

**Estudo das Variações Espaciais e Temporais da Linha de Costa e da Formação de Bancos de Areia entre Pontal do Sul e Ilha da Galheta, Paranaguá-PR, por meio de Imagens Orbitais**

**MAURO RIBEIRO MARTINS<sup>1</sup>  
VICTOR JOSÉ PHILIPPI LUZ<sup>1,2</sup>  
CARLOS ROBERTO SOARES<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>LARS/SC-Laboratório Associado de Sensoriamento Remoto de Santa Catarina  
Rua: Tenente Silveira, 94, 5º andar  
88010-300 Florianópolis, SC, Brasil

<sup>2</sup>Secretaria de Estado do Planejamento e Fazenda do Estado de Santa Catarina

<sup>3</sup>Universidade Federal do Paraná - UFPR  
Departamento de Geologia  
Centro de Estudos do Mar - CEM

**Abstract** - This work aims to study, the Paranaguá Bay zone, more specifically its coastal contour line in what concerns its temporal and spacial changes. Due to the natural and continuous process of transportation and collection of sedimentary material in the bay, both by tide currents and the fluvial system drainage works have been often made in the route used by the ships along Galheta Channel. Angulo (1989) established the instability and stability areas of the region starting from the comparison of photographs taken in different dates. A sand body, about 1,5 km, near Galheta Island has been observed in the last years. By means tree dates (may-1985, may-1991 and july-1991) great alteration have been checked in the local coastal morphology. Through digital treatment of adequate images, of such passages, rising bodies have been measured, and their tendency to migrate has been evaluated.

## Introdução

Atualmente, devido à escassez de sobrevôos aerofotogramétricos no Brasil, em geral, novas formas de se estudar e entender a paisagem têm sido buscadas. Sem dúvida a ferramenta mais utilizada para contornar este problema, tem sido o uso de Sensoriamento Remoto através de Imagens de Satélite. Apesar de se tratar de um outro produto, de natureza distinta, não sendo substituto nem substituível pelas fotografias aéreas, muitos trabalhos têm sido feitos na área de interpretação visual de imagens orbitais (SOARES et al. 1978; VENEZIANI & ANJOS, 1982) muitas vezes utilizando métodos semelhantes aos adotados com o Sensoriamento Remoto de baixa altitude (SOARES E FIORI, 1976)

No campo do Tratamento Digital de Imagens e Geoprocessamento, o desenvolvimento tem andado a passos largos, tanto nas áreas de aplicação, como na questão tecnológica (SOUZA et al. 1990; ALVES & PAIVA, 1990; ALVES, 1990; KUX, 1991).

Diante deste quadro, este trabalho vem procurar adequar e aplicar o uso de Sensoriamento Remoto e Processamento Digital, ao estudo das mudanças na paisagem ao longo do tempo na porção centro-norte do litoral do Estado do Paraná. Uma alternativa de avaliar e compreender através das imagens de satélite, os processos erosionais e deposicionais atuantes na área estudada.

Para isto foram utilizadas imagens de diferentes épocas, e comparadas às feições litorâneas encontradas. Foi selecionado uma pequena área de aproximadamente 20km<sup>2</sup>, com o objetivo de monitorar e evolução do Banco da Galheta, feição marcante observada que passou por intensas modificações nestes últimos anos.

### O banco de areia

O Banco da Galheta como é chamado devido à ilha homônima situado a poucas centenas de metros a leste deste (fig 1), localiza-se na entrada sul da Baía de Paranaguá, no espaço compreendido entre Pontal do Sul e Ilha da Galheta (coordenadas 25° 34' 00" e 25° 36' 00" de latitude sul e 48° 19' 00" e 48° 22' 00" de longitude oeste). Nas Cartas Náuticas publicadas pela D.H.N. - Diretoria de Hidrografia e Navegação/Ministério da Marinha, esta região é assinalada como de pouca profundidade (sem referência às cotas batimétricas), sendo desconsiderada para a navegação de embarcações de maior calado. O canal de acesso ao Porto de Paranaguá contorna o banco pelo setor norte, fato que condiciona de forma peculiar a sua localização e as suas relações de origem com a dinâmica local.

