

## Caracterização do uso e ocupação do solo da região estuarina de Areia Branca/RN, com base na interpretação de produtos de sensoriamento remoto multitemporais

Anna Pauletti Cruz Rogério <sup>1</sup>  
Venerando Eustáquio Amaro <sup>1</sup>  
Helenice Vital <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN  
Programa de Pesquisa e Pós Graduação em Geodinâmica e Geofísica/CCET  
Campus Universitário. Caixa Postal 1584, Natal /RN;

[pauletti2000@yahoo.com](mailto:pauletti2000@yahoo.com);  
{Amaro, Helenice} @geologia.ufrn.br

### Abstract:

The studied area is located in the Northeast Coast of the Rio Grande do Norte State, involving the whole Areia Branca city and part of the Apodi-Mossoró Estuarine System. This area presents an intense economical activities (oil, salt and shrimp farms), causing a wrong use of the ground. For this, the present work consisted in the characterization of the landuse based on multispectral products of remote sensing (Landsat 5 TM from the year of 1989, SPOT HVIR from 1996 and Landsat ETM+ from 2001, where were identified 14 different classes, as wet areas, cultures, mangrove, salt and oil industries.

**Palavras Chaves:** Remote Sensing, landuse, digital image processing, sensoriamento remoto, uso e ocupação do solo, processamento digital de imagem.

### 1. Apresentação e Objetivos

A concentração desordenada da população e das atividades econômicas e turísticas em áreas costeiras tem acarretado prejuízos ao meio ambiente, degradando ecossistemas e comprometendo a diversidade biológica e paisagística do litoral do Estado do Rio Grande do Norte.

A intensa exploração de petróleo e a carcinicultura, que tornou-se nos últimos anos uma atividade econômica de grande importância no Estado do Rio Grande do Norte, têm gerado uma ocupação desordenada das planícies costeiras, resultando em uma degradação ambiental causada principalmente, por desmatamentos, uso irracional do solo, invasões em áreas de preservação permanente, avanço indiscriminado sobre os manguezais e áreas inundáveis, entre outras causas que interferem diretamente na dinâmica das zonas litorâneas e seus ecossistemas.

O uso do sensoriamento remoto é considerado uma ferramenta imprescindível no aceleramento e na redução de custos dos mapeamentos e da detecção dessas mudanças geoambientais. As imagens de satélite combinadas às técnicas de processamento digital oferecem resultados satisfatórios em estudos que envolvem multitemporalidade (Grigio 2003).

Em virtude disso, o presente estudo foi conduzido através da elaboração de mapas de Uso e Ocupação do Solo, em ambiente SIG, utilizando-se principalmente os dados provenientes de produtos orbitais de diferentes datas, buscando identificar e organizar os usos, bem como as

áreas de risco e impactos ambientais decorrentes do processo de ocupação, sobretudo das atividades industriais de exploração de sal e principalmente de petróleo e gás.

## 2. Localização da Área

A área estudada encontra-se inserida no contexto geológico da Bacia Potiguar – Nordeste Brasileiro - na porção setentrional do estado do Rio Grande do Norte. A área engloba todo o município de Areia Branca/RN e parte do Estuário Apodi-Mossoró perfazendo cerca de 370 km<sup>2</sup>. É limitada a norte pelo Oceano Atlântico, a sul pelo Município de Serra do Mel, a Leste pelo Município de Porto do Mangue, e a oeste pelas cidades de Grossos e Mossoró/RN.

## 3. Materiais e Métodos

Os produtos de imagens orbitais utilizados neste trabalho correspondem às imagens obtidas pelos satélites LANDSAT 5 TM (09/08/1989) e LANDSAT 7 ETM + (05/04/2001), ambas do mesmo ponto-órbita (216\_063 e 215\_064), e SPOT HRVIR (14/06/1996) dos pontos-órbitas 726\_730 e 960\_625.

