

**ATUALIZAÇÃO DA HIDROGRAFIA  
DO ESTADO DA PARAÍBA UTILIZANDO  
PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS E GEOPROCESSAMENTO**

RUFINO, Iana Alexandra Alves<sup>1</sup>; PAIVA, Ana Emília Duarte Barbosa<sup>2</sup>

BATISTA, Marie Eugenie Malzac<sup>3</sup>; BANDEIRA, Maria Marle<sup>4</sup>

**Resumo** – Este trabalho apresenta as possibilidades de aplicação de conceitos de Sensoriamento Remoto e Processamento Digital de Imagens na elaboração de uma cartografia digital básica em Recursos Hídricos. As atividades descritas têm sido desenvolvidas na gerência de informática e geoprocessamento da SEMARH, no sentido de utilizar as imagens de satélite do ano de 2.000, para uma atualização dos espelhos d'água do Estado e posterior obtenção de outros planos de informação para auxiliar na gestão dos recursos hídricos. Todas as informações estão sendo tratadas e armazenadas em um banco de dados georeferenciado de um SIG (Sistema de Informação Geográfica), para tornar possível a sua análise e manipulação por meio de técnicas de geoprocessamento.

**Abstract** - This paper presents the possibilities of application of concepts of Remote Sensing and Digital Processing of Images in the elaboration of a digital cartography database in Water Resources. The described activities have been developed in the geoprocessing department of SEMARH, using images of satellite acquired in the year of 2.000, for an upgrade of the feature corresponding at reservoirs of water in the State and posterior obtaining of another plans of information to aid in the management of the water resources. All the information are being analyzed and stored in a georeferenced database of a GIS (Geographical Information System), to turn possible its analysis and manipulation by geoprocessing techniques.

---

<sup>1</sup> Eng. Civil, M. Sc. em Arquitetura (USP), Doutoranda em Recursos Naturais (UFPB), e-mail: iana\_alex@uol.com.br;

<sup>2</sup> Eng. Civil, M. Sc. em Recursos Hídricos (UFPB), e-mail: anaemilia@semarh.pb.gov.br;

<sup>3</sup> Eng. Química, Especialista em Processamento de Dados, e-mail: marie@semarh.pb.gov.br;

<sup>4</sup> Meteorologista, M. Sc. em Meteorologia (UFPB), e-mail: marle@semarh.pb.gov.br.

**Palavras-Chave** - Geoprocessamento, Processamento Digital de Imagens e Bases de Dados Cartográficos Digitais.

## **1. INTRODUÇÃO**

O estudo das diversas vertentes dos problemas relacionados com a gestão dos recursos hídricos pressupõe a coleta, tratamento e análise de dados relativos a áreas muito diversas que vão desde valores isolados, a séries de tempo de variáveis climatológicas ou a informação de diversos temas geográficos, passando por toda a informação relativa a usos da água. O tratamento e análise deste enorme conjunto de dados exigem vastos recursos humanos se forem realizados por métodos tradicionais. A estes métodos e técnicas tradicionais que durante décadas tornaram possível o conhecimento da superfície terrestre por parte da comunidade científica se somam hoje novas fontes e procedimentos. Entre estes cabe destacar: O Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informação Geográfica pois, com efeito, vemos ampliar as possibilidades de leitura mais precisa da paisagem com a ajuda dos sensores a bordo dos satélites artificiais (SANCHO et. al, 1993).

Ciente da complexidade da informação espacial e do papel determinante que esta assume em todo o exercício de planejamento e gerenciamento dos Recursos Naturais, a Gerência de Informática e Geoprocessamento da SEMARH (Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e Minerais) tem centralizado todos os trabalhos de Cartografia Digital e de Geoprocessamento produzidos dentro e fora da Secretaria. Neste contexto a SEMARH, através desta gerência, tem lançado mão de softwares e equipamentos específicos para a disponibilização de mapas e informações para os técnicos desta e de outras Secretarias Estaduais, beneficiando assim, o Estado da Paraíba como um todo.

