

A Determinação dos Ambientes Físicos da Ilha do Ituqui, Estado do Pará, Usando Imagens de Landsat-TM.

Jamer Andrade da Costa¹
Aderbal C. Corrêa²
David G. McGrath³

¹ IPAM - Instituto de Pesquisas Ambiental da Amazônia/NAEA/UFPA & LAGEOS - Laboratório de Geoinformática e Sensoriamento Remoto/CG/UFPA.

² LAGEOS/CG/UFPA.

³ NAEA/UFPA/IPAM.

Campus Universitário do Guamá, Av. Augusto Corrêa s/n.
CEP 66.075-110, Belém-Pará- Brasil
e-mails: jamer@marajo.secom.ufpa.br
correa@marajo.secom.ufpa.br

Abstract. Digital image processing techniques applied to Landsat TM data were utilized to indentify the main types of physical enviroments found on the Ituqui Island floodplain, in the Amazon river, near Santarém, State of Pará.

Keywords: Remote Sensing, Floodplain, Amazon

1. Introdução

O objetivo deste trabalho foi o de caracterizar os diversos ambientes físicos existentes em uma ilha na várzea do Rio Amazonas. O estudo consistiu em mapeamento de lagos, da cobertura vegetal e do uso do solo, caracterizados a partir de análises de fotografias aéreas e imagens de satélite Landsat 5 (Thematic Mapper - TM). A análise digital permitiu a identificação por meio das assinaturas espectrais dos ambientes físicos.

A região de várzea tem sido o centro da economia e da ocupação da Amazônia desde os tempos pré-colombianos. A economia ribeirinha é baseada no uso múltiplo de recursos em função dos ritmos sazonais de enchente e vazante. Por causa da dispersão da população, do acesso relativamente difícil e da diversidade ambiental essa região apresenta um ambiente complexo e de difícil estudo.

Atualmente o ecossistema de várzea se encontra ameaçado em função de três principais fatores: a intensificação da pesca comercial, a expansão da pecuária extensiva e o colapso da agricultura. O fator de maior importância para o ecossistema da Ilha de Ituqui é a exploração comercial do pescado praticada por empresas e alguns pescadores que tem causado diversos conflitos entre os agentes desta prática e a população local que utiliza a pesca para a sua própria subsistência. Essa situação justifica o estudo do ambiente físico da ilha, principalmente do ambiente aquático, pois poderá

permitir a realização de uma proposta de manejo para os lagos da região (McGrath *et al* 1991).

A complexidade do sistema de várzea dificulta uma análise integrada dos diversos aspectos que influenciam nas tendências do uso de seus recursos naturais. Dentro desse contexto, o Sensoriamento Remoto constitui uma ferramenta importante na obtenção e análise de informações. O Sensoriamento Remoto é uma fonte valiosa de informações temáticas (uso da terra, vegetação, relevo, etc), sendo que fotos aéreas e imagens de satélite formam uma ótima opção para a realização do estudo em questão.

O projeto executado utilizou imagens multiespectrais em formato digital do satélite Landsat TM para a identificação dos diversos ambientes, e o programa IDRISI para o processamento digital das imagens. Este artigo foi desenvolvido a partir de um Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação no Departamento de Geologia da UFPA realizado pelo autor principal.

2. Estudos Anteriores

O uso de imagens de satélites do tipo Landsat para fins de levantamento, monitoramento e mapeamento da superfície terrestre é bastante utilizada em todo o mundo. Essa tecnologia está em desenvolvimento desde 1972 quando entrou em atividade o primeiro satélite do programa Landsat. A aplicação dessa tecnologia na Amazônia é uma maneira de minimizar e até resolver os problemas enfrentados pela maioria dos trabalhos realizados até o presente nesta região de floresta tropical, característica da Terra Firme. O trabalho

realizado na Ilha do Ituqui, na várzea do Rio Amazonas, é mais uma contribuição para a aplicação da tecnologia de Sensoriamento Remoto nesse ambiente. O projeto foi realizado com muitas limitações mas mesmo assim contribuiu decisivamente para a identificação e caracterização espectral do ambiente físico de uma área na várzea amazônica.

