

Copyright 2004, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico Científico foi preparado para apresentação no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, a ser realizado no período de 2 a 5 de outubro de 2005, em Salvador. Este Trabalho Técnico Científico foi selecionado e/ou revisado pela Comissão Científica, para apresentação no Evento. O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho será publicado nos Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás

MAPEAMENTO TEMÁTICO DO MUNICÍPIO DE GALINHOS/RN, A PARTIR DA INTERPRETAÇÃO DE IMAGEM DO SISTEMA CBERS 2, COMO AUXÍLIO AO DESENVOLVIMENTO DE MAPAS DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO

Dalton Rosenberg Valentim da Silva¹, Venerando Eustáquio Amaro^{1,2}, Angélica Félix de Castro², Arnóbio Silva de Souza¹, Michael Vandestein da Silva Souto², Helenice Vital^{1,2}

¹ Departamento de Geologia (DG)- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caixa Postal: 1584. CEP: 59078-970. Natal/RN, Brasil,
daltonroseberg@yahoo.com.br, arno_seiketsu@yahoo.com.br

² Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caixa Postal: 1584. CEP: 59078-970. Natal/RN, Brasil,
angelica@summer.com.br, michael_s_br@yahoo.com.br, amaro@geologia.ufrn.br, helenice@geologia.ufrn.br

Resumo – O município de Galinhos localiza-se no litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte. Esta é uma região de alta sensibilidade ambiental, caracterizada por uma acentuada instabilidade morfológica ocasionada pela ação intensa de processos costeiros e pela forte influência de atividades antrópicas como as indústrias salineira, de carcinicultura e principalmente do Pólo Petrolífero de Guamaré. Para garantir o uso sustentável dos recursos naturais e contribuir com a prevenção de derramamentos acidentais de óleo, se faz necessário o monitoramento ambiental multitemporal auxiliado por uma base cartográfica digital que venha a influenciar no desenvolvimento de Mapas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo (Mapas SAO). Estes mapas facilitam a identificação dos ambientes com prioridade de preservação, permitindo, o direcionamento dos recursos disponíveis e a mobilização eficiente das equipes de proteção e limpeza em casos de derramamentos. O principal objetivo deste trabalho é o mapeamento temático digital do município de Galinhos/RN, a partir de uma imagem CBERS2-CCD obtida em 19/07/2004, e a integração dos dados e ou informações em um banco de dados ambientais georreferenciados, permitindo assim a sua consulta posterior e a geração dos Mapas SAO.

Palavras-Chave: monitoramento ambiental; sensibilidade ambiental; sensoriamento remoto; banco de dados geográficos

Abstract – The region of Galinhos/RN, situated in the north coast of the State, is characterized by it's high environmental sensitivity, morphological instability caused by the intense action of costal process and strong influence of salt industries and shrimp farms, and mainly the oil industry. To guarantee the sustainable use of the natural resources and to prevent the risk of oil spills, it's necessary the multitemporal environmental monitoring supported by a digital thematic cartography which will aid the development of the Environmental Sensitivity Index Maps to Oil Spill. This maps facilitate the identification of environments with preservation priority, allowing, the aiming of the available resources and the efficient mobilization of the protection and cleanness teams in cases of spills. The main objective of this work is the digital mapping of the Galinhos/RN region, based on the interpretation of a multispectral digital image of the CBERS 2-CCD sensor obtained in 2004/07/19 and the storing of the data and information in a geocoded environmental database, allowing the post consult and the developping of the Environmental Sensitivity Index Maps to Oil Spill.

Keywords: environmental monitoring, environmental sensitivity, remote sensing, geographical database

1. Introdução e objetivos

A área estudada possui um ecossistema frágil e sofre forte influência de atividades antrópicas, inclusive das atividades da indústria petrolífera. Estas características justificam o monitoramento ambiental multitemporal e por apresentar uma intensa instabilidade morfológica, exige uma constante atualização dos dados e informações.

O principal objetivo deste trabalho é o mapeamento temático das classes de Uso e Ocupação do Solo e das Unidades Geoambientais para o Município de Galinhos/RN, a partir da interpretação de uma imagem multiespectral do sistema de imageamento orbital CBERS 2-CCD, obtida em 19/07/2004 e disponibilizada pelo INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais em seu catálogo *on line*. Estes mapas temáticos serão integrados no Sistema Web de Informações Geográficas e Geoambientais (SWIGG), onde são arquivados os dados/informações obtidos pelo Laboratório de Geoprocessamento (GEOPRO) e Grupo de Pesquisa em Geologia e Geofísica Marinha e Meio Ambiente (GGEMMA), da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Quando aliados a parâmetros de morfodinâmica estes mapas irão contribuir para o desenvolvimento de Mapas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo (Mapas SAO).

