

# ATUALIZAÇÃO DE CARTAS NÁUTICAS UTILIZANDO DADOS TM/LANDSAT

Wagner Santos de Almeida  
Capitão de Corveta

## Resumo

A partir de uma imagem TM/LANDSAT, em formato CCT, com correção geométrica, na projeção UTM, foi gerada uma restituição para atualizar o contorno das partes emersas de um trecho da carta náutica DHN-4107A, correspondente a um trecho do SITIM-150/INPE, um módulo da imagem foi selecionado, registrado com uma base cartográfica UTM, utilizando pontos de controle, pontos estes obtidos por intermédio da poligonal geodésica no campo e de mapas topográficos: foi calculada a precisão do melhor registro por meio do erro médio quadrático. Em seguida, a imagem registrada, geocodificada, foi submetida a um pré-processamento, com filtragem "mediana", e daí, tematizada em duas classes (água e terra) utilizando o Programa "Fatiamento de Níveis de Cinza". Esta imagem temática foi submetida a uma filtragem de uniformização de temas para homogeneização e eliminação de ruídos. Após isto, a imagem temática, geocodificada, foi introduzida, no ambiente do Sistema de informações Geográficas (SIG), e submetida à uma conversão "raster-vector", a partir da fronteira entre as classes, gerando uma restituição que foi plotada pela mesa traçadora do sistema. Com a finalidade de representar pequenas feições, não detectadas na classificação, a restituição foi colocada, juntamente com a imagem TM original e uma outra imagem TM do mesmo local, mas de período de cheia do rio Solimões, no equipamento ótico de ajustagem de escala, o PROCOM do INPE, onde, sobre a restituição estas feições, foram traçadas. No final, obteve-se uma restituição com padrão de exatidão cartográfica classe A, que permitiu a atualização da carta náutica da região, na escala de 1:100.000.

## 1. Introdução

Dentre as diversas informações, contidas numa carta náutica, segundo os padrões internacionais estabelecidos, duas são de uma importância para o navegante: a batimetria, obtida, geralmente, empregando ecossondas, e o contorno das partes emersas, normalmente, obtido por meio de restituições fotogramétricas, a partir de fotografias aéreas.

Em se tratando de Amazônia, a obtenção de fotografias aéreas, para serem utilizadas nessas restituições, enfrenta o problema de cobertura de nuvens, intensa, na região, que pode impedir o recobrimento aéreo, durante o período máximo de vazante de seus rios. Os períodos de vazante são os mais adequados para o imageamento, pois é, nesses períodos, que os rios voltam ao seu leito normal, a drenagem torna-se bem definida, os

lagos de várzea passam a ocupar as depressões do terreno e são épocas ideais para obtenção de informações sobre a forma de um canal, com relação às suas ilhas, bancos de areia, margens etc.

Gradualmente, tem sido pesquisada a aplicação de produtos de sensores orbitais, particularmente, os dados TM/LANDSAT em formato digital, para atualização cartográfica (Araújo, 1987, Colvocoress, 1986; Welch et alii, 1984, 1985 e 1987 e Wrigley et alii 1984 e 1986).

No Instituto de Pesquisas Espaciais, são produzidas imagens CCT/TM/LANDSAT, com correção geométrica, na projeção cartográfica UTM, que segundo testes executados por Serra (1987); este produto apresentou um erro intrínseco, internamente, em torno de 45 metros, e um deslocamento, no posicionamento da imagem, em torno de 01 (um) km. Apesar destes valores serem relativamente elevados para uma atualização cartográfica, os mesmos podem ser atenuados utilizando pontos de controle.

Em se tratando de dados TM/LANDSAT, para atualização cartográfica de cartas náuticas fluviais, pelo menos, três atributos devem ser levados em consideração, a saber:

a) Resolução espacial: quanto melhor for essa resolução, ou seja, quanto menor for o elemento de resolução, no terreno, correspondente a um pixel da imagem digital, melhor será a capacidade de retificação da imagem. Welch (1987) conclui que as imagens TM/LANDSAT possuem excelente geometria interna, permitindo a atualização de mapas em escalas iguais ou menores que 1:100.000.

b) Resolução espectral: no caso de cartas náuticas, é importante a exata separação da interface água/terra, aí representada pelo contorno das partes emersas e pela batimetria em si. Numa imagem multi-espectral, a melhor banda, que delimita a fronteira dessa interface, é a do infravermelho próximo (740nm a 900nm); desse modo o canal 4 do TM é o mais indicado para estudar feições fluviais emersas.

c) Resolução temporal: Devido às características da órbita do satélite LANDSAT, um ponto imageado, no terreno, somente será imageado após 16 dias, e essa resolução temporal se torna um fator limitante, no imageamento de períodos de vazante, pois acrescido do problema de cobertura de imagens pode ser muito difícil a obtenção de imagens no mínimo da vazante de rios amazônicos.

