

Gestão ambiental nos Campos de Extração de Óleo e Gás do Canto do Amaro e Alto da Pedra no Município de Mossoró-RN utilizando Geoprocessamento

Utaiguara da Nóbrega Borges
José Macio Ramalho teódulo
Admilson P. Pacheco

Universidade Federal de Pernambuco
Depto. de Engenharia Cartográfica
utaiguara@yahoo.com.br admilpp@ufpe.br

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Depto. de Geociências
teodulo7@hotmail.com

RESUMO : Nas últimas décadas as empresas petroleiras aumentaram em muito as medidas preventivas e a implementação de recursos técnicos avançados que visam impedir que ocorram desastres ambientais. A Gestão Ambiental em regiões de atividades exploratórias de petróleo tem se tornado uma necessidade tão vital quanto à descoberta de novas reservas. Procurando agir de forma coerente com as atividades de extração de recursos naturais, esse artigo trata da identificação, do mapeamento e da interpretação do uso e a ocupação do solo e a vulnerabilidade ambiental dos campos de exploração de óleo e gás de Canto do Amaro e Alto da Pedra-RN, no sentido de subsidiar as ações de monitoramento e gestão ambiental destas áreas, obtendo dados a partir de sensores remotos orbitais, associados as técnicas de Processamento Digital de Imagens, e a integração desses dados em ambiente SIG.

Palavras chaves: Sensoriamento Remoto, SIG, Gestão Ambiental

ABSTRACT : In the last decades the oil companies increased in a lot the preventive measures and the implement of advanced technical resources that seek to impede that happen environmental disasters. The Environmental Administration in areas of exploratory activities of petroleum has if tornado such a vital need with relationship to the discovery of new reservations. Trying to act in a coherent way with the activities of extraction of natural resources, that article treats of the identification, of the mapping and of the interpretation of the use and the occupation of the soil and the environmental vulnerable of the fields of oil exploration and gas of Song of Amaro and Loud of the Stone-RN, in the sense of subsidizing the observation actions and environmental administration of these areas, obtaining data starting from sensor remote orbital, associated the techniques of Digital Processing of Images, and the integration of those data in atmosphere SIG.

Key words: Remote Sensing, GIS, Environmental Administration

1 - INTRODUÇÃO

A PETROBRAS, nas duas últimas décadas, aumentou consideravelmente suas atividades exploratórias na Bacia Potiguar, de onde se extraem cerca de 8% do petróleo brasileiro, aumentando também suas obras de infra-estrutura e de apoio logístico, principalmente no que diz respeito aos projetos de implantação de dutos de gás e óleo, nos campos de exploração de Canto do Amaro e Alto da Pedra.

Tentando monitorar e prevenir esses desastres (nacionais e mundiais) que trouxeram enormes prejuízos para o meio ambiente, as empresas petrolíferas atualmente aumentaram em muito as medidas preventivas e a implementação de recursos técnicos avançados que visam impedir que ocorram desastres de tal magnitude. A Gestão Ambiental em regiões de atividades exploratórias de petróleo tem se tornado uma necessidade tão vital quanto à descoberta de novas reservas.

A atual fronteira científica nesta área de investigação são os Sistemas de Informações Georeferenciadas (SIG), criados para realizar o monitoramento e o planejamento da distribuição espacial dos diversos objetos relacionados às atividades exploratórias, ao mesmo tempo em que, utilizando modelagem matemática e quantificação de parâmetros relacionados ao ambiente geográfico, modela e ajuda a prevenir acidentes.

Em sensoriamento Remoto, o procedimento de extração de informação, é resultante da interação da energia versus matéria. Nos diferentes componentes da superfície da terra, esta interação ocorre de maneira diferenciada, com os objetos imageados refletindo uma resposta espectral singular para cada objeto. O conhecimento prévio do comportamento espectral dos alvos naturais ou artificiais, e o auxílio de algoritmos de Processamento de Imagens Digitais (PDI), facilita bastante a tarefa de interpretação e busca de novas informações a nível espectral, o que justifica sua aplicação neste trabalho.

2 - METODOLOGIA

a - Levantamento Cartográfico

- Os materiais cartográficos utilizados como base neste trabalho foram:
- Carta topográfica Serra do Mel (poços dos Bois), folha SB-24-X-D-I-2 na escala de 1:50.000, elaborada pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (DSG).
- Mapa geológico do estado do Rio Grande do Norte, escala 1:500.000, executado em conjunto pelo DNPM/UFRN/PETROBRÁS/CPRM (1988).
- Mapa geomorfológico do estado do Rio Grande do Norte, executado pelo projeto RADAM BRASIL (1981) na escala de 1:1.000.000.