2. Contexto Geológico e Geomorfológico da Área

O Município de Galinhos/RN está inserido no contexto geológico da Bacia Potiguar. Esta bacia sedimentar abrange parte dos Estados do Rio Grande do Norte e Ceará e suas respectivas plataformas continentais, estendendo-se, segundo Araripe & Feijó (1994), por aproximadamente 60.000 km² sendo 24.000 km² emersos.

Segundo Lima (2004) e DNPM (1998), as unidades geológicas aflorantes na área são: os depósitos holocênicos representados por arenitos praias consolidados (*beachrocks*) e/ou semiconsolidados (aeolianitos), os depósitos atuais de praia, os depósitos de dunas de deflação, os depósitos de sedimentos eólicos (depósitos de dunas fixas e dunas móveis), depósitos flúvio/lagunares representados por depósitos de intermaré e depósitos de mangues, os sedimentos e rochas siliciclásticas da Formação Barreiras (Tércio-Quaternário) e os carbonatos da Formação Jandaíra (Cretáceo).

De acordo com Lima (2004), a geomorfologia do *spit* de Galinhos é composto por uma planície costeira que é caracterizada por paisagens complexas, originadas da interação entre fatores climáticos, litológicos, tectônicos e da ação das correntes litorâneas. Na área de estudo são encontradas as seguintes feições: recifes praias, zona de estirâncio, planície de deflação, campos de dunas móveis, campos de dunas fixas, planície de inundação e mangues, além de feições identificadas na porção submersa da plataforma adjacente a Galinhos representadas por *sandwaves*.

No interior do município a feição geomorfológica predominante é a Superfície de Tabuleiros Costeiros, formada pelos sedimentos e rochas arenosas da Formação Barreiras e depósitos aluvionares ao longo de drenagens e canais fluviais.

3. Base Conceitual

Nesta seção serão apresentados alguns conceitos importantes para uma boa compreensão do trabalho.

3.1. Mapas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo (Mapas SAO)

O Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL), que varia de 1 a 10, é baseado no conhecimento das características geomorfológicas das áreas do litoral, considerando fatores como: grau de exposição à energia de ondas e marés; declividade do litoral e tipo do substrato, afetando sua permeabilidade e mobilidade. Estas características são fundamentais para a determinação do grau de impacto e permanência do óleo derramado, assim como, em muitos casos, para os tipos de procedimento de limpeza passíveis de serem empregados (MMA, 2002 in Castro et al, 2003). Uma vez determinado o índice de sensibilidade do local, cada ISL desse é representado por uma cor nos Mapas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo. Esses mapas exibem, através dos ISL's, a reação do local diante da presença do óleo.

3.2. Banco de Dados Ambientais Georreferenciados (BDAG)

O BDAG é um sistema computacional de armazenamento, consulta e atualização de informações geoambientais, que funciona como importante ferramenta na tomada de decisões em casos emergenciais de acidentes ambientais ou situações de risco potencial.

Este banco podem está sob o controle de programas específicos chamados Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (SGBD). O SGBD Garante três requisitos importantes: eficiência (acesso e modificações de grandes volumes de dados); integridade (controle de acesso por múltiplos usuários); e persistência (manutenção de dados por longo tempo, independentemente dos aplicativos que acessem o dado).

O projeto de BDAG torna-se mais complexo, devido à necessidade de levar em consideração outros fatores tais como a localização espacial do dado e a data e/ou época que ele foi coletado. No desenvolvimento de um banco de dados, é necessário realizar a sua modelagem antes de implementá-lo. Essa modelagem é uma descrição dos tipos de

informações que serão armazenadas (Castro et al 2003). Durante essa fase de modelagem, se faz necessário identificar todos os objetos do mundo real que de alguma forma irão interferir no sistema. É uma descrição geral das entidades envolvidas e os relacionamentos existentes entre elas. Sendo assim, o projeto de banco de dados compreende três modelos (Casto et al 2003):

1º Modelo conceitual: É a descrição do banco de dados, onde são representadas **quais** as entidades (descritas por seus atributos) serão armazenadas no banco de dados e os relacionamentos existentes entre elas;

2º Modelo lógico: A partir do modelo conceitual é gerado o modelo lógico. Neste nível é definido **como** as entidades serão armazenadas na estrutura do BD em tabelas, por exemplo);

3º Modelo físico: É a implementação propriamente dita.