A Baía de Paranaguá constitui um grande corpo aquoso, cujo contato com o oceano aberto se efetua através de dois canais: O Canal da Galheta e o Canal Norte. Toda a região da desembocadura é caracterizada

pela presença de bancos arenosos associados a um delta de maré vazante (Angulo, 1992), que ora permanecem submersos ou ora emergem dependendo da época do ano e do nível de maré. Nos levantamentos aerofotogramétricos efetuados até agora, tornam-se evidentes as modificações da costa nesta região. Em 1953, apesar das fotografias serem de baixa qualidade, nenhum banco arenoso foi verificado. Nas fotos de 1980 várias formas de fundo podem ser observadas, cuja dinâmica foi fotointerpretada por Angulo (1992). Esta última configuração foi totalmente modificada nos últimos anos, muito embora os bancos submersos continuem existindo e permanentemente modificando as suas configurações e posições. Soma-se a este fato uma progradação da linha de costa gerada pela intensa deposição na região de Pontal do Sul como resultado do transporte de sedimentos para o norte ao longo da planície de praia de Leste. Ao encontrar a desembocadura da baía de Paranaguá, onde o canal da Galheta age como uma barreira hidráulica, grande parte dos sedimentos são ali depositados. A origem dos vários corpos sub-aquosos é devida à complexa dinâmica nesta área, prevalecendo concomitantemente processos envolvendo ondas e marés, como por exemplo as correntes de deriva litorânea e correntes de maré respectivamente.

#### **Materiais e Métodos**

Para este trabalho foram utilizadas três imagens

orbitais do satélite LANDSAT/TM 5, em fita magnética CCT obtidas nas datas de 22/05/85, 23/05/91 e 10/07/91, respectivamente, com as bandas 1, 2 e 3, correspondendo à faixa do espectro visível. O sistema de tratamento de imagem, bem como, o sistema de informações geográficas utilizados foram o **SITIM-150** e o **SGI** desenvolvidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE.

Inicialmente, foi selecionado dentro do quadrante N da cena 220/78, uma área de 150 linhas por 150 colunas, correspondendo à desembocadura da baía de Paranaguá, nas três passagens mencionadas. Em seguida a imagem passou por uma eliminação de ruídos sendo removidos alguns atributos de pixels com valores extremos decorrentes das etapas de aquisição e geração das imagens. Foram utilizados valores de limiar superior e inferior respectivamente 8 e 25 (valores "default").

Através de pontos bem conhecidos no terreno, facilmente identificáveis e fixos ao longo do tempo nas três datas, foi feito o casamento das passagens das diferentes datas, através do registro destas imagens segundo um mesmo número de linhas e colunas, bem como, diminuição máxima possível das pequenas distorções geométricas entre as passagens. Foram adquiridos 30 pontos de controle comuns às três datas, proporcionando um erro médio de 0.675, bem como um erro na direção horizontal de 0.499 e na direção vertical de 0.455.

A partir daí, obteve-se 9

bandas (3 bandas de cada data, correspondendo às faixas do azul, verde e vermelho do espectro "visível") numa única imagem

Através de consultas às tábuas de maré de 1985 e 1991, constatou-se que no momento da varredura pelo satélite, o nível da maré encontrava-se na data de 22/05/1985 na vazante, em 23/05/1991 na maré enchente e em 10/07/1991 na maré vazante (em torno das 10:00 horas, período aproximado da passagem do satélite).

#### **O tratamento digital**

As opções de tratamento digital realizadas foram, Remoção do Efeito da Atmosfera na resposta espectral dos alvos imageados e Realce por Ampliação por Contraste. Esta etapa teve por objetivo, a melhoria da qualidade das imagens tanto para fins de interpretação visual na tela do computador pelo Sistema de Tratamento de Imagem, bem como individualizar as diferenças espectrais dos objetos sensoriados para fins de classificação automática. Em ambientes costeiros ao contrário de outros estudados através de Sensoriamento Remoto, não oferecem grandes alternativas para escolha da faixa espectral de trabalho. Na grande maioria dos estudos feitos, devido ao corpo aquoso assumir vital importância para estes trabalhos, adota-se o uso de bandas espectrais contidas na faixa do espectro visível e/ou infravermelho próximo (KIRK, 1983). A correção do efeito da atmosfera, foi