Este trabalho está inserido em um conjunto de atividades desenvolvidas no âmbito do geoprocessamento de informações na SEMARH e trata mais especificamente da atualização da hidrografia do Estado que inicialmente já se encontra em meio digital, porém com dados de 1974. Para isso foram utilizadas imagens de sensores remotos obtidas no ano de 2.000, atualizando assim, a base cartográfica digital existente.

## 2. CONCEITOS BÁSICOS E GENERALIDADES

### 2.1 Aquisição de Dados em Sensoriamento Remoto

A coleta e aquisição de dados de hidrografia podem ter origem em diversas fontes que vai desde levantamentos diretos em campo ou sobre produtos do sensoriamento remoto até mapas e estatísticas derivados ou não destes levantamentos. Neste sentido, o uso de fotos aéreas e de outras imagens de sensoriamento remoto auxilia em muito a coleta de dados.

Pode-se definir Sensoriamento Remoto como a ciência e arte de obter informação sobre um objeto, área ou fenômeno através da análise de dados adquiridos por um instrumento, que não entra em contato direto com o objeto, área ou fenômeno em investigação (LILLESAND & KEIFIR, 1995).

A aquisição de dados em Sensoriamento Remoto está diretamente relacionada com o tipo de plataforma usada e sua trajetória. As plataformas podem ser aéreas ou espaciais (Figura 01) e a escolha das mesmas deve considerar fatores de custo, dimensão da área de estudo, escala do trabalho, tipo de sensor, tipo de cobertura, etc.

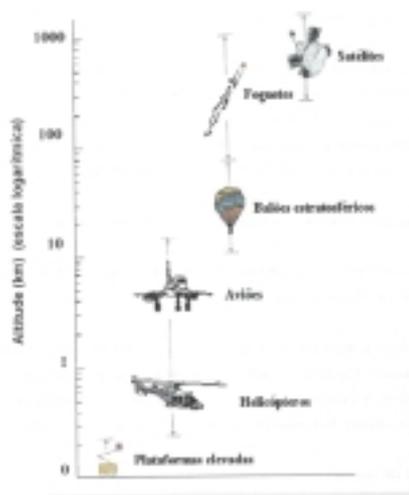


Figura 01 – Plataformas usadas em Sensoriamento Remoto (adaptado de BARBOSA, 2001)

Os produtos obtidos em Sensoriamento Remoto podem se apresentar em diversos formatos e mídias (arquivos digitais de imagens, fotografias, fitas magnéticas, etc.). As imagens obtidas pelos sensores, por sua vez, podem ser *diretas* (quando a um ponto da cena associa-se um ponto na imagem. Ex: imagens obtidas por máquinas fotográficas convencionais) ou *indiretas* (quando submetidas a algum tipo de processamento são transformadas em imagens diretas. Ex: imagens do TM/LANDSAT) e podem ser definidas por parâmetros como *resolução*, *contraste*, *brilho*, etc.

A radiação eletromagnética (REM) ao se propagar pelo espaço pode interagir com superfícies e objetos, sendo por estes refletida, absorvida e mesmo reemitida (BARBOSA, 2001). Os objetos ou fenômenos que possuem capacidade de interagir com a energia eletromagnética são denominados de *alvos* e podem ser definidos por seus comportamentos espectrais característicos, por exemplo a água, o solo, a vegetação, as nuvens, etc. A tabela 01 apresenta as interações destes alvos em cada banda eletromagnética do satélite LANDSAT.