## 2. Objetivos da Pesquisa

O objetivo é propor uma metodologia de Sensoramento Remoto que permita a atualização do contorno das partes emersas de cartas náuticas, com precisão cartográfica, no mínimo,

compatível com a planimetria de cartas topográficas, classe B, em termos de Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), nas escalas iguais ou menores que 1:100.000, de acordo com a classificação citada por Brito (1987).

### 3. Área de Estudo

A área de estudo, escolhida, é o trecho do rio Solimões (AM), que vai da costa oeste da ilha do Carneiro, até as proximidades a montante da ilha dos Mouras. Este trecho possui cerca de 25 km ao longo do rio, e está localizado nas proximidades da cidade de Manaus, entre as coordenadas de 059° 54' e 060° 01' de longitude Oeste e 03° 06' e 03° 20' de latitude Sul.

A área de estudo está representada na carta náutica 4107 da Diretoria de Hidrografia e navegação (DHN). A figura 1 é uma cópia de um trecho dessa carta náutica (sem os dados batimétricos), localizando a área de estudo, onde se pode observar a toponímia das ilhas fluviais, citadas durante este trabalho.

A escolha da área de estudo baseou-se no estudo realizado por Almeida (1989), onde se constatou o crescimento de parte da ilha dos Mouras, surgimento de bancos de areia e erosões nas margens desse trecho do rio, informações estas que justificam uma atualização cartográfica; e, também, a inclusão da área urbana de Manaus, o que facilitou a seleção dos pontos de controle utilizados no processo de retificação da imagem.

## 4. Materiais e Métodos

### 4.1 Materiais

#### 4.1.1 Material Cartográfico

O material cartográfico constou de:

- Carta náutica DHN-4107A, em sua segunda edição (30/06/79), que cobre a área em pauta, com escala verdadeira de 1:99 874, na latitude de 03° 20' 00" S, na projeção de Mercator; o contorno de suas partes emersas foi obtido por meio de imagens do projeto RADAM/1970 e este contorno tem sido verificado durante as comissões hidrográficas, utilizando; principalmente, os radares de bordo dos navios hidrográficos.
- Mapas topográficos DSG-MI-579/1 e DSG-579/2, ambos na projeção de GAUSS/UTM, datum horizontal SAD-69 e escala 1/50.000.

#### 4.1.2 Dados de Vazão

Foram utilizados os dados diários de vazão da estação fluviométrica de Manacapuru, distante cerca de 30 km rio acima da área de estudo. Nesta estação, não existe influência de qualquer tributário de grande porte, que possa mascarar as suas leituras. Isto acontece com as estações do DNAEE, em Manaus e Careiro, cujos dados podem sofrer influência da foz do rio Negro.

Os dados de vazão diária foram obtidos através do Instituto ORSTOM (França), e o período abrangido é de 1973 a 1987.

#### 4.1.3 Material Utilizado no Trabalho de Campo

De acordo com a tarefa de determinação de coordenadas geográficas dos pontos de controle, no campo, o seguinte material foi utilizado para esse fim:

- dois (02) teodolitos WILD-T2, com precisão da ordem de 0,05 segundo de arco;
- um (01) sistema eletrônico de medições de distância Telurômetro MRA-5, com precisão da ordem de 0,01 metro.

#### 4.1.4 Imagem TM/LANDSAT

Foi utilizado o canal 4 (banda do infravermelho próximo) da imagem CCT do TM/LANDSAT, órbita-ponto 231/62D, de 19/12/87, com correção geométrica, na projeção UTM, com Meridiano central de 063° W e datum horizontal SAD-69. Esta mesma imagem foi, também, utilizada em formato de transparência.

Foi, também, selecionada uma imagem de período de cheia, da mesma órbita-ponto e banda espectral da citada acima, com correção geométrica UTM, canal 4, de 14/9/87, em formato de transparência.

### 4.2 Metodologia

#### 4.2.1 Seleção da Imagem TM para Atualização Cartográfica

O critério para a seleção da imagem TM, de 19/12/1987, citada no item 4.1.4, utilizada para atualização cartográfica, foi o mesmo adotado por Almeida (1989), ou seja:

- Ocorrência de modificações acentuadas, no canal fluvial estudado, tais como: crescimento de ilhas, surgimento de bancos, erosão de margens etc.
- Imagem de período de vazante, na região, de acordo com os dados de vazão citados no item 4.1.2. Devido ao problema de cobertura de nuvens, não foi possível a escolha da imagem do mínimo da vazante, que, segundo Soares (1977), ocorre geralmente, no mês de outubro.

#### 4.2.2 Determinação das Coordenadas dos Pontos de Controle no Campo

Utilizando a imagem TM de 19/12/87, foi selecionado o módulo de trabalho, na escala de 1:115 000, abrangendo a área urbana de Manaus. Essa seleção do módulo de trabalho foi executada utilizando o programa "Display de Imagens", do sistema de tratamento de imagens SITIM-150, do Instituto de Pesquisas Espaciais.

Na tela do monitor do SITIM-150, foram selecionados os pontos de controle que foram utilizados no processo de retificação da imagem. Nesta seleção de pontos de controle, houve certa dificuldade em localizar pontos de características perenes, como cruzamento de estradas, por exemplo, dificuldade esta que é comum em toda a região amazônica: essa dificuldade é ampliada devido ao acesso físico a esses pontos, que, no caso da pesquisa, foi necessário o emprego de embarcações, helicópteros, e viaturas terrestres.