3. Área de Estudo

A área de estudo está localizada na Ilha do Ituqui, várzea do Baixo Amazonas, próximo à cidade de Santarém, Estado do Pará. As coordenadas geográficas dos limites da área de interesse são $54^{\circ}15'57''$ W e $54^{\circ}36'12''$ W, e $2^{\circ}23'45''$ S e $2^{\circ}34'47''$ S (Fig. 1).

A Várzea Amazônica é definida como a área inundada periodicamente pelo transbordamento das águas ricas em sedimentos do Rio Amazonas (Sioli 1984). A várzea do Baixo Amazonas inclui quatro ambientes físicos principais: canais laterais ou paranás, bancos naturais ou restingas, campos naturais e lagos de pouca profundidade. Os tipos de vegetação da várzea estão relacionados em parte com a elevação do terreno, refletindo a capacidade de suportar longos períodos de inundação. As áreas de terra alta, como as restingas que margeiam os canais, são cobertas por parques de savana com florestas de galeria. As gramíneas naturais predominam nas terras baixas. A superfície dos lagos e as beiras dos canais são freqüentemente cobertas parcialmente por gramíneas flutuantes (DNPM, 1976).

4. Metodologia

A metodologia empregada neste trabalho consistiu na interpretação de dados disponíveis de Sensoriamento Remoto, seguida da verificação de campo envolvendo tanto sobrevôos como caminhamentos na Ilha de Ituqui e compilação dos dados em uma base cartográfica digital. Todas as informações do projeto foram preservadas em planos de informações digitais para uso posterior em um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Essa metodologia bastante convencional foi desenvolvida em três etapas principais, que proporcionaram um melhor aproveitamento dos dados levantados nas diferentes fases de desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso. Essas etapas foram: 1) Coleta de informações e interpretação preliminar dos dados; 2) Verificação de campo e 3) Avaliação e integração de dados. O trabalho realizado e os resultados obtidos em cada uma dessas fases estão descritos a seguir.

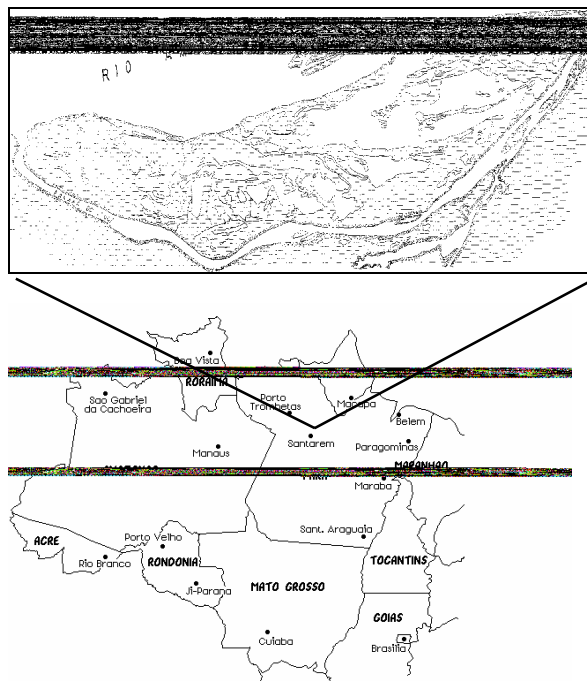


Fig. 1: Mapa de localização da área em estudo.

5. Fase de Coleta de Informações e Interpretação Preliminares de Dados

A fase de coleta de informações iniciou com um levantamento bibliográfico que deu margem à elaboração de uma síntese das informações sobre a região. Essa fase incluiu também a familiarização do autor principal com a tecnologia e a metodologia utilizada em sensoriamento remoto (Crósta, 1992; Sabins, 1987).