Tabela 01 – Principais Características do satélite LANDSAT (Adaptado de Engcart, 2001)

Banda	Intervalo Espectral ( $\mu\text{m}$ )	Principais características e aplicações das bandas TM do satélite LANDSAT-5
1	(0,45-0,52)	Apresenta grande penetração em corpos de água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares (Carotenóides). Apresenta sensibilidade a plumas de fumaça oriunda de queimadas ou atividade industrial. Pode apresentar atenuação pela atmosfera.
2	(0,52-0,60)	Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos de água.
3	(0,63-0,69)	Vegetação verde densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com verde (ex.: solo exposto, estradas e áreas urbanas). Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (ex.: campo, cerrado e floresta). Permitindo análise da vanação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal. Permitindo o mapeamento da drenagem através da visualização da mata galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal. É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos. Permite a identificação de áreas agrícolas.
4	(0,79-0,90)	Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede drenagem e delineamento de corpos de água. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas (dossel florestal). Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Serve para análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais. Serve para separar e mapear áreas ocupadas com <i>pinus</i> e <i>eucalipto</i> Serve para mapear áreas ocupadas com vegetação que foram queimadas. Permite a visualização de áreas ocupadas com macrófitas (ex. aguapé). Permite a identificação de áreas agrícolas.
5	(1,55-1,75)	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico. Esta banda sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes de obtenção da cena pelo satélite.

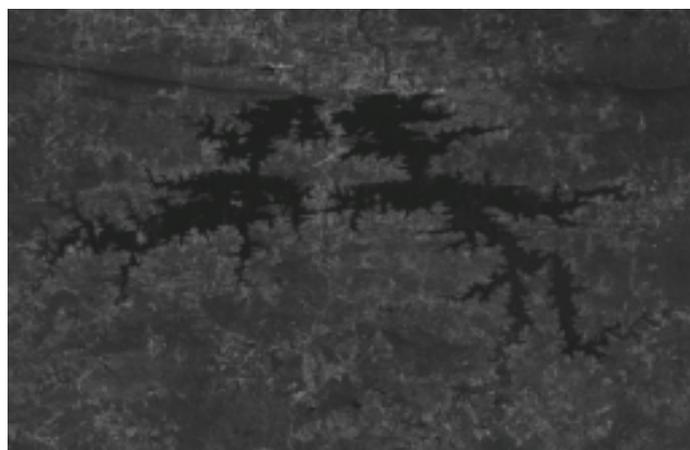
6	(10,4-12,5)	Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.
7	(2,08-2,35)	Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, solos e Geologia. Esta banda serve para identificar minerais com íons hidroxilas. Potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidroterma.

O sensor TM do satélite LANDSAT possui sete bandas, com numeração de 1 a 7, sendo que cada banda representa uma faixa do espectro eletromagnético captada pelo satélite. O satélite LANDSAT apresenta a característica de repetitividade, isto é, observa a mesma área a cada 16 dias. Uma imagem inteira do satélite representa no solo uma área de abrangência de 185 x 185 km. Para o quadrante – um quarto da imagem – a abrangência é de 92 x 92 km. Características orbitais do satélite: *altitude* = 705 km, *velocidade* = 7,7 km/seg, *peso* = 2 toneladas e *tempo de obtenção de uma cena* = 24 seg.

A resolução geométrica das imagens nas bandas 1,2,3,4,5 e 7 é de 30 m (isto é, cada “pixel” da imagem representa uma área no terreno de 0,09 ha). Para a banda 6, a resolução é de 120 m (cada “pixel” representa 1,4 ha).

O mapeamento temático a partir de cada uma dessas bandas depende ainda das características da área em estudo (regiões planas ou acidentadas); época do ano (inverno ou verão); ou de variações regionais (Nordeste, Sudeste, Sul, Amazônia, Pantanal). Os trabalhos de interpretação das imagens tornam-se mais fáceis quando o fotointérprete tem conhecimento do campo.

Para uma atualização da hidrografia neste trabalho, foi analisado o comportamento espectral do alvo *água* em imagens dos satélites LANDSAT 5 e 7. A principal característica eletromagnética da água é a alta absorção da energia do infravermelho próximo e médio (bandas 4, 5 e 7), por isso, é mais fácil a identificação de corpos hídricos nas imagens da região do infravermelho do que nas imagens da região do visível (Figura 02).