A poligonal geodésica, que foi utilizada para determinação das coordenadas dos pontos de controle, foi referida ao datum horizontal SAD-69, obedecendo a precisão de poligonal de terceira ordem, preconizada no Manual de instruções Permanentes H-8, H-9, H-10, H-17 e H-28 do BRASIL, M M, DHN 1981 a, b, c, d, e, e utilizaram-se os equipamentos citados no item 4.1.3.

A tabela 1 fornece os valores das coordenadas geográficas e UTM, para o "datum" horizontal SAD-69, dos quatro pontos de controle obtidos no campo.

#### 4.2.3 Registro da Imagem TM, com a Base Cartográfica UTM

Esta tarefa foi realizada no SITIM-150 (INPE), utilizando o Programa Registro de imagens, cujos princípios de funcionamento podem ser encontrados em Richards (1986).

A imagem escolhida foi registrada utilizando, tanto os pontos extraídos dos mapas topográficos (item 4.1b), inseridos via

mesa digitalizadora, como os obtidos no campo; inseridos via teclado do material, isto para verificar, posteriormente, a exatidão de ambos os métodos utilizados.

Como o número de pontos de controle foi inferior a seis, foi estabelecido o grau igual a um, para os polinômios de mapeamento, e, na criação da imagem de saída, foi selecionado o método de convolução cúbica, para interpolação dos níveis de cinza (Richards, 1986), por apresentar o melhor aspecto visual da imagem registrada.

Em seguida, foi calculado o erro médio quadrático (RMS) total do registro, tanto com os pontos de controle do mapa, como os do campo. Nesse cálculo do RMS, diversas distorções são consideradas, tais como: resolução espacial do sensor, deslocamento devido ao relevo etc.

Sobre a imagem registrada, com o menor valor de erro médio quadrático, foi digitalizada uma feição perene, existente no mapa topográfico DSG-MS-578/1, o cais Roadway, do porto de Manaus, com a finalidade de se verificar se, após o registro, o erro inerente da imagem TM/LANDSAT, com correção geométrica, em termos de posicionamento e geometria interna, foi atenuado.

No final dessa fase, obtém-se uma imagem registrada, geocodificada (orientada para o norte da quadrícula UTM), com a eliminação do seu problema de posicionamento, estaria pronta para ser utilizada, na geração de uma restituição.

#### 4.2.4 Pré-Processamento da Imagem Registrada

A imagem registrada foi submetida a um pré-processamento, com vistas a:

- evitar pontos, que na futura tematização, estivessem mal classificados, pois poderiam gerar ruídos na transformação "raster-vector";
- escolher o limiar de nível de cinza que permitisse a melhor separação água/terra, evitando-se gerar falsos limites, que prejudicariam a precisão da atualização cartográfica.

Foi feita, então, uma operação de suavização dos níveis de cinza da imagem, principalmente, na área urbana de Manaus, aplicando uma filtragem morfológica, utilizando o operador "mediana".

Em seguida, foi aplicado o programa "Leitura de Pixel", em locais da imagem, com mudanças abruptas de nível de cinza, como nas interseções água/terra, por exemplo, e escolhidos os melhores limiares de níveis de cinza, para a tematização da imagem feita, posteriormente.

Os princípios de funcionamento dos programas, citados acima, podem ser encontrados em Almeida (1989).

#### 4.2.5 Transformação da Imagem Registrada em uma Imagem Temática

O Sistema de Informações Geográficas (SIG), desenvolvido pelo INPE, cuja descrição pode ser encontrada em Erthal et alii (1988 a, b e c), que funciona no mesmo ambiente computacional do SITIM-150, realiza, somente, a conversão de formato "raster" (varredura) para vetor, a partir de imagens temáticas. A imagem registrada precisava ser vetorizada para que possibilitasse a sua plotagem pela mesa traçadora do SITIM-150/SIG, fornecendo um produto vetorial que foi a própria restituição em si.

A imagem registrada, após o pré-processamento, citado no item anterior, sofreu, então, um processo de classificação, tematizando-a em duas classes: água e terra. Para isto, utilizou-se o programa

do SITIM-150 "Fatiamento dos Níveis de Cinza" (Engespaço, 1987). Foram testados os limiares fornecidos pelo programa Leitura de Pixel para fazer a separação entre essas duas classes.

Na imagem temática, os pontos ruidosos, existentes, não localizados nos limites das classes, foram submetidos ao programa de Uniformização de Temas do SITIM-150 (Almeida, 1989, Engespaço, 1987; Araújo, 1987), que é um filtro de máxima vizinhança. Esses ruídos foram pontos localizados, buracos ou grupos de pontos mal classificados, que, ao serem submetidos a essa filtragem, quantas vezes for necessário, proporcionou uma imagem temática, separada em duas classes (água e terra) homogêneas e com pouquíssimos pontos ruidosos.