Os critérios e procedimentos metodológicos utilizados foram os mesmos utilizados por Amaro (1998), no qual obteve resultados em função dos seguintes fatores: (a) a habilidade dos sistemas de sensores na discriminação de diferentes unidades da paisagem, correlacionáveis aos elementos do terreno; (b) o realce dos contatos entre as diversas unidades de paisagem, fundamentais na definição de suas áreas de abrangências; (c) a identificação e distinção entre os diferentes tipos de cobertura vegetal e ocupação do solo (florestas, solos expostos, culturas, etc.); (d) a obtenção de excelente resolução espacial nas imagens resultantes.

A aplicação de Processamento Digital de Imagens (PDI) foi dividida em duas etapas: pré-processamento e o processamento, descritas a seguir:

### ↳ Pré-processamento

Esta etapa refere-se ao processamento inicial dos dados brutos para georeferenciamento das imagens. As imagens de sensores remotos em estado bruto, não têm precisão cartográfica, uma vez que, estão sujeitas a uma série de ruídos e distorções geométricas, tais como: rotação da terra, variações na altitude e velocidade do satélite (Menezes et al 1991 *apud* Andrade 1999).

Para atingir a precisão desejada, foram submetidos a processos de georreferenciamento, se iniciando pelas cartas topográficas (em formato digital) da SUDENE (SB-24-X-B-IV Areia Branca, SB-24-X-D-I Mossoró e SB-24-X-D-II Macau), em escala de 1:100.000, a partir do *Datum* Córrego Alegre. Logo em seguida, após se concluir este processo, o *Datum* das três cartas foi modificado para SAD 69 (esferóide), devido a uma exigência dos padrões da ANP (Agência Nacional de Petróleo), órgão financiador deste trabalho.

Após serem georreferenciadas, estas cartas serviram de base ao georreferenciamento das imagens de sensores orbitais, tomando-se por base feições confiáveis tanto nas cartas digitais como nas imagens. Feições estas discriminadas como pontes, interseções de estradas, paredes de barragens, etc, as quais constituíram pontos de controle no terreno que possibilitaram um erro quadrático médio (RMS) menor que 0,50. Este erro indica a diferença entre as coordenadas imagem-carta, recalculadas pela matriz de transformação (Andrade 1999).

Todo o processo de georreferenciamento citado anteriormente foi realizado a partir do software ER-MAPPER v.6.3.

#### ↳ **Processamento das Imagens Orbitais**

Esta etapa consiste na aplicação de técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI), tais como: Composições Coloridas, Razão de Bandas e PC's. A elaboração das composições coloridas consistiu na associação de três bandas espectrais, ou da combinação de três razões de bandas, cada uma inserida num canal de cor, dentro do sistema RGB (*Red, Green e Blue*).

A aplicação de razões de bandas foi importante na supressão das variações de brilho relacionadas a efeitos topográficos, reduzindo os efeitos do zênite solar, e as variações dos tamanhos dos grãos, enfatizando tênues diferenças espectrais superficiais (Amaro 1998).

Cada banda foi submetida a processos de manipulação no histograma a partir de transformações não-lineares (Equalização), realçando unidades de paisagem que antes não eram perceptíveis.

No entanto, com a multiplicidade dos dados, tornou-se necessária a definição de critérios que auxiliassem na escolha das melhores imagens, fazendo o reconhecimento das unidades em campo em conjunto com os produtos obtidos.

#### **4. Discriminação das Unidades de Paisagem**

A partir da definição das melhores imagens tratadas, pode-se então sumarizar as melhores composições coloridas em RGB e razões de bandas, as quais possibilitaram o reconhecimento das principais unidades de paisagem da área em estudo.

##### **Composição SPOT-HRVIR RGB 123**

As imagens resultantes dessa composição propiciaram uma excelente discriminação das principais unidades de paisagem (**Figura 1**). As feições de maior destaque são as áreas recobertas por vegetação com coloração vermelho claro a vermelho escuro e rugosidade média e as variações de tons azuis relativos ao tipo e à espessura da lâmina d'água.