A imagem TM/Landsat-5 - Banda 3 (imagem da região do visível – vermelho)



A imagem TM/Landsat-5 – banda 5 (imagem da região infravermelho médio)

Figura 02 - Complexo Coremas/Mãe D`água. Satélite Landsat (data de passagem: 15/08/2000)

## 2.2. Processamento Digital de Imagens

As informações captadas pelos sensores demandarão um processo de análise e fotointerpretação que pode ser auxiliado pelo tratamento digital de imagens. Dessa forma, o computador armazena a imagem pixel por pixel, que após um processamento pode-se obter (BARBOSA, 1998):

- a) Uma imagem preparada para a fotointerpretação visual;
- b) Uma extração automática de informações de imagens multiespectrais;
- c) Um reconhecimento automático de padrões;

Este trabalho fez uso do processamento digital de imagens para obtenção de uma imagem preparada para a fotointerpretação (item a) mas a continuidade deste trabalho pretende obter produtos como os citados nos itens b e c.

Durante o tratamento de uma imagem digital, independente do sistema que está sendo usado, alguns passos são identificados (BARBOSA, 1998): *Exame e inspeção da imagem* (tem a finalidade de detectar possíveis defeitos da imagem, como os ruídos); *Opções de pré-processamento* (melhoram a visualização da imagem para o usuário através da manipulação das informações. Além disso as opções de pré-processamento também preparam a imagem para a fase de classificação de padrões); *Classificação de padrões* (consiste na identificação de elementos da imagem multiespectral, que podem ser agrupados em classes, com base nas suas características similares de reflectância); *Opções de pós-processamento* (melhoram a visualização das imagens classificadas, homogeneizando as cores das classes); *Avaliação dos Resultados e Decisão* (tem a finalidade de

avaliar o tratamento realizado e, permite tomar a decisão de finalizar ou reinicializar o processo, dependendo da qualidade dos resultados).

### 2.3. Geoprocessamento

A introdução de técnicas de geoprocessamento aplicadas à análise ambiental tornou-se um instrumento gerador de informações fundamentais de apoio à decisão e não mais meramente uma aplicação setorial restrita, como a produção de mapas temáticos.

Dentre as vantagens na sua utilização na gestão de recursos hídricos podemos citar (PEREZ, 1999):

- O formato digital da informação permite seu armazenamento físico compactado, reduzindo custos de manutenção e acelerando o acesso aos dados;
- Manutenção da Informação de forma estruturada (bancos de dados);
- Facilidade de atualização da informação: a rapidez e acessibilidade dos dados facilitam sua revisão e atualização, contribuindo para que o dado corresponda mais fielmente à realidade geográfica que representam;
- A análise da informação: o formato digital facilita o tratamento da informação georeferenciada mediante a aplicação de operadores matemáticos ou lógicos (álgebra de mapas);

Numa visão generalista podem ser apontadas três atividades metodológicas em aplicações ambientais de Geoprocessamento: *Mapeamento*, *regionalização (zoneamento)* e *modelagem*. Estas atividades são complementares e refletem fases de um processo de entendimento das diferentes inter-relações das informações geográficas. Define-se por *mapeamento* a atividade primária de produção de dados em Geoprocessamento. O resultado dos trabalhos de mapeamento são *mapas temáticos ou cadastrais*. Nesta atividade há uma forte ligação entre as disciplinas de Cartografia e Geoprocessamento pois a produção de novos mapas há de levar em conta os preceitos da cartografia no tocante à localização e às convenções cartográficas (CÂMARA, 1996).

Este trabalho diz respeito a esta fase de *mapeamento* através de procedimentos e técnicas que são apresentados a seguir.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Aquisição de Dados

Como base cartográfica foram utilizadas 36 cartas que cobrem todo o Estado da Paraíba, digitalizadas pela Diretoria de Serviço Geográfico no final da década de noventa com base em cartas impressas pela Sudene em 1974, em escala 1:100.000.