feita com base em PINTO (1991) e SCHOWENGERDT (1983), onde foram avaliados os níveis de cinza de alvos negros, como sombras, adotando-se o método dos histogramas mínimos. Através de operações aritméticas, foi removido uma constante definida pela leitura do nível de cinza dos corpos negros. Como resultado esperado, a imagem ficou visualmente escurecida. Em seguida para melhor individualizar os alvos de interesse a imagem passou por um realce por ampliação linear de contraste. Basicamente, este procedimento realiza uma transformação radiométrica pixel a pixel através de uma expansão do range do nível de cinza para melhor utilizar os 256 níveis disponíveis. Assim, a ampliação adotada conferiu aos maiores índices de nível de cinza que apresentavam uma frequência significativa (igual ou maior que 0,1 % do total aproximadamente) o valor 180 para a sua resposta espectral em termos de nível de cinza. Devido ao interesse em se preservar a exatidão da linha de costa, não foi usado nenhum tipo de tratamento na imagem que envolvesse filtragens, tanto para amenizar altas frequências com também para as baixas frequências.

#### **A geração da imagem temática**

A partir da imagem tratada, elaborou-se uma classificação automática utilizando o Classificador de Máxima Verossimilhança (MAXVER), disponível no

SITIM. O algoritmo de classificação se baseia no critério da máxima similaridade entre pontos de classes selecionadas interativamente pelo usuário.

Na seleção de áreas de treinamento, foram definidas 9 classes homogêneas representativas da área imageada, como mostra a tabela 1, 2 e 3. Para a aquisição das assinaturas espectrais representativas de cada classe, foram selecionadas as três bandas de cada data separadamente. Assim, o processo de classificação foi feito três vezes, respectivamente para cada passagem do satélite, porém buscando manter o mesmo número de classes e tentando-se definir as áreas de treinamento semelhantes para cada classificação. As matrizes de classificação (tabelas 1, 2 e 3) mostram as porcentagens de acerto e confusão entre as classes nas diferentes datas, bem como uma avaliação dos pontos não classificados.

As três bandas temáticas classificadas foram transferidas para o Sistema de Informações Geográficas SGI/INPE com vistas a permitir fazer algumas medições como distância de deslocamento do corpo arenoso, área de superfície emersa, direção de migração entre outros. Também foi produzido uma saída cartográfica a partir da uniformização dos temas definidos (foram utilizados valores "default" para definir o limiar e o peso, respectivamente 2 e 5) e poligonalização destas imagens temáticas (transformação de informações

raster em vetoriais),

## O Trabalho de campo

Em 1/2/91 foi realizado uma campanha de campo na área emersa do Banco da Galheta, envolvendo levantamento de 7 perfis topográficos altimétricos. Foram feitas medidas de perímetro, área, declividades e dimensões levando-se em conta somente a sua porção emersa. Também foram feitas observações de nível de maré no dia do trabalho que se mostrava no momento do levantamento dos perfis enchente..

Duas estacas de ferro com base de concreto foram colocadas no local, utilizadas como níveis de referência.

Também nesta etapa de campo, foram feitas amostragens sedimentológicas ao longo dos perfis gerados. Seus resultados e análises estatísticas farão parte de futuras publicações.

## Resultados e conclusões

Comparando a interpretação, com as imagens classificadas e os estudos feitos por Angulo (1992), constata-se a boa separação feita pelo classificador "MAXVER" entre os alvos. Na classificação feita, definiu-se três classes batimétricas: profundidade baixa com até 1,5m, profundidade média de 1,5 a 3m, e profundidade alta acima de 3m. Nas datas mais recentes, pode-se identificar uma porção de areia seca na faixa central do Banco da Galheta, tanto na maré alta como baixa (fig. 3 e 4). Ao longo dos anos o banco tomou uma forma alongada na direção

N-S influenciados tanto pelas correntes de deriva litorânea, como as descargas de maré vazante provenientes do Canal da Galheta, "porta de entrada" da Baía de Paranaguá. As imagens mostram que em 1985, o banco de areia além de estar submerso, não continha um corpo único, mas sim duas porções separadas por um pequeno canal de lâmina de água mais pronunciada. Nas passagens de 1991, este mostra-se individualizado (figura 3 e 4).