Ainda na fase inicial do estudo foi escolhida a base cartográfica, levando em conta a escala desejável para a apresentação final do trabalho. O tema correlato de escolha da projeção cartográfica foi também abordado, uma vez que deveria haver uma compatibilização de mapas temáticos e de resultados da interpretação das imagens de Landsat TM. A digitalização do mapa plani-altimétrico que serviu de base para os trabalhos foi realizada também nesta fase.

A fotointerpretação de fotografias aéreas na escala de 1:100.000, resultou em dois mapas mostrando a drenagem e os limites gerais dos ambientes físicos na ilha. As fotos datadas de 23/06/81, 16/08/81 e 06/09/78 apresentaram uma visão bastante detalhada da superfície da Ilha do Ituqui, faltando, no entanto, a visão multiespectral para caracterizar melhor os ambientes físicos.

A utilização de fotografias aéreas da área apresentou alguns problemas associados às características dos recobrimentos aerofotográficos. As fotografias disponíveis para o estudo cobrem uma área de 23 Km x 23 Km (529 Km²) e estão na escala de 1:100.000. O recobrimento consiste de três faixas paralelas (240, 250 e 243) com 4 fotos cada, sendo que as fotos da faixa central apresentam um problema de superexposição que dificultam a utilização delas. Devido à variação de datas de tomada de fotos, não há uma posição fixa do contato terra-água, além disso a extensão dos terrenos alagados e lagos varia muito para fotos obtidas com intervalo de 3 anos, por causa das variações anuais e sazonais do nível do rio..

A interpretação visual das fotografias foi feita levando em consideração a resposta espectral, padrões tonais e texturais, forma e arranjo espacial dos diferentes tipos de cobertura do terreno. Desse trabalho resultaram dois mapas, um deles de drenagem e o outro de ambientes físicos.

As sete bandas das imagens multiespectrais do satélite Landsat 5 (Thematic Mapper -TM) (WRS 227/62a) obtidas no dia 17 de outubro 1986 sobre a área de interesse foram processadas digitalmente utilizando o programa IDRISI versão 4.1 (Eastman, 1993). Este programa engloba um sistema de informação geográfica e um sistema de processamento de imagens, tendo a grande vantagem de ser de baixo custo e de operar em um microcomputador PC. O processamento incluiu a manipulação de histogramas das imagens para realçar o contraste e facilitar a interpretação. Os dados multiespectrais disponíveis permitiram identificar os intervalos de concentração de valores digitais em cada banda (mínimo e máximo) para os materiais de interesse. Essa informação foi empregada na análise das características espectrais de ambientes físicos. Em seguida foi utilizada a opção de realce de contraste linear para realçar as informações contidas nas imagens. Os resultados desse processamento inicial permitiram distinguir e identificar os componentes dos diferentes ambientes físicos, sejam eles vegetação, solo, água e outros.

Outras técnicas de realce de imagem, tais como a equalização de histogramas (histogram equalization) e o realce linear com saturação (linear stretch) foram aplicadas mas não criaram imagens com bom contraste, observando-se uma perda muito grande de detalhes. Além disso foi realizada a classificação não supervisionada do IDRISI para definir os tipos de ambientes (zonas homogêneas possuindo assinaturas espectrais semelhantes).

6. Fase de Campo

Durante a fase de campo foram efetuados dois sobrevôos na ilha com duração total de 2 horas para

aquisição de fotografias coloridas e fazer o reconhecimento da área. Esse reconhecimento da área orientou a escolha das áreas para caminhamento para evitar terrenos alagados e de difícil acesso. Esses sobrevôos permitiram o reconhecimento dos ambientes físicos da ilha.

A fase seguinte foi feita a verificação de campo. Durante essa parte do trabalho foi possível coletar informações sobre os ambientes "in loco", além de registrar as coordenadas geográficas dos caminhamentos feitos com ajuda de um GPS, cedido pelo Instituto do Homem e do Meio Ambiente da Amazônia. O GPS móvel sem uma base fixa apresenta um erro de ± 30 a 100 metros.