Quanto às imagens de satélite, foram utilizadas as bandas 3 (vermelho), 4 (infravermelho próximo) e 5 (infravermelho médio) dos sensores Thematic Mapper-TM, do satélite LANDSAT 5, e Enhanced Thematic Plus-ETM+, do satélite LANDSAT-7, adquiridas junto ao Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), das cenas 214/65, 215/64, 215/65, 215/66, 216/64, 216/65, todas com data de passagem compreendida entre os meses de maio e agosto de 2000 (Figura 03).

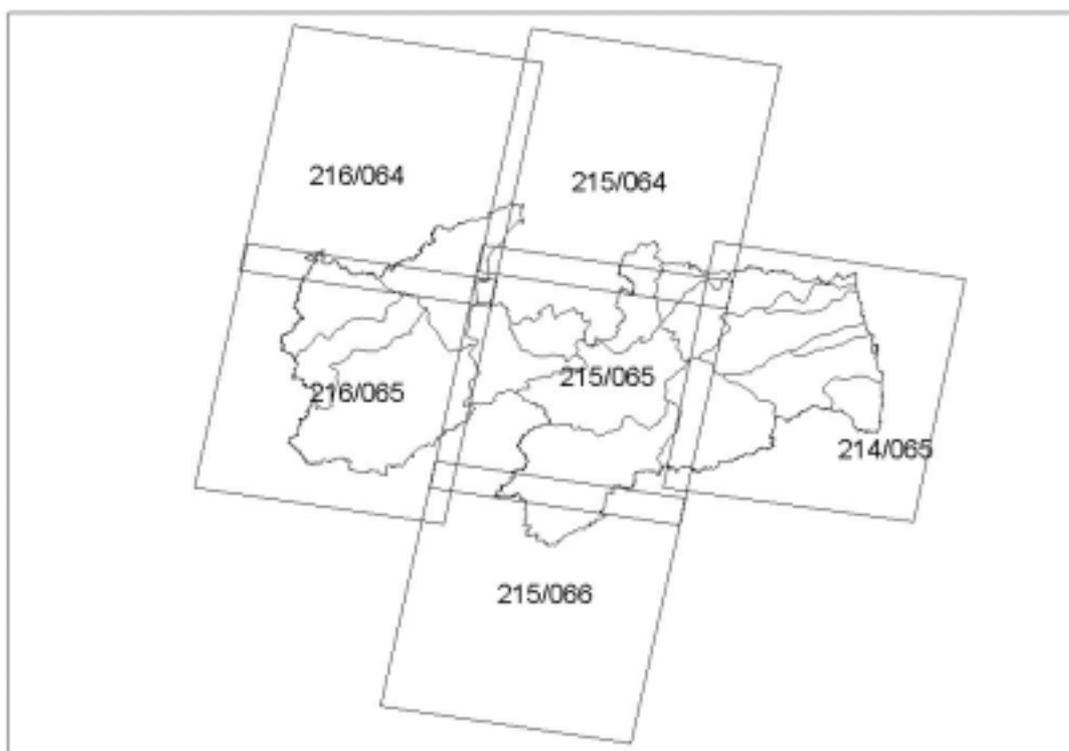


Figura 03 – Cenas do satélite LANDSAT (área de cobertura: Estado da Paraíba)

#### 3.2 Tratamento das Imagens

Este trabalho utilizou o realce como método de tratamento de imagem, o qual permite obter imagens coloridas produzidas pelo uso de valores de duas ou três bandas espectrais, como valores

das luzes vermelha, verde e azul, para cada pixel da imagem. Para que a imagem colorida seja útil, é necessário que a fotointerpretação visual possa ser a mais precisa possível, o que requer do fotointérprete o conhecimento das principais características das bandas espectrais, ou seja:

A banda 3, correspondente à faixa de 0,63 a 0,69  $\mu\text{m}$  de comprimento de onda (parte do vermelho), tem aplicação indicada na diferenciação de espécies vegetais e na classificação de cultivos (Elachi, 1987), fornecendo bom contraste entre solo desnudo e solo com vegetação. Nesta banda áreas de solo exposto apresentam-se geralmente claras e áreas cobertas por vegetação mostram-se escuras, pois grande parte dos solos reflete esta radiação (são vermelhos) ao passo que a vegetação a absorve para a realização da fotossíntese.