As feições observadas na entrada sul da baía de Paranaguá, são caracterizadas por delta de maré e popularmente são definidas como baixios (ANGULO op cit.). Esses baixios estendem-se em direção ao oceano a partir da ponta sul da ilha do Mel e Pontal do Sul. Segundo este mesmo autor, o complexo de barras situados entre a ilha da Galheta e Pontal do Sul constituem as barras marginais do canal principal e as localizadas mais ao sul podem caracterizar-se como barras de espraiamento. Como pode-se observar nas **fig 2, 3 e 4**, as barras (baixios) apresentam-se mais desenvolvidas no setor sul do canal. Este acúmulo de sedimento esta relacionado com o aporte de sedimentos trazidos pela corrente de deriva litorânea que fluem do sul para norte e que são trapeados pelo canal principal.

#### Referências bibliográficas

- ALVES, D. S.; PAIVA, J. A. C.. Sistema de Informações geográficas para gerenciamento costeiro. Simpósio de Geoprocessamento. USP. 290-295 São Paulo. 1990
- ANGULO, Rodolfo José. Geologia da Planície Costeira do Estado do Paraná. **Tese de Doutorado.** (Instituto de Geociências - USP), São Paulo, 334p. 1992.
- JENSEN, John R.. Introductory Digital image Processing - A Remote Sensing Perspective. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 379p. 1986.
- KIRK, J. T. D.. Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems. Cambridge University, 1983.
- KUX, H. J. H.. SIG - Sistemas de Informações Geográficas: Estado da Arte e Perspectivas futuras. INPE-5358-NTC/301. São José dos Campos SP. 26p. 1991.
- SCHOWENGERDT, R. A. - Techniques for image processing and classification in remote sensing. London, Academic, 1983. 249p.
- SOUZA, R. C. M.; CARMARA NETO, G.; ALVES, D. S.. O desenvolvimento de sistemas de informação geográfica e de processamento digital de imagens no INPE. Simpósio de Geoprocessamento. USP. 168-173p. São Paulo. 1990.
- SOARES, Carlos Roberto. Natureza dos Sedimentos da Superfície de Fundo das Baías das Laranjeiras e de

- Guaraqueçaba - Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá - PR. Brasil. **Dissertação de Mestrado.** (Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP) Rio Claro, 137p. 1990.
- SOARES, P. C.; FIORI, A. P.; MATTOS, J. T. - A lógica de implementação de fotografias aéreas convencionais aplicada a imagens de satélite. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1, São José dos Campos SP. CNPq/ INPE v.1-616-618.
- SOARES, P. C.; FIORI, A. P. - Lógica e Interpretação de fotografias aéreas em geologia. Notícia Geomorfológica, 16(32):71-104.
- PINTO, S. A. F.. Sensoriamento Remoto e Interação de Dados Aplicados no Estudo da Erosão dos Solos: Contribuição metodológica. **Tese de Doutorado.** (Instituto de Geociências - USP), São Paulo, 134p. 1991 - 5311-TEE/09
- VENEZIANI, P.; ANJOS, C. E. - Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia. São José dos Campos. INPE, 1982. 61p. (**INPE-227-MD/014**).