Os principais produtos de sensoriamento remoto utilizado nesse trabalho, foram: imagens orbitais IKONOS II de 17/07/2002 e SPOT HRVIR de 07/08/1996 do ponto de órbita 726_360.

As Imagens de satélite foram disponibilizadas pelo Laboratório de Geoprocessamento do Programa de Pós-Graduação em Geociências, LAGEOMA, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Os dados secundários correspondem ao material cartográfico e tabular, já utilizados por outros autores, e que foram adaptados para os propósitos deste trabalho, servindo de apoio para as etapas subseqüentes.

b - Utilização de Técnicas de Geoprocessamento

Esta etapa corresponde ao processamento dos documentos cartográficos existentes sobre a área, o georeferenciamento e edição, a vetorização via tela do computador (*heads up digitizing*) e o tratamento dos dados (modelagem em ambiente SIG).

Os documentos cartográficos existentes foram digitalizados via *scanner*, de tambor e também de tamanho ofício. Na seqüência foi executado o georeferenciamento das cartas topográficas utilizando para tal, o software ENVI versão 3.2. As imagens orbitais foram georeferenciadas e mosaicadas, em seguida foram executadas as primeiras composições coloridas do modelo RGB. O *software* utilizado nesta tarefa foi o ENVI versão 3.2. Com o propósito de se obter uma base vetorial digital da área, em seguida esses dados foram exportados para o ambiente SIG. O *software* utilizado no processo de vetorização, edição final dos mapas e montagem do banco de dados espacial foi o Arcview GIS versão 3.2.

Os mapas temáticos confeccionados foram: uso e ocupação do solo, geológico, geomorfológico, vegetação, associação de solos, vulnerabilidade natural e ambiental, vias de acesso e localização dos poços de petróleo, dutos e estações.

c - Processamento Digital de Imagens de Satélite

Com o objetivo de identificar e compreender as alterações morfodinâmicas ocorridas no mosaico geoambiental, bem como melhorar a precisão dos dados adquiridos, e permitir uma melhor assimilação das Unidades territoriais Básicas, foram utilizadas técnicas de processamento digital de imagens.

A técnica de composição colorida RGB, consiste em selecionar 3 bandas espectrais referentes a faixa do visível: 0,4/0,72 μ m. Estes comprimentos de onda correspondentes às faixas do visível dentro do espectro eletromagnético: verde, vermelho e azul, constituem uma composição multiespectral que ajuda a reconhecer os alvos representados por diferentes níveis de cinza.

A razão de bandas ou "NDVI" é uma técnica que realça a diferença espectral de um mesmo alvo em diferentes bandas, assim como a diferença de vários alvos em uma mesma banda. Esta técnica, possibilita ainda a diferenciação da resposta espectral de um mesmo alvo, com relação à diferença de iluminação que é provocada pela topografia da cena que esta sendo imageada.

Para a obtenção do índice de vegetação normalizada, foram utilizados os comprimentos de onda do infravermelho próximo 0,72-1,3 μ m. e o referente ao vermelho da faixa do visível 0,63-0,69 μ m. Foi desempenhada considerando a faixa do infravermelho próximo como numerador e a faixa do vermelho do visível como denominador. Esta operação é realizada com o objetivo de aumentar o contraste da vegetação.

d - Geração do Mapa de Vegetação

Para o cruzamento, interpretação e análises que geraram o mapa de vegetação, foram utilizada Imagem multiespectral do satélite Spot4 HRVIR de agosto de 1996, e as imagens do satélite Ikonos 2 de julho de 2002, e a extensão Arc View Spatial Analyst, versão 1.1, do software Arc View GIS versão 3.2, empregando a metodologia de análise multitemporal adaptada de Grigio (2003).