Os tipos de cobertura vegetal estão bem diferenciados, com as áreas de manguezais em tons de vermelho escuro, rugosidade média e compondo aglomerados e/ou faixas estreitas às margens do rio Apodi-Mossoró.

As regiões salineiras encontram-se bem demarcadas pela forma poligonal dos evaporadores/cristalizadores e resposta espectral em tons azul-claro para os cristalizadores e azul-esverdeado para os evaporadores. As áreas de caatinga densa ocorrem com coloração vermelho vivo e rugosidade média a fina, diferentes das áreas de caatinga rala, marcadas pela coloração marrom-avermelhado e rugosidade média, decorrente da participação de solo e rocha expostos nas respostas espectrais dessas porções do terreno.

A área urbana mostra-se com coloração de bege com textura em grade que caracteriza os arruamentos, e algumas concentrações que denotam a presença de bosques, e parques com vegetação.

As áreas de cultura são arrançadas em formas poligonais, apresentando colorações variadas entre marrom, amarelo e rosa, devido ao solo exposto ou a plantações em fases diferentes de crescimento.

As áreas com atividades de exploração de petróleo são definidas pela organização do arranjo dos poços, caminhos e dutos, formando uma estrutura grade-nó de tons claros.

As dunas móveis apresentam cores muito claras tendendo ao branco, devido à alta reflectância dos seus sedimentos quartzosos, sendo diferenciados das planícies interdunares devido à vegetação rasteira típica destas, o que confere a esta unidade uma coloração avermelhada típica (IDEMA 2002).



**Figura 1** - Imagem SPOT-HRVIR RGB 123 do ano de 1996.

### **Composição LANDSAT RGB 531**

Esta composição ressaltou áreas recobertas por vegetação de caatinga, em cores amarronzadas e rugosidade média, enquanto que áreas cultivadas ocorrem frequentemente nas cores marrons e castanhas claro. Áreas de manguezais mostram-se em tonalidades verde-amarronzadas, ocorrendo em estreitas faixas margeando o Rio Apodi. Áreas ocupadas pelas salinas apresentam um formato poligonal em tons azulados. (**Figura 2**)

### **Composição LANDSAT RGB 432**

Esta composição foi utilizada principalmente para a separação das unidades de caatinga e cultura. A primeira ocorre com uma coloração vermelha escura, de rugosidade média evidenciada pela utilização da banda 4 no canal vermelho.

As áreas de cultura são diferenciadas não só pela cor verde claro, como também pelo formato em poligonal. As regiões salinizadas mostram cores que variam do verde ao azul, contendo as variações destes tons. A coloração verde claro são salinas cristalizadores e o verde escuro são salinas evaporadoras.

### **Razão de Bandas 7/3-5/3-4/3**

Esta composição foi utilizada por Souto (2002) para o realce de unidades de uso do solo voltados principalmente à delimitação de unidades geomorfológicas de uma área próxima a Macau, RN.

Araújo 2003 utilizou esta composição para separar geologicamente às unidades da área de Grossos. Neste trabalho utilizou-se esta composição (Figura 5.6) na mesma finalidade que Araújo *op cit*.

As rochas da Formação Jandaíra são destacadas por tonalidades que tendem ao lilás e o amarelo, enquanto que porções constituídas pela Formação Barreiras ocorrem em tonalidades azuladas.



**Figura 2** - Imagem Landsat 5 TM RGB 531 do ano de 1989.

### **Composição LANDSAT RGB 432**

Esta composição foi utilizada principalmente para a separação das unidades de caatinga e cultura. A primeira ocorre com uma coloração vermelha escura, de rugosidade média evidenciada pela utilização da banda 4 no canal vermelho.

As áreas de cultura são diferenciadas não só pela cor verde claro, como também pelo formato em poligonal. As regiões salinizadas mostram cores que variam do verde ao azul, contendo as variações destes tons. A coloração verde claro são salinas cristalizadoras e o verde escuro são salinas evaporadoras.