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

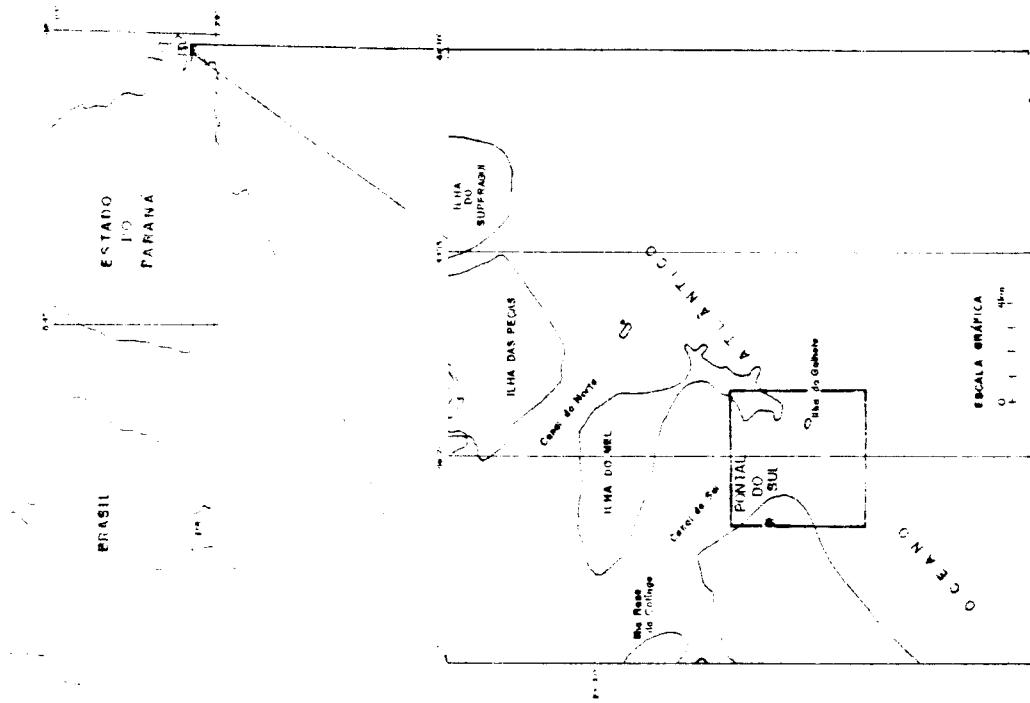