#### 4.2.6 Transformação "Raster-Vector" da Imagem Temática

A imagem temática geocodificada foi, então introduzida no SIG/INPE e, utilizando-se o programa de transformação de formato "raster-vector", cujo princípio de funcionamento pode ser encontrado em Graça (1987), Araújo (1987) e Erthal (1988), sofreu um processo de vetorização, a partir das fronteiras das classes água e terra. O programa extraiu o contorno com aspecto suavizado, eliminando o efeito "escada", inerente dos dados "raster".

Sobre a imagem vetorizada, a feição existente no mapa DSG-MI-578/1 (cais Roadway de Manaus) foi digitalizada, para verificar se houve deslocamento, na imagem, durante a fase de classificação e vetorização.

No final dessa fase, a imagem vetorizada foi plotada pela mesa traçadora do SIG, gerando, aí, uma restituição.

#### 4.2.7 Desenho de Feições

Durante a fase de classificação da imagem registrada, os limiares escolhidos foram soluções de compromisso. Sendo assim, eles permitiram que algumas feições indesejáveis fossem representadas como no caso de sombra de nuvens localizadas na água, que poderiam ter sido confundidas com bancos de areia. Por outro lado, outras feições importantes não foram detectadas, durante a classificação, gerando pontos ruidosos ou, simplesmente, desaparecendo. Tal ocorreu com pequenos corpos d'água presentes na imagem (igarapés, furos etc).

Com o objetivo de representar essas pequenas feições, que não foram detectadas, corretamente, durante a classificação da imagem registrada, a restituição obtida, no item anterior, foi colocada no PROCOM/INPE (equipamento ótico de ajustagem manual de escala), juntamente com a transparência da imagem TM original. Após o ajuste de escala, feito entre a transparência projetada pelo equipamento e a referida restituição, foram desenhadas, sobre estas, as feições de interesse. Nesta fase, também, foram eliminados os limites falsos de corpos d'água, causados por sombras de nuvens, presentes na imagem original.

Também durante esta fase, utilizou-se da transferência da imagem TM/LANDSAT, com correção geométrica/UTM, de 14/9/87, por ser a imagem disponível mais próxima do período de cheia da região, que foi projetada, no PROCOM, sobre a restituição, e traçado o limite inundável da ilha dos Mouras; este procedimento foi executado, em virtude de existir informação na carta DNH-4107A.

### 5. Resultados Alcançados

#### 5.1 Registro do Módulo da Imagem Tm com a Base Cartográfica

Na ampliação do programa de registro da imagem com a

base cartográfica, utilizando, tanto os pontos de controle obtidos no campo, como nos mapas DSG, após serem calculados os coeficientes dos polinômios de mapeamento (Richards, 1986) e, antes da criação da matriz de reamostragem, que faz a interpolação dos níveis de cinza, para a imagem de saída, foi calculada a precisão do registro, para os métodos utilizados, por meio de erro métrico quadrático. A tabela 2 fornece esta precisão:

Na análise da tabela 2, observou-se que os pontos de controle, obtidos no campo, forneceram o menor erro interno, total, (25,59 metros), inferior a um pixel da imagem TM/LANDSAT. Este resultado era esperado, pois a determinação de coordenadas obtidas, no campo, empregando técnicas geodésicas, além de contar com a precisão dos equipamentos, que medem ângulos e distâncias (item 4.1.3), diversas correções são aplicadas no seu cálculo, entre elas a da refração atmosférica e da curvatura da Terra nas distâncias da poligonal (M M da DHN 1981 e). Por sua vez, os mapas estão sujeitos a algumas imprecisões causadas pela deformação do papel, pelas restituições que os originaram, pela qualidade de "hardware" da mesa digitalizadora etc.

Foi escolhido, então, o arquivo registro, utilizando os pontos de controle obtidos no campo. O programa, a partir deste ponto, criou a matriz de reamostragem de pixels e gerou a imagem de saída, utilizando o método de interpolação por convolução cúbica (Richards, 1986).

Com a finalidade de verificar se após o registro, foi eliminado o problema de posicionamento intrínseco da imagem TM, com correção Geométrica/UTM, foi digitalizado, sobre a mesma, o cais Roadway de Manaus, sendo observado, na tela do SITIM-150, que a sobreposição desta feição digitalizada com a imagem foi perfeita, confirmando, assim, a eliminação do problema de posicionamento.

A partir dessa verificação, a imagem estava pronta para ser submetida ao pré-processamento.

### 5.2 Pré-Processamento da Imagem Registrada

No ambiente do SITIM-150/INPE, com a finalidade de suavizar a área urbana de Manaus e preservar as bordas, na imagem registrada, e evitar ruídos que poderiam surgir na fase de tematização da imagem, foi utilizado o programa de Filtragem Morfológica com o "operador mediana".

Em seguida, utilizando-se o programa leitura de Pixel nos locais de mudanças abruptas de níveis de cinza, foram escolhidos os melhores limiares para o fatiamento desses níveis, que foram:

- a) de 00 a 35 e de 36 a 255;
- b) de 00 a 39 e de 40 a 255;
- c) de 00 a 43 e de 44 a 255;
- d) de 00 a 48 e de 49 a 255.