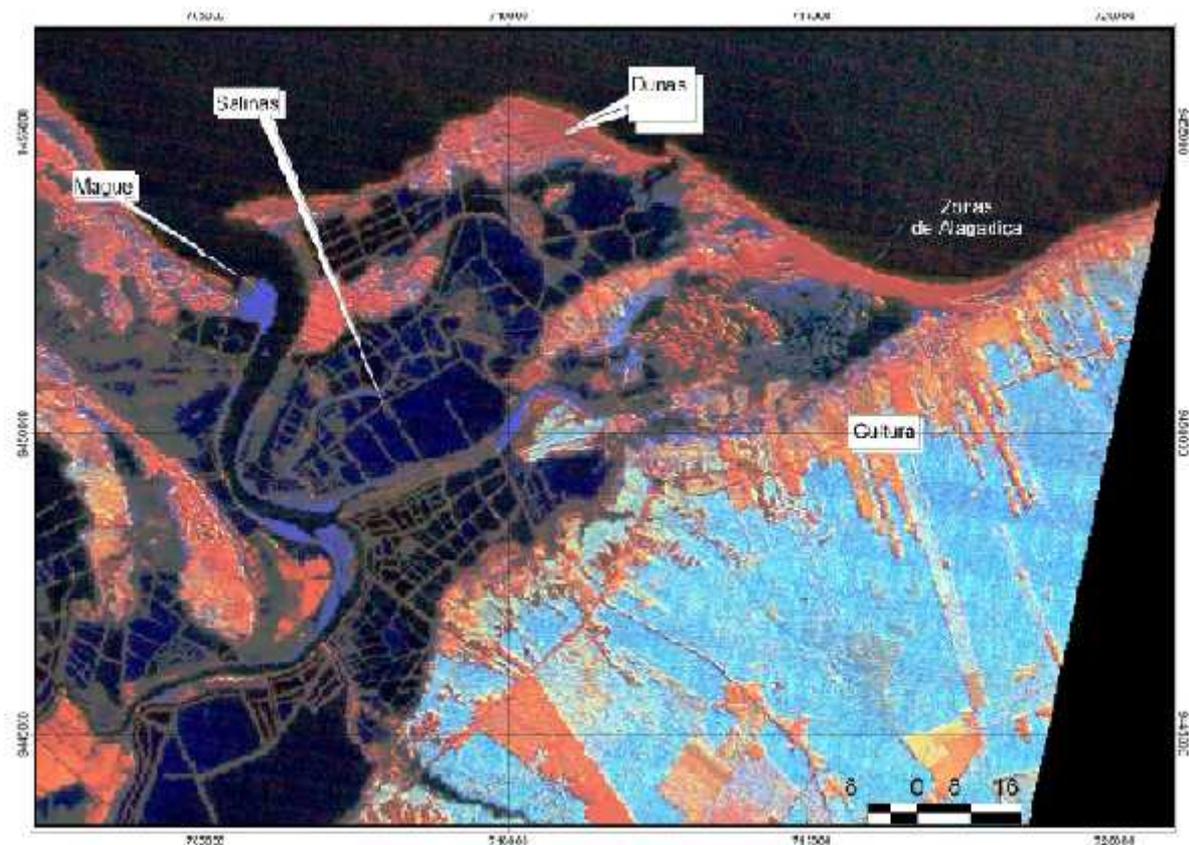
### **Razão de Bandas 7/3-5/3-4/3**

Esta composição foi utilizada por Souto (2002) para o realce de unidades de uso do solo voltados principalmente à delimitação de unidades geomorfológicas de uma área próxima a Macau, RN.

Araújo 2003 utilizou esta composição para separar geologicamente às unidades da área de Grossos. Neste trabalho utilizou-se esta composição (Figura 5.6) na mesma finalidade que Araújo *op cit*.