Com base nas observações de campo foram identificados seis ambientes físicos principais: água do Rio Amazonas, água dos lagos, vegetação tipo capoeira, capim flutuante, uso do solo e solo exposto.

7. Fase de Avaliação e Integração de Dados

Os dados coletados pelo estudo foram incorporados em quatro planos de informações (PI) na expectativa de serem analisados posteriormente por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SGI) Os arquivos criados contém: 1)mapa de zoneamento da Ilha do Ituqui, obtido por meio de Sensoriamento Remoto, 2) base planialtimétrica, 3) rede de drenagem, e 4)mapa de ambientes físicos obtido a partir de fotos aéreas na escala de 1:100.000.

Com base na análise dos valores da relação variância/covariância, entre as 7 bandas, foram definidas as melhores combinações entre as bandas para elaboração das imagens compostas (Fig. 2).

| | b1 | b2 | b3 | b4 | b5 | b6 | b7 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| b1 | 1.000 | 0.997 | 0.985 | 0.765 | 0.667 | 0.995 | 0.653 |
| b2 | 0.997 | 1.000 | 0.987 | 0.768 | 0.672 | 0.992 | 0.660 |
| b3 | 0.985 | 0.987 | 1.000 | 0.669 | 0.579 | 0.966 | 0.579 |
| b4 | 0.765 | 0.768 | 0.669 | 1.000 | 0.942 | 0.807 | 0.896 |
| b5 | 0.667 | 0.672 | 0.579 | 0.942 | 1.000 | 0.709 | 0.983 |
| b6 | 0.995 | 0.992 | 0.966 | 0.807 | 0.709 | 1.000 | 0.688 |
| b7 | 0.653 | 0.660 | 0.579 | 0.896 | 0.983 | 0.688 | 1.000 |

Fig. 2 : Matriz de correlação entre as 7 bandas.

Utilizando o módulo do IDRISI para produzir composições coloridas de imagens, foram analisados os resultados para várias bandas. Os melhores resultados foram obtidos com as combinações 3R2G1B e 5R4G3B, pois caracterizaram intensamente os tipos de vegetação e os lagos com um melhor contraste.

As seis bandas (banda 6 foi excluída) foram classificadas de modo não-supervisionada com 10 classes, baseado nas propriedades estatísticas dos dados. Os resultados obtidos não foram satisfatórios diante das

informações de campo obtidas posteriormente disponíveis.

Os produtos encontrados e as observações feitas durante o reconhecimento de campo foram essenciais para avaliar os resultados do processamento de imagens por classificação supervisionada. O ponto de partida foi a seleção e determinação das classes de ambientes físicos em áreas de treinamento. Esse procedimento é, na verdade, uma classificação visual das características de reflectância espectral, textura e padrões dos sítios assinalados, controlada pela informação de campo.

As classes estabelecidas para este estudo foram: 1) água do Rio Amazonas, 2) água de lago, 3) vegetação tipo 1, consistindo de vegetação do tipo capoeira, incluindo as árvores de maior porte na ilha, 4) vegetação tipo 2, englobando capim e capim flutuante, 5) áreas de ação antrópica indicadas pela ocupação do solo (plantações, áreas de pasto e desmatamento), 6) solo exposto, sem vegetação, e 7) áreas não categorizadas.

Para cada uma das áreas de treinamento foi criado um arquivo de assinaturas espectrais esse arquivo contém as informações estatísticas sobre os valores de reflectância das diferentes bandas para os diferentes sítios de treinamento. O gráfico comparativo entre os padrões de resposta espectrais para as diferentes classes selecionadas está na Figura 3.