### 5.3 Transformações da Imagem Registrada em Imagem Temática

A imagem, depois dessa fase de pré-processamento, estava pronta para ser tematizada; foi, então, aplicado o programa Fatiamento de Níveis de Cinza do SITIM-150, utilizando os limites obtidos no item anterior.

A seleção das fronteiras água/terra, nos canais principais dos rios Negro e Solimões, era o fator mais importante nessa escolha, então, aquele que garantiu essa importância não pôde separar pequenos igarapés e outras feições pequenas, como a

pista do aeroporto de Ponta Pelada. O limiar escolhido foi de 43/44, que gerou duas classes: 0-43 (água) e 44-255 (terra). A tabela 3 fornece, após o fatiamento dos níveis de cinza, os limites inferior e superior de cada classe, em  $\text{km}^2$ , e a proporção ocupada na imagem temática.

Em seguida, na imagem temática gerada, foi utilizado o programa Uniformização de Temas SITIM-150, que eliminou alguns ruídos gerados na classificação.

Na classificação da imagem, não foi possível detectar o furo do Paracuba e a fronteira entre a costa e a ilha da Xiborena e a pista do aeroporto de Ponta Pelada em Manaus. Alguns pontos do canal do rio Solimões, causados por sombras de nuvens, na imagem original, foram classificados como terra, dando a impressão de que eram bancos de areia.

A partir desta fase, a imagem estava pronta para ser vetorizada no SIG/INPE.

### 5.4 "Vetorização" da Imagem Temática

A imagem temática, em formato "raster", obtida no item anterior, foi introduzida no SIG/INPE. Em seguida, foi submetida ao programa de transformação "Raster/Vector" do sistema, que gerou uma imagem "vetorizada", suavizada com os contornos originados a partir das fronteiras entre as classes (água e terra) da imagem temática.

Após a fase de "vetorização" da imagem temática, foi, novamente, digitalizado, sobre a imagem, o cais Roadway do mapa da DSG, e verificou-se que o mesmo não sofreu qualquer deslocamento aparente, após a "vetorização". Nesta fase, a imagem em formato vetorial foi considerada uma restituição.

### 5.5 Desenho Manual de Feições sobre a Restituição

Após esta fase, verificou-se que algumas feições, existentes na carta náutica DHN-4107A, não foram detectadas durante o processamento da imagem digital; estas feições foram: pista do aeroporto de Ponta Pelada, fronteira entre a ilha de Xiborena e a sua costa, o furo do Paracuba e o limite inundável de cheia na ilha dos Mouras.

Após a colocação da restituição no PROCOM/INPE, projetando, sobre ela, as imagens TM/LANDSAT, de 19/9/87 (a que deu origem à restituição) e a de 14/9/87 (imagem de cheia da região), segundo a metodologia descrita no item 4.2.7, essas feições foram traçadas, obtendo-se a restituição final para atualização cartográfica, cuja cópia reduzida encontra-se na figura 2. Nesta fase, também foram eliminados os "falsos bancos de areia", causados por sombras de nuvens, na imagem original.

### 6. Conclusão

Comparando a restituição obtida, constante da figura 2, com o retorno da carta náutica, constante da figura 1, observam-se as seguintes diferenças:

- no contorno das ilhas dos Mouras, Marapatá e Xiborena;
- no contorno do furo do Paracuba;
- no contorno dos lagos e paranás, localizados nas margens do rio Solimões; e
- no contorno da costa do Cacau Pirera no rio Negro.

Essas diferenças justificam a atualização da carta náutica, principalmente, considerando que a restituição apresentou um

erro médio quadrático, total, de 25,59 metros (tabela 2), que tornou o produto compatível com o PADRÃO DE EXATIDÃO CARTOGRÁFICA (PEC) classe A, em cartas em 1:100 000, de acordo com a citação de Brito (1987).

A metodologia, então, pode ser aplicada em atualizações cartográficas, na escala 1:100 000 ou menores, de áreas com intensas atividades dinâmicas (rios amazônicos, estuários, costas antárticas) e difícil acesso (ilhas oceânicas), permitindo uma atualização constante de contornos de cartas náuticas, por um custo menor que os métodos tradicionais.

## 7. Agradecimentos

Agradeço à Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), pelas informações obtidas sobre a carta náutica DHN-4107A e ao Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), pelo empréstimo de seus sistemas de tratamento de imagens.