3.3. O Sistema CBERS2 de Imageamento Orbital

O uso de produtos de sensoriamento remoto aplicado a questões ambientais tem sido uma ferramenta poderosa para caracterizar as áreas alvo de pesquisas em todo o mundo. O Brasil, em parceria com a China, conta atualmente com um satélite artificial que vem sendo utilizado para as mais diversas aplicações. Este satélite é o CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite ou Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres), segundo INPE (2004) ele possui um conjunto de sensores ou instrumentos (WFI - Câmera de Amplo Campo de Visada, CCD - Câmera Imageadora de Alta Resolução, IRMSS - Imageador por Varredura de Média Resolução) com alto potencial de atender a múltiplos requisitos de aplicações, já que coletam dados com diferentes resoluções espaciais.

A cena utilizada para este trabalho é produto da Câmera CCD, que opera em 5 faixas espectrais incluindo uma faixa pancromática de 0,51 a 0,73 μm , 0,45 - 0,52 μm (azul), 0,52 - 0,59 μm (verde), 0,63 - 0,69 μm (vermelho) e 0,77 - 0,89 μm (infravermelho próximo), resolução espacial de 20m e resolução temporal de 26 dias com visada vertical e 3 dias com visada lateral.

4. Desenvolvimento Metodológico

A metodologia desenvolvida para a realização deste trabalho consistiu nas seguintes etapas:

- 1- Levantamento bibliográfico e cartográfico prévio da área estudada;
- 2- Aquisição da imagem digital CBERS 2 – CCD, de Ponto Central 148/106, obtida pelo satélite no dia 19/07/2004 e disponibilizada no catálogo on-line do INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais;
- 3- Processamento digital da imagem com o aplicativo ER Mapper v. 6.4, envolvendo o georreferenciamento no Datum SAD-69, projeção cartográfica UTM-Mercator Zona 24S e as composições coloridas no sistema RGB 321 e RGB 421 com realce por equalização do histograma, representadas na Figura 1;

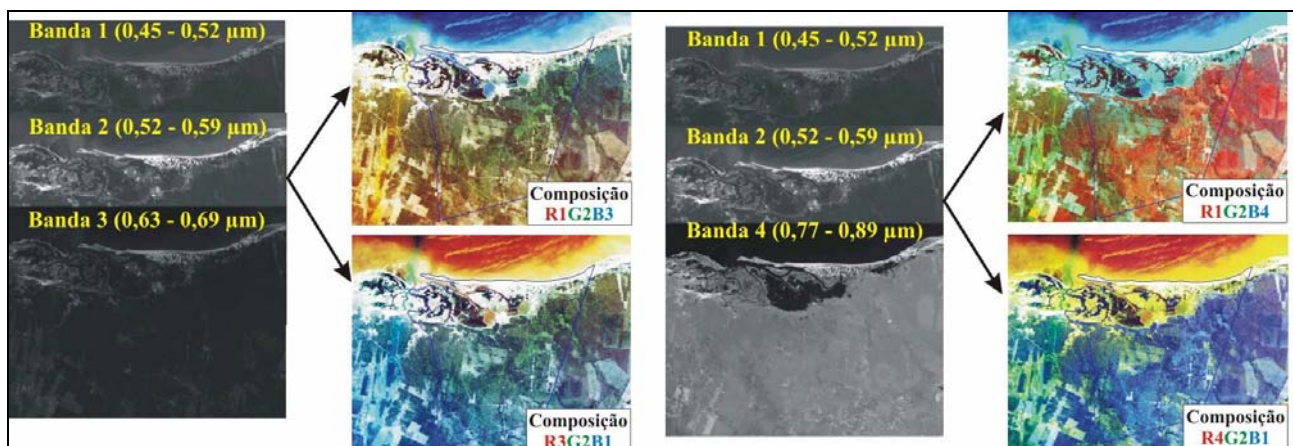


Figura 1 – A figura ilustra o processo de combinação das bandas originais da imagem CBERS2/CCD no sistema de cores RGB, que foi realizado no aplicativo ER Mapper 6.4.