Três técnicas de classificação supervisionada foram utilizadas: paralelepípedo, mínima distância da média e máxima verossimilhança (maxver). Os melhores resultados foram obtidos pela técnica de máxima verossimilhança. Nessa técnica, os pixels são assinalados para as classes mais prováveis, com base na comparação da probabilidade de pertencer a cada uma das assinaturas consideradas. Assumiu-se que todas as classes tinham igual probabilidade de ocorrer, deixando-se de considerar 5% dos pixels menos prováveis. Os resultados permitiram calcular as áreas ocupadas por cada classe, sendo que as medidas foram feitas em celas (pixels) (Fig. 4).

8. Conclusões

O estudo realizado na Ilha do Ituqui combinando interpretação visual e digital de fotos e imagens, trabalho de campo e classificação supervisionada determinou a existência de pelo menos 7 unidades distintas: água do Rio Amazonas, água dos lagos, vegetação tipo capoeira, capim flutuante, campo, uso do solo e solo exposto. O programa utilizado permitiu distinguir e caracterizar os referidos ambientes por meio de suas respostas espectrais registradas pelo satélite Landsat TM. É interessante notar que a água dos lagos apresenta três características espectrais distintas. Essas diferenças devem estar relacionadas a variáveis observadas no ambiente aquático. A água dos lagos da

ilha do Ituqui tem características físicas bastante diferentes das águas do Rio Amazonas, principalmente devido a quantidade de sedimentos em suspensão e profundidade. Além disso o ambiente lacustre tem áreas relativamente grandes com vegetação aquática densa, inclusive capim flutuante, capaz de caracterizar espectralmente uma classe bastante individualizada. A vegetação tipo capoeira, forma geralmente pequenas “ilhas” envolvidas por uma vegetação rasteira de campo, capim com pequenos arbustos caracterizam as linhas de crescimento, definindo nas fotografias e imagens a forma alongada que as caracterizam.

A classe definida como solo associada a vários tipos de uso é na realidade aquela em que não pode ser caracterizado o solo exposto, sem vegetação ou a classe em que predomina algum tipo de vegetação densa.

9. Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio recebido da World Wildlife Fund (WWF), Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), ao Instituto do Homem e do Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON), e principalmente ao Departamento de Geologia da Universidade Federal do Pará.

10. Referências Bibliográficas

Crósta, Alvaro P. Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto. IG/UNICAMP, 1992, 170p.

DNPM. PROJETO RADAMBRASIL. Folha SA. 21 SANTARÉM; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro, 519p. (Levantamentos de Recursos Naturais, v.10). 1976, 519p.

Eastman, J. R. IDRISI version 4.1: Update Manual. Clark University. Massachusetts - 1993.214p.

McGrath, D.; Calabria, J.; C. & Castro, F. de Várzeiros, geleiros, e o manejo dos recursos naturais na várzea do Baixo Amazonas - janeiro, 1991 - Belém-Pará - Paper 4 - NAEA-UFPA, 36p.

Sabins, Floyd F. Remote Sensing Principles and Interpretation. W.H. Freeman and Company, N.York, 1987, 449p.

Sioli, Harald. The Amazon: Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and its Basin. Monographiae Biologicae. Dr. W. Junk Publishers, II series, Netherlands. V.56. 1984. 763p.

| | Banda 1 | Banda 2 | Banda 3 | Banda 4 | Banda 5 | Banda 7 |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Rio | 94,81 | 48,41 | 59 | 17,03 | 8,88 | 3,21 |
| Uso | 92,98 | 47,73 | 54,77 | 75,02 | 115,7 | 37 |
| Solo Exposto | 90,33 | 43,99 | 50,78 | 74,3 | 133,7 | 44,5 |
| Água do Lago | 94,04 | 44,85 | 54,46 | 24,88 | 6,07 | 1,66 |
| Vegetacao 1 | 74,74 | 32,38 | 29,01 | 76,96 | 70,02 | 15,7 |
| Vegetação 2 | 82,94 | 40,61 | 38,58 | 91,64 | 104,1 | 27,1 |

