEMA). Síntese do relatório do impacto ambiental na bacia do Lago Açú.** São Luiz, 1988, p. 1-30.

- MOREIRA, A.A.N. Relevo. In: IBGE: **Geografia do Brasil: Região Nordeste.** Rio de Janeiro, SERGRAF, 1977. v.2, p. 1-30.
- NIMER, E. Clima. In: IBGE. **Geografia do Brasil: Região Nordeste.** Rio de Janeiro, SERGRAF, 1977. v.2, p. 47-59.
- SAUSEN, T.M.; FARIA, K. **Impacto da Ação Antrópica na Bacia do Lago Açú (MA) através de imagens LANDSAT.** INPE-5020-REP/614. São José dos Campos-SP, fev. 1990.
- TRIMBLE, S.W.; WIEICH, F.H.; HOAG, B.L. **Reforestation and the reduction of water yield on the southern piedmont since Circa 1940.** Water Resources Research, 23(3):425-437, Mar. 1987.