- 4- Desenvolvimento dos mapas temáticos de Unidades Geoambientais e de Uso e Ocupação do Solo a partir da interpretação da imagem CBERS 2; cálculo da área em km^2 ocupada por cada unidade mapeada, utilizando o aplicativo Arcview v. 3.2; e
- 5- Integração dos dados/informações em um banco de dados ambientais georreferenciados, desenvolvido e implantado por Castro (2002), e adaptado para o formato web por Souza (2004), sobre o modelo objeto-relacional do Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Oracle 9i, recebendo o nome de Sistema Web de Informações Geográficas e Geoambientais (SWIGG). Segundo Souza (2004) a arquitetura do SWIGG funciona da seguinte maneira:
 - Camada de Visualização: Troca de informação entre o usuário e o sistema;
 - Camada de Controle: Controla o fluxo de apresentação, visualização e atividades; e

- Camada Lógica: Faz o armazenamento e processamento dos dados que são acessados pelo usuário na primeira camada por meio de processos executados pela segunda camada.

O acesso e consulta aos dados facilita o desenvolvimento dos Mapas de Sensibilidade ao Derramamento de Óleo, garantindo uma melhor eficácia em casos acidentais de derramamentos de óleo, bem como no planejamento da implementação de novas áreas de exploração petrolífera.

5. Resultados Obtidos

Os principais resultados obtidos foram os mapas temáticos digitais de Uso e Ocupação do Solo e Unidades Geoambientais do Município de Galinhos/RN, como mostra a Figuras 2. Estes mapas foram desenvolvidos a partir da interpretação de uma imagem multiespectral do sistema CBERS2 de imageamento. Sob esta imagem foram realizadas as combinações 321, 123, 421 e 124 no sistema de cores RGB, representadas na Figura 1, que poderão ser aplicadas novamente em trabalhos futuros.



Figura 2 – Mapas de Uso e Ocupação do Solo e Unidades Geoambientais para o Município de Galinhos/RN.

A área ocupada por cada uma das unidades de paisagem identificadas está explicitada nas Tabelas 5.1 e 5.2.

Tabela 1 – Classes Mapeadas de Uso e Ocupação do Solo e suas respectivas áreas.

Classes de Uso e Ocupação do Solo	Área (km ²)	Área (%)
Área Alagada	41.017,44	12,11
Área Coberta por Vegetação	169.434,09	50,01
Área de Cultivo	36.486,46	10,77
Área Industrial	353,79	0,10
Área Urbana	235,77	0,07
Carcinicultura	2.062,00	0,61
Duna Fixa	7.172,73	2,12
Duna Móvel	14.069,84	4,15
Lagoa	72,82	0,02
Manguezal	9.344,12	2,76
Rio/Oceano	9.504,68	2,81
Salina Cristalizadora	3.532,89	1,04
Salina Evaporadora	24.506,73	7,23
Solo Exposto	19.462,28	5,74
Vegetação de Campo de Salina	582,99	0,17
Zona de Praia	950,22	0,28
Total	338.788,846	100,00

Tabela 2 – Quantificação das áreas em km² e % das Unidades Geoambientais mapeadas.

Unidades Geoambientais	Área (km ²)	Área (%)
Área Industrial	353,79	0,10

Area Urbana	235,77	0,07
Carcinicultura	2.062,00	0,61
Duna Fixa	7.172,73	2,12
Duna Móvel	14.069,84	4,15
Lagoa	72,82	0,02
Manguezal	9.344,12	2,76
Planície de Maré Fluvio/Estuarina	41.899,76	12,37
Rio/Oceano	9.490,03	2,80
Salina Cristalizadora	3.532,89	1,04
Salina Evaporadora	24.506,73	7,23
Superfície de Aplainamento	225.083,49	66,44
Zona de Praia	950,22	0,28
Total	338.774,1972	100,00

A interpretação das imagens e a análise estatística das unidades mapeadas permitiram as seguintes conclusões:

- A Superfície de Aplainamento ou de Tabuleiro Costeiro (225.083,49 km²) que se encontra ocupada por vegetação de caatinga densa e rala sobre relevo plano a suavemente ondulado corresponde a 60,44 % da área mapeada;