FIGURA 1 : Área de estudo

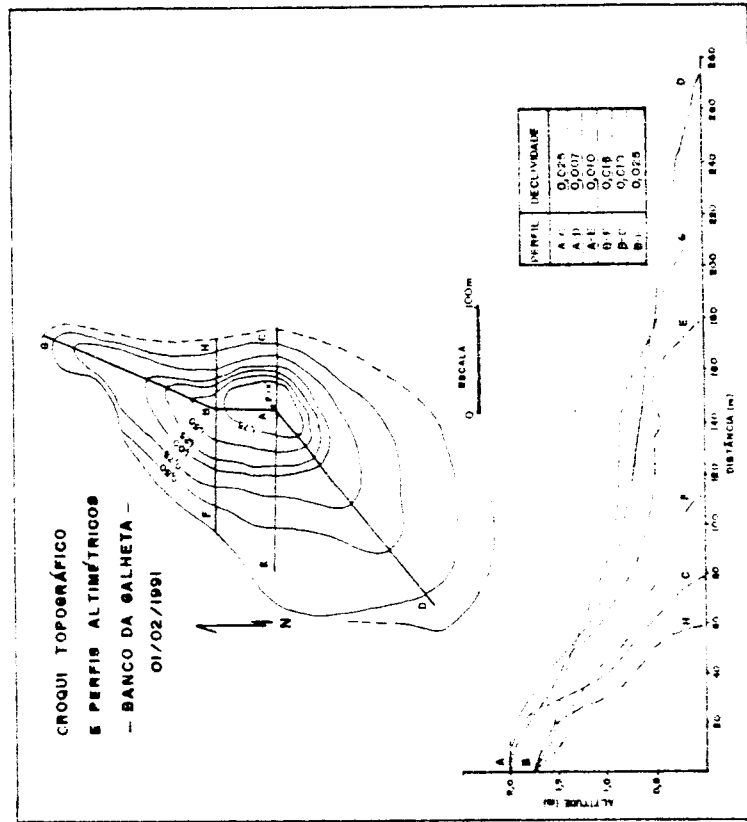
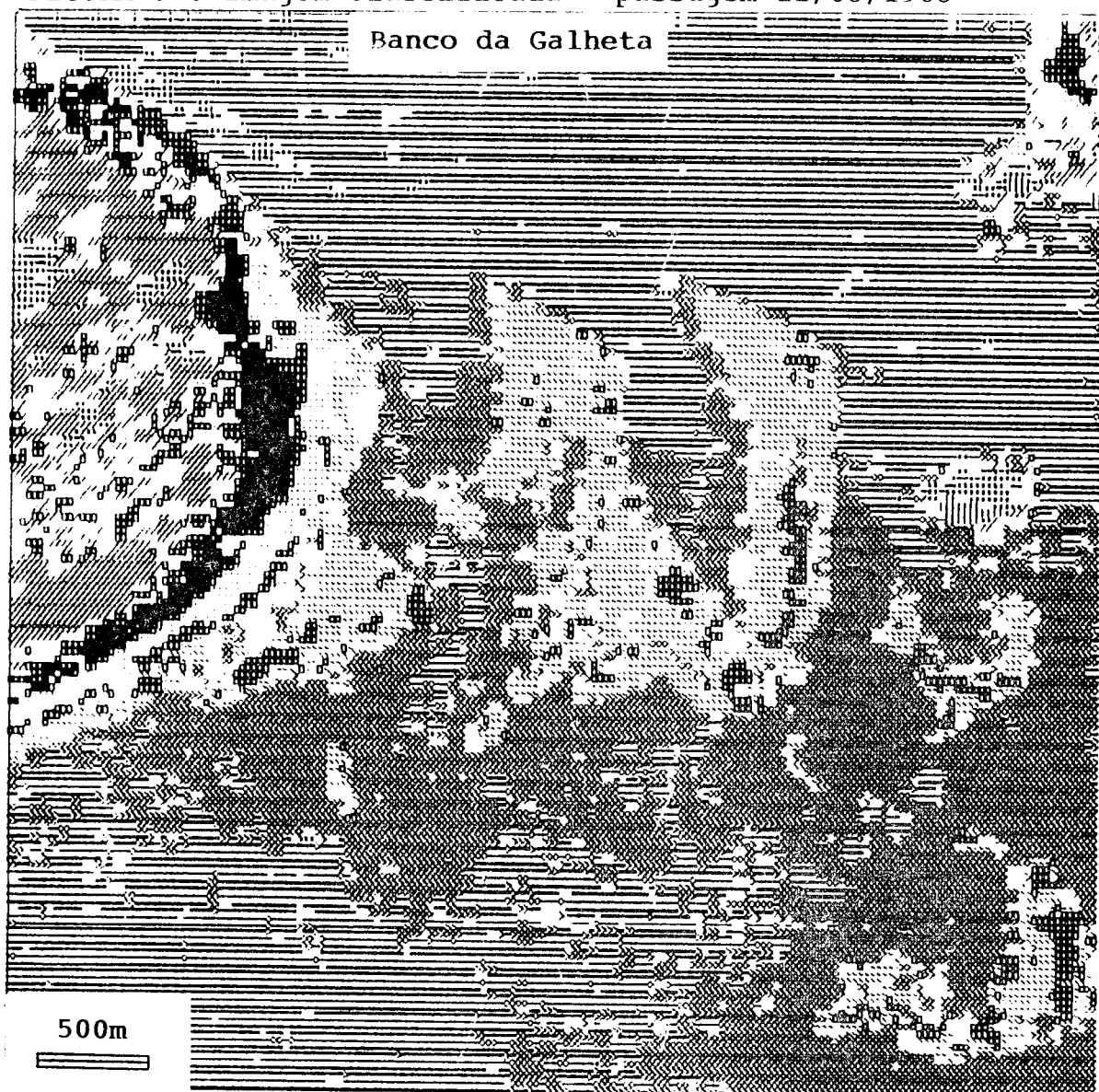