## Bibliografia

- ALMEIDA, W.S. *Metodologia de Sensoriamento Remoto para monitoramento das alterações das formas de canais fluviais e atualização de cartas náuticas*. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, São José dos Campos, INPE, 1989, 180p.
- ARAÚJO, C.A.G. *Uma aplicação da cartografia digital na atualização temática de cartas de média e pequena escala utilizando dados orbitais*. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos, INPE, 1987, 151 p. (INPE-4460-TDL/317.)
- BORGENSON, W.T.; BATSON, R.M.; KIEFFER, H.H. Geometric accuracy of LANDSAT-4 and LANDSAT-5 Thematic Mapper images. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 51. (2): 1983, 1988, 1985.
- BRASIL. Ministério da Marinha. Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). *Caderneta da carta 4107A*. Niterói, 1985, 23p.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Marinha. Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). *Carta Náutica DHN-4107A*. Niterói, 1º ed. e 2º ed., 1979.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Marinha. Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). *Manual de Instruções Permanentes; H-8 Verificações e Retificações do Teodolito WILD T2*. Niterói, 5p., 1981 a.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Marinha. Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). *Manual de Instruções Permanentes; H-9 Medições Angulares*. Niterói, 13 p., 1981 b.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Marinha. Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). *Manual de Instruções Permanentes; H-10 Interseções*. Niterói, 1981 c. 4 p.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Marinha. Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). *Manual de Instruções Permanentes; H-17 Medição Eletrônica de Distâncias*. Niterói, 1981 d. 4 p.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Marinha. Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). *Manual de Instruções Permanentes; H-28 Montagem e Operação de Telurômetro MR-4-5*. Niterói, 1981 e. 6p.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Exército. Diretoria do Serviço Geográfico (DSG). *Mapas topográficos MI-578/1, MI-578/2, MI-579/1, MI-579/2, escala 1:50:000*. Quarta Divisão de Levantamentos, Manaus, 1980.
- BRITO, J.L.N.S. Proposta de metodologia para classificação de documentos cartográficos. *Revista Brasileira de Cartografia*. SV. (41):27-42, jan. 1987.
- BRYANT, N.A.; ZOBRIST, A.L.; WAKER, R.E.; GOKHAMAN, B. An Analysis of LANDSAT Thematic Mapper P-Product internal geometry. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 51(9): 1435-1445, Sept. 1985.
- BURROUGH, P.A. *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. New York, NY, Oxford University, 1986, 193 p.
- COLVOCORESSES, A. Image mapping with Thematic Mapper. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 52(9): 1499-1505. Sept. 1986.
- ENGESPAÇO. *Manual do Usuário do Sistema de Tratamento de Imagens. SITIM-150*. São José dos Campos, 1987.
- \_\_\_\_\_. *Manual do Usuário do Sistema de Informações Geográficas*. São José dos Campos, 1987.
- ERTHAL, G.J. *Conversão varredura-vetor para dados poligonais*. São José dos Campos, INPE. 1988. 10 p. (INPE-4558-PRE/1299.)
- \_\_\_\_\_. *Registro translacional de imagens: métodos correlacionais e seqüências*. Dissertação de Mestrado em Computação Aplicada. São José dos Campos, INPE, 1985. 120 p. (INPE-3456-TDL/189.)
- ERTHAL, G.J.; ALVES, D.S.; CÂMARA NETO, G. *Modelos de dados geocorrelacionais: Uma visão conceitual de um sistema geográfico de informações*. São José dos Campos, INPE, 1988. 10 p. (INPE-4612-PRE/1335.)
- ERTHAL, G.J.; OLIVEIRA, M.O.B.; FELGUEIRAS, C.A.; CÂMARA NETO, G.; PAIVA, J.A.C. *O Banco de dados geográficos do INPE*. São José dos Campos, INPE, 1988. 8 p. (INPE-4636-PRE/1348.)
- GRAÇA, L.M.A. *A concept for automatic change detection in revision of topographic maps by means of digital image processing and pattern recognition techniques*. Enschede, International Institute of Aerospace Survey and Earth Sciences, 1987, 89 p.
- INSTITUTO ORSTOM. *Dados de vazão da estação fluviométrica de Manacapuru (RM), de 1973 a 1987*. Paris, 1987.
- RICHARDS, J.A. *Remote sensing digital image analysis, an introduction*. Berlin. Spring-Verlag, 1986. 281 p.
- SCHOWENGERDT, R.A. *Techniques for image processing and classification in remote sensing*. Orlando, FL, Academic Press, 1983. 249 p.
- SERRA, P.R.M. *Geração de imagens TM/LANDSAT em fitas compatíveis com computadores, geometricamente corrigidas*. In: *Anais, Congresso Brasileiro de Cartografia*, 13., Brasília, jul. 1987. 13 p. (Paper).
- SOARES, L.C. *Hidrografia. Geografia do Brasil-Região Norte*, In: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro, 1987, 462 p, p. 95-155.
- WELCH, R.A.; USERY, E.L. Cartographic accuracy of Landsat-4 MSS and TM image data. *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*. GE-22 (3): 281-288, May 1984.
- WELCH, R.A.; JORDAN, T.R.; EHLERS, M. Comparative evaluations of the geodetic accuracy and cartographic potential of Landsat-4 and Landsat-5 Thematic Mapper image data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 51(9): 1294-1262, Sept. 1985.
- WELCH, R.A. Integration of photogrammetric, remote sensing

---

and database technologies for mapping applications. *Photogrammetric Record* 12(70): 409-428, Oct. 1987.