- As Planícies de Maré e Flúvio/Estuarina (41.899,76 km²) situadas em às áreas de baixo gradiente próximas à costa, com declividade baixa em direção ao mar e/ou canais principais de drenagens e ao longo dos rios onde formam superfícies planas a suavemente inclinadas, poucos metros acima do nível médio das águas fluviais e/ou estuarinas, inundáveis em períodos de cheias, correspondem a 12,37 % da área mapeada;

- As Dunas Móveis (14.069,84 km²) representando depósitos de areia média a muito fina inconsolidadas, bem selecionadas, desprovidos de cobertura vegetal, sujeitos à dissipação pelos ventos e as Dunas Fixas (7.172,73 km²) que são parcialmente fixadas por vegetação esparsa e, portanto, sujeitas a dissipações de areia menos intensas do que as dunas móveis, correspondem a 6,27 % da área total; e

- O Ecossistema de Manguezal (9.344,12 km²), juntamente com a Planície de Maré-Estuarina, tem sofrido degradação sobretudo pela ampliação das áreas de instalação indiscriminada da carcinicultura nas unidades do estuário;

- As principais atividades sócio-econômicas identificadas foram a Indústria Salineira cuja área ocupa cerca de 28.393,41 km², a Indústria da Carcinicultura (2.062 km²), e as Áreas de Cultivo permanente e temporário (36.486,46 km²) que somadas representam cerca de 66.941,87 km², ou seja, aproximadamente 20% da área total.

6. Considerações Finais

A integração da base cartográfica digital desenvolvida com este trabalho e das informações geradas em uma única base de dados, o SWIGG, facilita o desenvolvimento dos Mapas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo para a região costeira de Galinhos, no litoral setentrional do Rio Grande do Norte e permite a sua consulta posterior por parte dos órgãos de proteção ambiental nas diversas esferas do poder público e das indústrias de petróleo e ocupação humana da orla, como mostra a Figura 3.

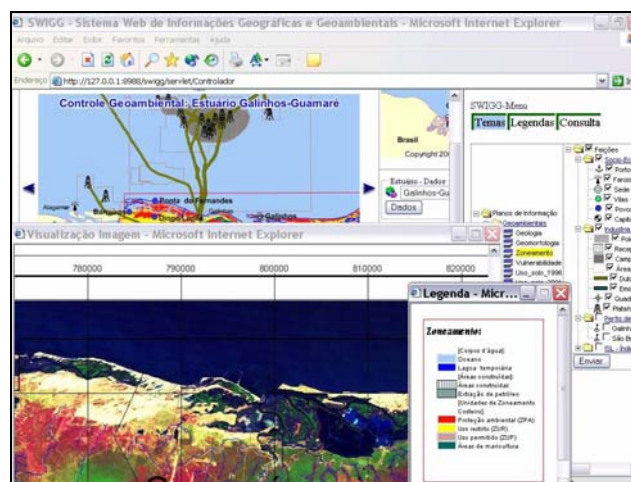


Figura 3 – Exemplo de acesso realizado pelos usuários, aos dados informações no SWIGG.

7. Referências

- ARARIPE, P.T.; FEIJÓ, F.J. 1994. Bacia Potiguar. Revista Geociências da Petrobras., 8(1):127-141.
- CASTRO, A. F. 2002. Modelagem e desenvolvimento de um banco de dados geográfico: aplicação à elaboração de mapas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo na área costeira entre Galinhos e São Bento do Norte-RN. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2002.
- CASTRO, A. F.; Souto. M. V. S.; Amaro, V.E.; Vital, H. Desenvolvimento e Aplicação de um Banco de Dados Geográficos na Elaboração de Mapas de Morfodinâmica Costeira e Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de óleo em áreas costeiras localizadas no estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geociências**, Brasília, v. 33, p. 53-64, 2003. ISSN/ISBN: 3757536.
- DNPM, 1998. Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte (DNPM - Sede/DNPM - 4º Distrito/ UFRN/ PETROBRÁS/CPRM).
- INPE, 2004. Disponível em: <<http://www.cbcrs.inpe.br>>. Acesso em: 01/10/2004.
- LIMA, Z. M. C. Caracterização da dinâmica ambiental da região costeira do município de Galinhos, litoral setentrional do RN. 2004. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) -Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004.
- SOUZA, C. F., 2004. Sistema Web de informação geográfica para gestão ambiental: monitoramento das áreas costeiras do litoral norte do RN sob influência da indústria petrolífera. (Relatório de Graduação para obtenção do título de Bacharel em Ciências da Computação na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004).