Curvas Espectrais dos Ambientes Físicos

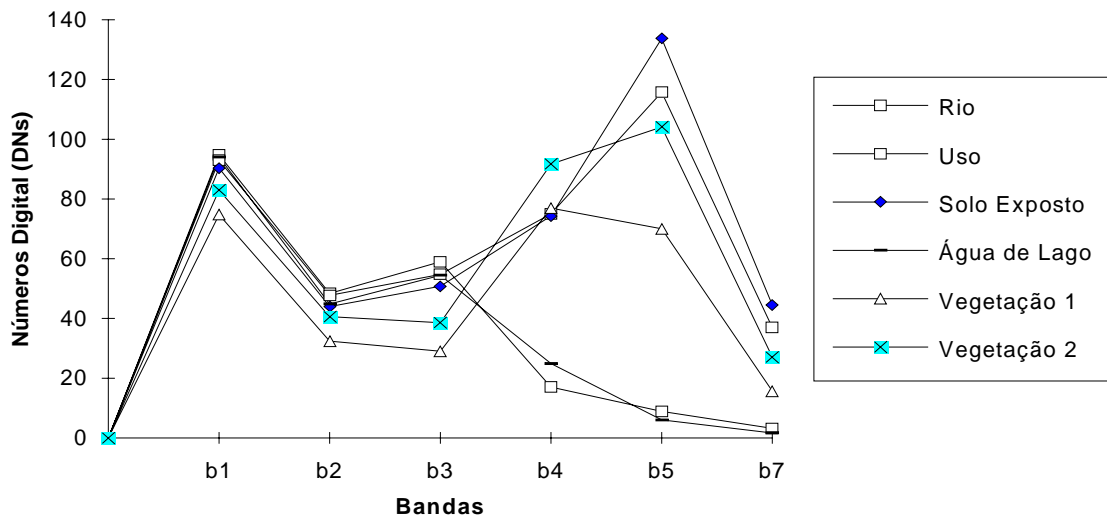


Fig. 3: Tabela e gráfico mostrando os valores médios de DN's dos temas, nas 7 bandas.

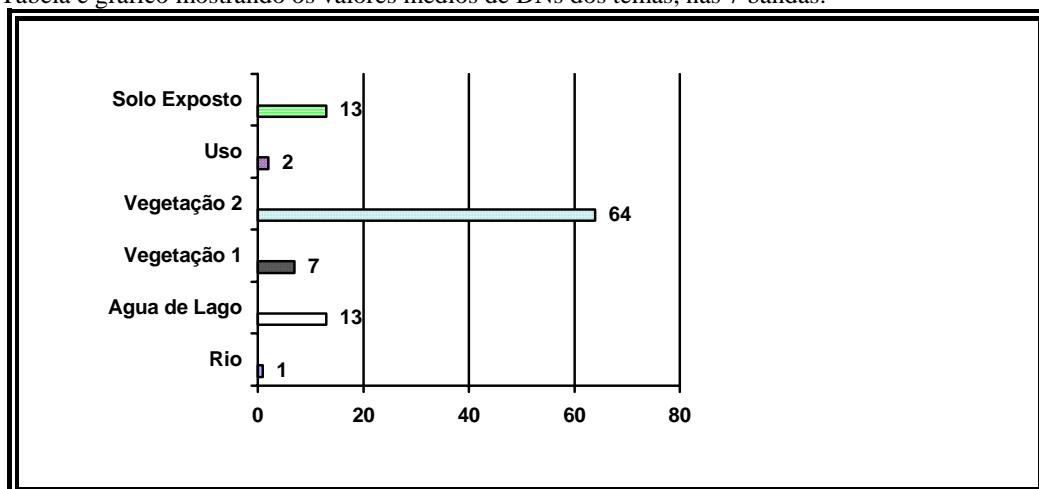


Fig. 04: Diagrama mostrando a distribuição das classes em porcentagem.