WELCH, R.A.; REMILLARD, M.M.; SLACK, R.B. Remote sensing and geographic information system techniques for aquatic resource. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54(2): 175-185, Feb. 1988.

WOLF, P.R. *Elements of photogrammetry*. 2<sup>nd</sup> ed. New York, NY, 1983. 628 p.

WRIGLEY, R.C.; CARD, D.H.; HLAVKA, C.A.; HALL, J.;

MERTZ, F.C.; ARCITWAMETY, C.; SCHOWZNGERDT, R.A. Thematic Mapper image quality: registration, noise and resolution. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, GE-22(3): 263-271, May. 1984.

WEIGLEY, R.C.; H. LAVKA, C.A.; CARD, D.H.; BUIS, J.S. Evaluation of Thematic Mapper interband registration and noise characteristics. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 51(9): 1417-1495, Sep. 1986.

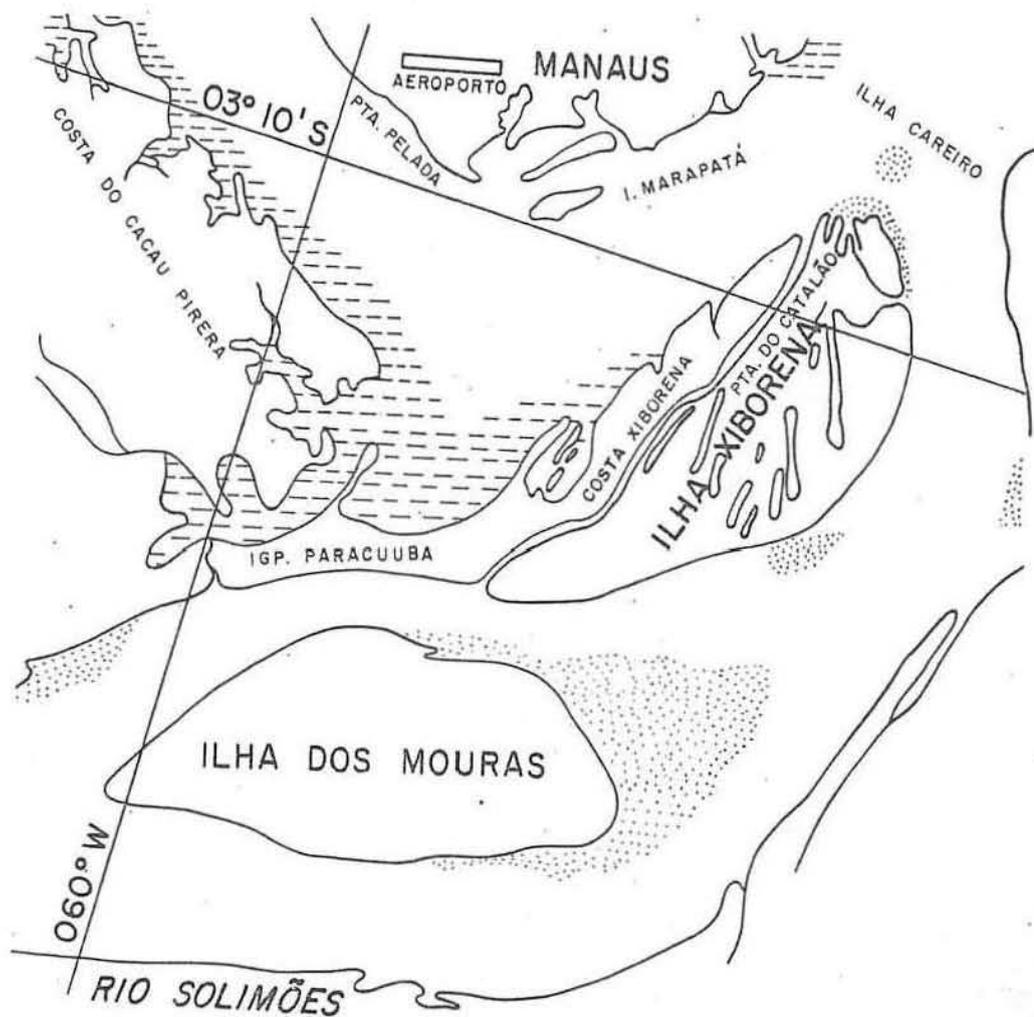


Fig 1 — Área de estudo: rio Solimões, da costa oeste da ilha do Careiro até às proximidades a montante da ilha dos Mouras. Escala aproximada 1:250 000.  
 Fonte: Adaptada de Brasil, MM D11N (1979).