FIGURA 2 : Levantamento de campo



FIGURA 3 : Imagem classificada - passagem 22/05/1985



LEGENDA











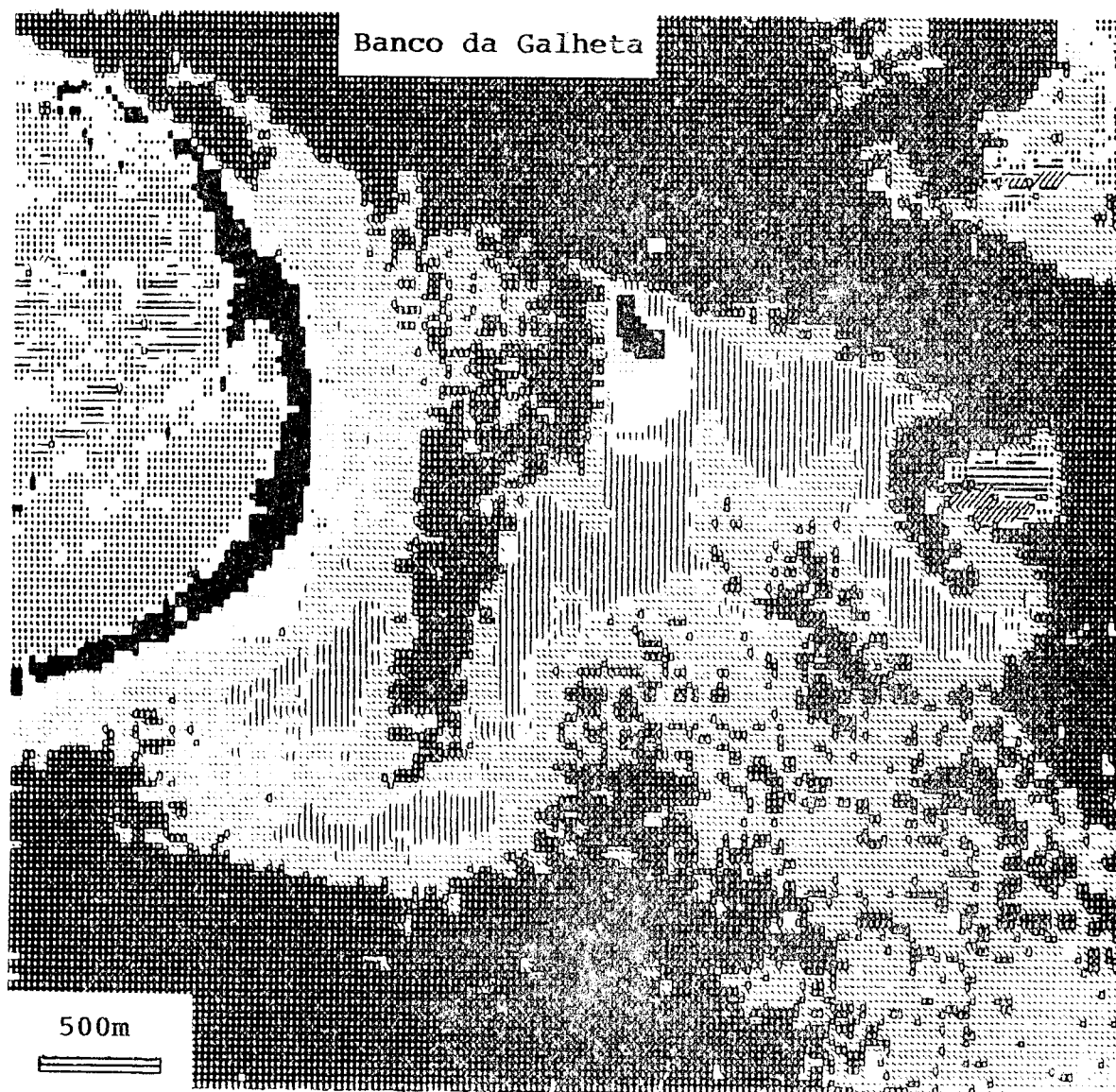
	Área urbanizada		Espuma
	Vegetação		Profundidade baixa
	Sombra		Profundidade média
	Areia seca		Profundidade alta
	Areia úmida		Área não classificada