As rochas da Formação Jandaíra são destacadas por tonalidades que tendem ao lilás e o amarelo, enquanto que porções constituídas pela Formação Barreiras ocorrem em tonalidades azuladas.

Os Campos de dunas (fixas e móveis) ocorrem com colorações rosadas a avermelhados, sempre na porção norte da área. Os depósitos de Praias Recentes também aparecem discretamente nesta porção (norte) sob tonalidades acinzentadas.



**Figura 3** - Imagem Landsat 5 TM Razão 7/3-5/3-4/3 do ano de 1989.

### **Composição LANDSAT RGBI 4325**

Esta composição obteve destaque na caracterização dos elementos geológicos quaternários, relacionados às dunas fixas e móveis, e principalmente à faixa de intermaré (depósitos de praias recentes). As dunas móveis apresentam uma coloração esbranquiçada que chega a “saltar os olhos” em relação a outras unidades. As dunas fixas apresentam uma coloração que varia de esbranquiçada a esverdeada, ocorrendo sempre próximo às dunas móveis. A faixa de intermaré foi bem caracterizada pelo uso do Intensity (IHS) na banda 5, o qual apresentou resultados satisfatórios, mostrando uma coloração diferente da água do mar (azul escuro) e das dunas.

### **Composição LANDSAT RGB 753**

Neste trabalho esta composição foi utilizada para caracterizar aspectos de uso do solo, tais como regiões de solo exposto (que aparecem em tons acinzentados-amarelados), discriminação de agrupamentos entre vegetação de áreas cultivadas (com formas geométricas típicas) e de caatinga, denotados pelas variações da tonalidade verde, e delimitação de manchas urbanas, expostas em tonalidades rosadas. Zonas ocupadas por campos de dunas mostram-se em cores esbranquiçadas-amareladas devido à alta reflectância dos grãos areno-quartzosos.

### Composição LANDSAT RGB 543

Essa composição foi basicamente utilizada para a delimitação de toda a ocupação da atividade salineira nas margens do estuário Apodi-Mossoró. Os tons fortes em azul contrastaram com os tons pastéis das outras unidades, o que facilitou o seu reconhecimento. As áreas de produção petrolífera são caracterizadas pela estrutura de grade/nó e tons claros, tendendo a creme.

## 5. Elaboração dos Mapas de Uso e Ocupação do Solo

Após toda a aplicação da metodologia de PDI citada anteriormente, foram realizadas as interpretações desses produtos em um banco de dados georreferenciados que se encontram disponíveis em ambiente SIG. Para este trabalho foi utilizado o software Arc View v.3.2.

As imagens passaram por um procedimento inicial de interpretação visual na intenção de que as variações na cor, brilho e intensidade dos pixels colaborassem na determinação espacial detalhada dos elementos da paisagem.

Em seguida, a partir da vetorização (*layers*) dessas imagens, foram elaborados os mapas temáticos de uso e ocupação do solo na escala de 1:50.000 para os anos de 1989, 1996 e 2001,

Ao final, foram integrados a este mapa as informações sobre as redes de drenagens, vias de circulação e os parâmetros coletados em campo, que confirmam a organização espacial das unidades de paisagem. Embora os resultados obtidos com as imagens interpretadas visualmente sejam altamente significativos na compreensão da estruturação regional, o acréscimo dos dados obtidos em campo, favorecem a obtenção de dados sobre a composição das unidades, e conseqüentemente da resposta espectral na imagem, permitindo as correlações das unidades em escalas variadas (IDEMA 2002).

Foram identificados no total 14 classes de Uso e Ocupação do Solo para a área de estudo como mostra a **Tabela 1**.