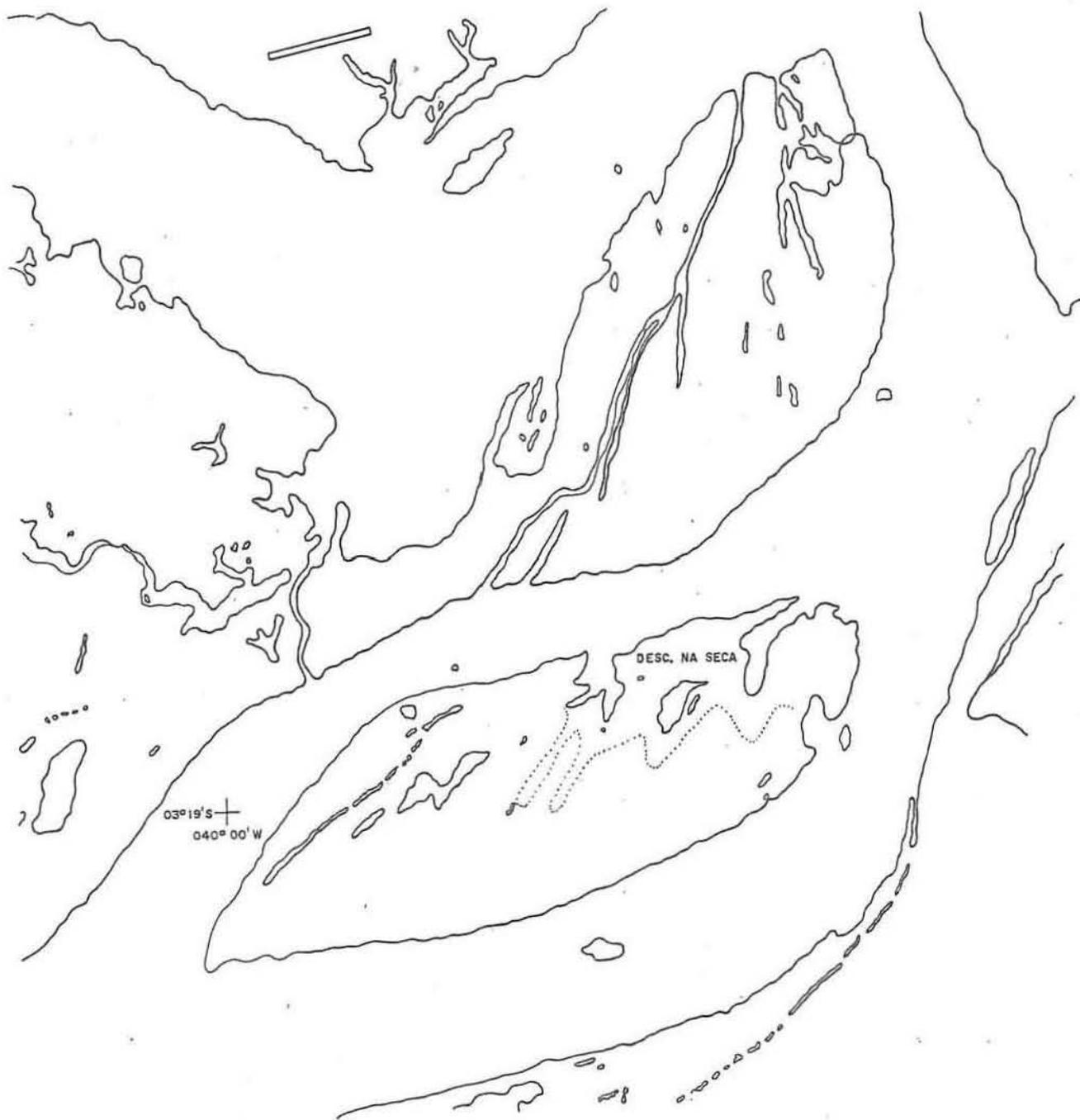


Fig. 2 — Restituição após o desenho manual das Feições.  
Escala aproximada: 1:300 000.

## TABELAS

**TABELA 1**  
**COÓRDENADAS GEOGRÁFICAS E UTM (MC=63° W) DOS PONTOS DE CONTROLE**  
**OBTIDOS NO CAMPO. "DATUM" HORIZONTAL SAD-69**

PONTO	LOCAL	LATITUDE	LONGITUDE	N	E
RB-III	Furo do Paracuuba	3°13'53",164	59°59'13",227	9642333,463	167963,409
Pista Leste	Aeroporto de Pta. Pelada	3°8'35",168	59°58'33",619	9652114,069	169178,026
Pista Oeste	Aeroporto de Pta. Pelada	3°8'52",495	59°59'42",755	9651575,219	167042,780
Roadway	Aeroporto de Manaus	3°8'24",127	60°01'34",438	9652454,244	830573,918

**TABELA 2**

PONTOS DE CONTROLE	ERRO INTERNO HORIZONTAL (METROS)	ERRO INTERNO VERTICAL (METROS)	ERRO INTERNO TOTAL (METROS)
Mapas da DSG	71,67	17,43	73,77
Trabalho de Campo	20,40	17,58	25,59

**TABELA 3**

**DADOS SOBRE AS CLASSES DA IMAGEM TEMÁTICA, APÓS APLICAÇÃO DO FATIAMENTO DOS NÍBVEIS DE CINZA**

CLASSE	LIMITE INFERIOR DE NC	LIMITE SUPERIOR DE NC	Nº DE PONTOS	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	PROPORÇÃO
Água	0	43	188.125	169,31	46,93%
Terra	44	255	212.742	191,47	53,07%