FIGURA 4 : Imagem classificada - passagem 23/05/1991



LEGENDA










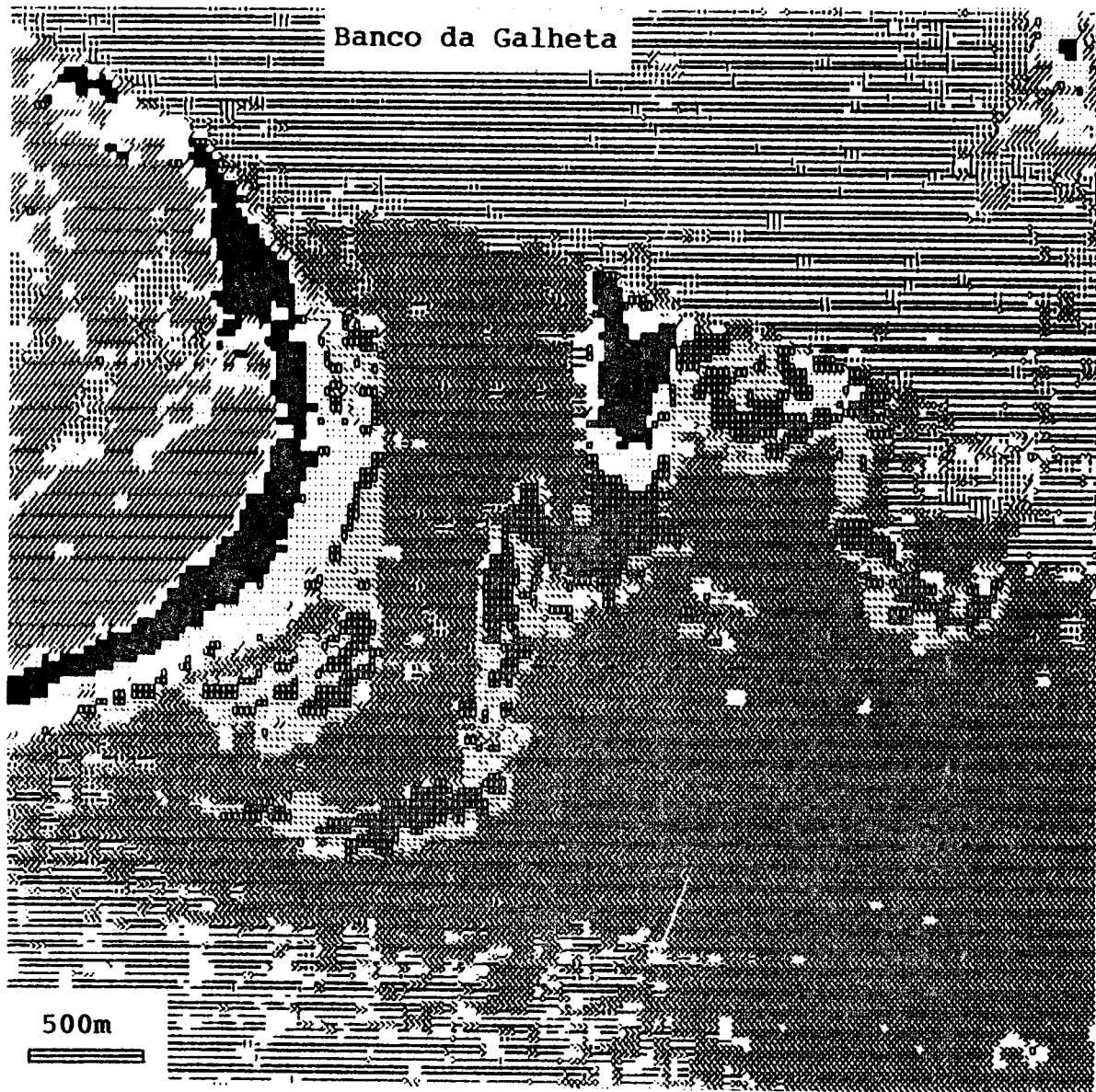










- |   |                 |   |                       |
|---|-----------------|---|-----------------------|
|  | Área urbanizada |  | Profundidade baixa    |
|  | Vegetação       |  | Profundidade média    |
|  | Sombra          |  | Profundidade alta     |
|  | Areia seca      |  | Área não classificada |
|  | Areia úmida     |   |                       |

FIGURA 5 : Imagem classificada - passagem 10/07/1991



LEGENDA

	Área urbanizada		Espuma
	Vegetação		Profundidade baixa
	Sombra		Profundidade média
	Areia sêca		Profundidade alta
	Areia úmida		Área não classificada