A banda 4, correspondente à faixa de 0,76 a 0,90  $\mu\text{m}$  de comprimento de onda (parte do infravermelho próximo), é indicada para o delineamento dos corpos d'água e análises de biomassa (Elachi, op cit.). A reflectância da cobertura vegetal é tanto maior nas imagens da banda 4 quanto maior for a biomassa. No caso de matas e árvores em geral as camadas de folhas sobrepostas geram o efeito de reflexão aditiva por serem as folhas parcialmente translúcidas à radiação da faixa do infravermelho próximo. Assim, a radiação transmitida por determinada camada de folhas é parcialmente refletida por aquelas situadas abaixo e adiciona-se à refletida pela mesma (Hoffer, 1988).

A banda 5, correspondente à faixa de 1,55 a 1,75  $\mu\text{m}$  de comprimento de onda (parte do infravermelho médio), é fortemente influenciada pelo conteúdo de água nas folhas (Hoffer, op cit.), sendo, por isto, indicada para o monitoramento das condições hídricas da vegetação. Por este motivo, é também muito útil na diferenciação de solos com e sem cobertura vegetal e na discriminação entre tipos de solos (Elachi, op cit.).

Então com o objetivo de combinar as três bandas, gerou-se uma composição colorida atribuindo as cores vermelho, verde e azul respectivamente às bandas 5, 4 e 3. O resultado foi uma quarta imagem, com características visuais semelhantes a uma fotografia colorida convencional.

Para melhorar a qualidade da composição colorida efetuou-se para cada banda um realce linear de contraste. Assim como, para diminuir o efeito de quebra entre as cenas, foi realizada uma equalização entre as imagens, principalmente na cena 214/65, cuja imagem foi composta por outras duas com datas de passagem distintas, com a finalidade de permitir a visualização de uma maior área desta cena sem cobertura de nuvens.

Para o processamento e tratamento destas imagens foi utilizado o SPRING, software desenvolvido pelo INPE e disponibilizado livremente na internet.

### 3.3. Digitalização e Edição de Topologias

Os arquivos das cartas da topográficas (SUDENE) encontram-se em formato DWG (AutoCAD), software que tem sido utilizado na SEMARH para fins de desenho e digitalização de mapas. Estas cartas foram editadas de forma que os objetos fossem agrupados em camadas (Layers). Os arquivos originais careciam de uma padronização de camadas para que a sua utilização se tornasse mais eficiente. Para esta padronização foram estabelecidas as seguintes camadas de informação: *Rios, Texto Rios, Açudes, Texto Açudes, Estradas Pavimentadas, Estradas não Pavimentadas, Sedes Municipais, Texto Municípios, Distritos, Texto Distritos, Curvas de Níveis, Grade, Pontos Cotados, Símbolos Rodovias e Texto Altimetria*. A importância desta fase de padronização está no fato de possibilitar a junção das cartas dispondo os objetos equivalentes nas mesmas camadas (ou seja: os açudes das diferentes cartas ficarão todos na mesma camada *açudes*).

Após esta fase de edição todos os arquivos foram revisados e geradas as topologias necessárias para a utilização da hidrografia (rios e açudes=linhas e polígonos). Para a criação da topologia e fechamento dos polígonos foi utilizado o AutocadMap 2000. Uma *Topologia* descreve como pontos linhas e polígonos interligados estão posicionados espacialmente entre eles. Estas informações formam a base para avançadas funções de GIS e análises espaciais, como, por exemplo, cálculo de áreas, de relações de adjacência, etc.