Classe de Uso e Ocupação do Solo	Anos		
	1989 - Área (km <sup>2</sup> )	1996 - Área (km <sup>2</sup> )	2001- Área (km <sup>2</sup> )
Área Alagadiça	12,944	12,665	7,200
Caatinga Densa	177,518	177,644	156,662
Caatinga Rala	20,879	20,879	29,643
Cidade	1,549	1,549	1,868
Cultura Permanente	1,051	1,051	0,234
Cultura temporária	56,312	56,278	65,277
Dunas Móveis	22,932	22,808	21,857
Dunas Fixas	22,593	22,772	21,498
Lagoas	0,405	0,405	0,405
Manguezal	0,219	0,199	0,141
Poços de Extração de Petróleo	4,031	16,594	29,991
Salinas Cristalizadoras	10,226	10,226	14,141
Salinas Evaporadoras	22,003	22,003	20,190
Solo Exposto	3,503	3,840	4,994

**Tabela 1** - Tabela comparativa das classes (km<sup>2</sup>) de Uso e Ocupação do Solo para os anos de 1989, 1996 e 2001.

De acordo com a tabela, pode-se notar que as maiorias das classes identificadas para o município de Areia Branca sofreram alterações temporais, entre os anos de 1989 e 2001.

A atividade relacionada à exploração petrolífera foi a que apresentou um maior crescimento no período de doze anos, enquanto que a atividade salineira (classe salina cristalizadores e evaporadores) mostrou crescimento sutil. As áreas de cultura agrícola temporária mostraram um amplo crescimento, provavelmente em função da redução das áreas de solos expostos e matas de caatinga rala e densa.

As áreas de alagadiça sofreram ampla redução da área natural, decorrente da ocupação das margens por construções e atividades econômicas. A classe identificada como manguezal sofreu uma degradação pequena, mas gradativa, visto que a maior parte dessa classe já tinha sido ocupada antes do ano de 1989, a qual foi substituída por salinas e, atualmente, carcinicultura.

Com relação às dunas fixas e móveis, ambas sofreram uma diminuição ao longo dos três anos. A explicação para esse fato é que parte delas foi removida para a construção de novos tanques de sal e também para a re-implantação das atividades agrícolas.

Todas essas análises apontaram para uma dinâmica intensa de ocupação nas proximidades do estuário Apodi-Mossoró e que as modificações ocorridas representam uma descontrolada intervenção humana no ambiente entre 1989 e 2001.

### **Referências Bibliográficas**

Andrade, F.S. Uso de Sistemas de Informação Geográfica na Identificação de Áreas Potenciais para a Instalação de Aterros Sanitários no Distrito Federal. Universidade de Brasília, Brasília/DF, Dissertação de Mestrado, 126p. 1999.

Amaro, V.E. Análise Conjunta de Dados Geológicos, Geofísicos e de Sensoriamento Remoto do Setor Nordeste da Província Borborema, Nordeste do Brasil, com Ênfase nas Zonas de Cisalhamento Dúcteis Neoproterozóicas. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 397 p. 1998.

Grigio, A.M. Aplicação do Sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Guamaré (RN): Simulação de risco às atividades da indústria petrolífera. Dissertação de Mestrado nº 34/PPGG/UFRN. 222 pp. 2003

Idema. Diagnóstico e Vulnerabilidade ambiental dos estuários do litoral norte e seus entornos. Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente – IDEMA. Projeto de Zoneamento Ecológico-Econômico dos Estuários do Estado do Rio Grande do Norte e dos seus Entornos. Amaro, V.E. (Coordenador). Relatório Final. Natal/RN. 2002.

Rogério, A.P.C. Caracterização Geológica e Geomorfológica do Município de Areia Branca/RN, com vista à Elaboração do Mapa de Sensibilidade ao Derramamento de Óleo. Relatório de Graduação/ UFRN, 117p. 2004

Souto, M.V.S. Análise Multitemporal dos Elementos Geoambientais da Dinâmica Costeira da Região de Ponta do Tubarão, Município de Macau/RN, com Base em Produtos de Sensoriamento Remoto e Integração em um Sistema de Informações Geográficas. Natal/UFRN – Relatório de Graduação. 2002.