Dando continuidade ao trabalho os arquivos foram exportados para o formato *SHP* (shape file) para sua utilização no ARCVIEW 3.1 (ESRI) que tem sido o SIG utilizado pela SEMARH já há algum tempo. Esta exportação foi realizada por *feições*: arquivo de linhas (rios) e dos polígonos (açudes), para uma efetiva utilização em Geoprocessamento.

Utilizando recursos de desenho do ArcView foram digitalizados os espelhos d'água que não constavam na base da SUDENE, através de fointerpretação visual da composição colorida (RGB 543) citada no item anterior (Figura 04). A opção pela digitalização internamente ao SIG deve-se aos seguintes fatores:

- Capacidade de leitura das imagens georeferenciadas (formato geotif) evitando atividades de ajustes e registro das imagens.
- Criação automática de tabelas associadas aos desenhos durante a digitalização.

### 3.4. Geoprocessamento dos Dados

Utilizando o software ArcView foram adicionados outros planos de informação disponíveis na base de dados da SEMARH: Limites de Bacias, divisão municipal, etc. Algumas informações já

estão sendo associadas à hidrografia como: nome do corpo hídrico, comprimento e área. Outras informações deverão ser associadas na continuidade do trabalho as quais são armazenadas em um banco de dados nativo (interno) do SIG utilizado.

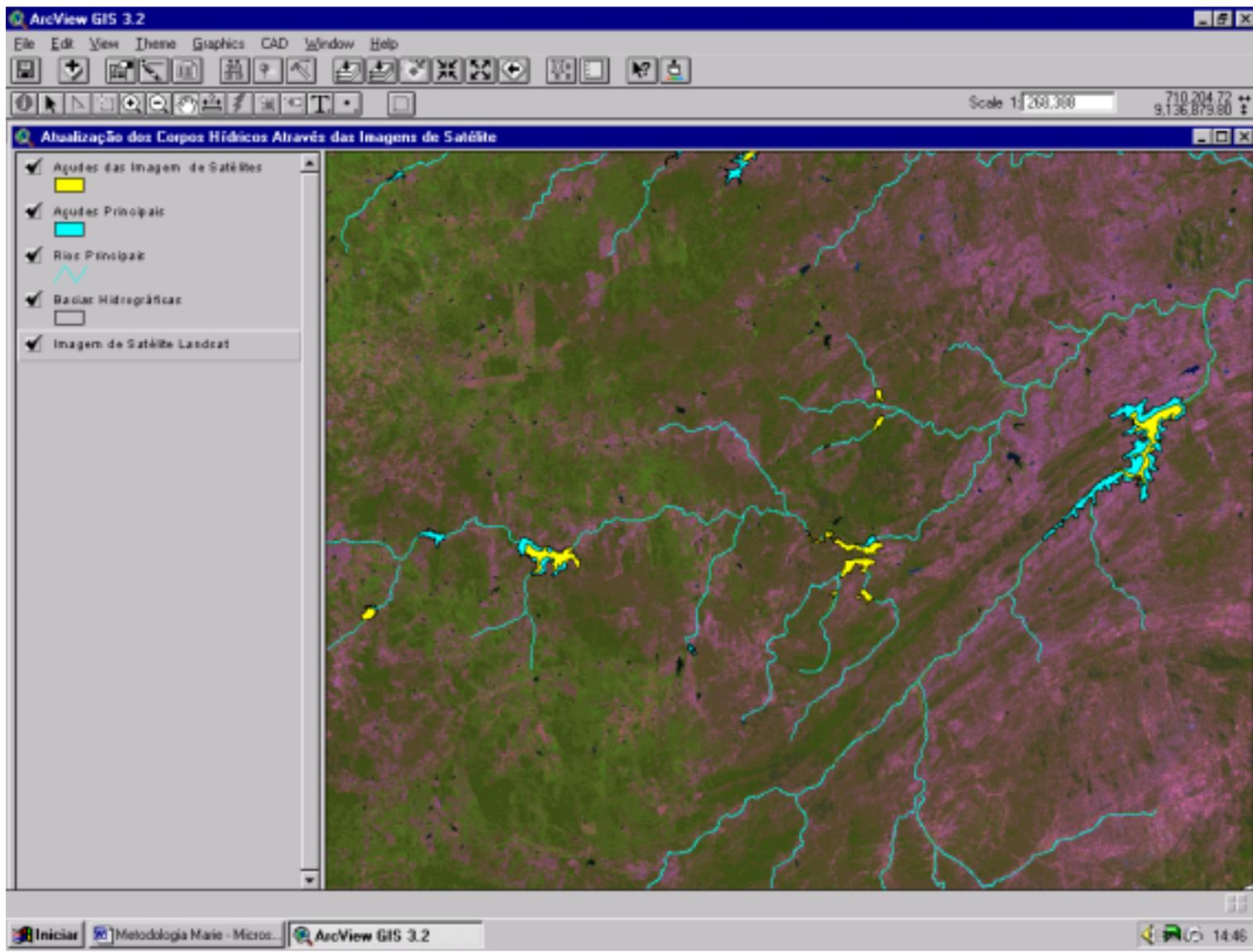


Figura 04 – Tela do Arcview (açudes digitalizados e açudes já existentes na base de dados da SUDENE)

#### 4. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Como o trabalho apresentado se encontra em execução, não permite apresentar conclusões, apenas apontar as possibilidades de utilização das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na atualização de uma base de dados de hidrografia.

Em uma segunda fase, este trabalho deverá utilizar os procedimentos de classificação automática para a extração mais rápida das informações nas imagens satélites.

Uma vez concluída a atualização dos corpos hídricos pretende-se alcançar como produtos futuros:

Implementação do banco de dados dos açudes e cadastro das informações relativas aos mesmos;

Avaliação do impacto da pequena açudagem na regularização dos reservatórios de grande porte, e;

Atualização dos mapas pedológico, de vegetal e do uso e ocupação do solo (que compreende também a atualização das manchas urbanas), de todo Estado da Paraíba, a partir da classificação automática realizada pelo SPRING.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, Marx Prestes. **Curso de Treinamento em Sensoriamento Remoto Aplicado ao Estudo e Manejo dos Recursos Naturais e Meio Ambiente**. Apostila 1. ATECEL, João Pessoa, 2001.
- BARBOSA, Marx Prestes. **Sensoriamento Remoto e Processamento Digital de Imagens**. Curso de Especialização – Módulo 6B. ABEAS, Campina Grande, 1998.
- CÂMARA, Gilberto e MEDEIROS, José Simeão. **Geoprocessamento para Projetos Ambientais**. INPE, São José dos Campos, 1996.
- ELACHI, C. **Introduction to the physics and techniques of remote sensing**. New York, John Wiley, 1987.
- ENGCART – Engenharia Cartográfica, Satélites. Site: <http://www.engcart.hpg.com.br/landsat.html>, disponível em 19/06/2001.
- HOFFER, R. M. **Biological and physical considerations in applying computer-aided analysis to remote sensor data**. In: SWAIN, P. H. & DAVIS, S. M. (ed) 1988. Remote sensing: the quantitative approach. New York, McGraw Hill, 1988.
- LILLESAND, T. M. E KEIFER, R. W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. John Wiley & Sons Inc. New York, 1995. 3ª edição, 1995.

PEREZ, Maurici Ruiz. **Aplicacion de los Sistemas de Información a la realización de estudios de Evaluación de Impacto Ambiental.** Medio Ambiente, Madrid, 1999.

SANCHO, José C. et. al. “La dinámica del paisaje: aplicaciones de un SIG raster al ejemplo de Arganda del Rey en las vegas de Madrid” . In: **CT Catastro** pg. 35. Madrid, 1993.