Este tipo de tabela especifica as mudanças ocorridas na vegetação da área de estudo, de uma data para outra. Os títulos e linhas representam categorias de classes vegetação para uma data específica (Ano 1), enquanto que os títulos das colunas representam as demais categorias de classes de vegetação para outra data (Ano 2). Nota-se que os dados da primeira data estão localizados nas linhas e os dados referentes à data posterior estão nas colunas. Nas interseções das linhas com as colunas podem-se obter as informações das mudanças do uso do solo entre o Ano 1 e o Ano 2, em termos de área para cada classe. Na interseção cujo registro é em negrito, significa que as classes consideradas para o Ano 1 não apresentaram alterações para o Ano 2. As áreas cujo valor é zero representam áreas sem modificações quanto ao seu uso.

e - Geração do Mapa de Vulnerabilidade Natural e Ambiental

A obtenção do mapa de Vulnerabilidade Ambiental dos campos petrolíferos de Canto do Amaro e Alto da Pedra foi realizado em duas etapas. A primeira consistiu do cruzamento de mapas do banco de dados montado neste trabalho, resultando no mapa de vulnerabilidade natural, e em seguida realizou-se um segundo cruzamento que findou na geração de um mapa de vulnerabilidade ambiental.

Os mapas temáticos utilizados no cruzamento para geração do mapa de vulnerabilidade natural foram: mapa de unidades geomorfológicas, mapa de geologia, mapa de associação de solos e mapa de vegetação.

O cruzamento dos mapas temáticos é baseado na importância da estabilidade, considerando o conceito de análise da ecodinâmica sugerido por TRICART (1977), onde a estabilidade é classificada conforme quadro 01.

Quadro 01 - Unidades Ecodinâmicas

Unidade	Relação pedogênese/morfogênese	Valor
Estável	Prevalece a pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio entre a pedogênese e morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a morfogênese	3,0

As classes identificadas em cada mapa receberam valores numéricos, a exemplo de Grigio (2003), que estabeleceu um modelo com 3 classes de erosão, distribuídas entre as situações de predomínio dos processos de pedogênese, passando por situações intermediárias e situações de predomínio erosivo modificadores da forma dos relevos.

O grau de vulnerabilidade estipulado para cada classe está distribuído em uma escala de 1,0 a 3,0, com intervalo de 0,5 unidades. Os valores próximos de 1,0 corresponde ao predomínio da pedogênese, os valores próximos de 2,0 corresponde a um equilíbrio entre morfogênese e pedogênese, e os valor próximos de 3,0 corresponde ao predomínio dos processos morfogenéticos. Este critério é utilizado para os mapas de associação de solos, geologia simplificada e geomorfologia, enquanto que para o mapa de vegetação o critério estabelecido é a densidade e porte das espécies vegetais. Valores próximos de 3,0 representam biomas com baixa densidade de cobertura vegetal (caatinga aberta, gramíneas e vegetação pioneira rasteira), Para biomas com média densidade de espécies vegetais; (Caatinga arbustiva-arbórea fechada) os valores estão próximo de 2,0 e finalmente para biomas de vegetação densa (Caatinga arbórea fechada), os valores estão próximo a 1,0

Como nas proximidades dos campos do Canto do Amaro e Alto da Pedra existem materiais inflamáveis (Estação coletora, dutos de óleo e gás) é necessária uma atenção especial com relação aos estudos de análise de risco.

f - Etapas de Levantamento de Campo

Etapas de campo foram realizadas com objetivos distintos em relação as diferentes fazes de execução do projeto.

Em um primeiro momento fez-se necessário o reconhecimento preliminar das diferentes feições geoambientais: geologia, geomorfologia, hidrografia, solos e clima de Canto do Amaro e Alto da Pedra, bem como tomadas de coordenadas utilizando Sistema de Posicionamento Global (GPS), para estabelecer pontos de controle no terreno.

Em uma segunda etapa, foi feito o levantamento da infra-estrutura da PETROBRÁS nos campos de Canto do Amaro e Alto da Pedra, através de visitas técnicas de campo e verificação e plotagem dos poços exploratórios, em funcionamento ou abandonados, rede de dutos de óleo e gás, lagoas de tratamento de efluentes, sub-estações, estações coletoras e infra-estrutura logística.

Uma terceira etapa constituído do levantamento de dados de campo referentes ao reconhecimento de feições especiais vistas na imagem, tais como: cruzamentos de estradas, pontes, drenagem etc, e visitadas in loco, para o estabelecimento de uma rede de pontos de controle no terreno, através da tomada das coordenada planas com o uso de um sistema (GPS), assumindo esses pontos como " verdades do terreno". Informações referentes a poços de petróleo e gás que estão em funcionamento ou desativados, estações de tratamento de resíduos sólidos, estações coletoras de petróleo etc foi obtida com base na coleta desses dados.

Ainda foi realizada entrevista informal com moradores e pequenos proprietários rurais que vivem no entorno dos campos de exploração de óleo e gás de Canto do Amaro e Alto da Pedra-RN e documentação fotográfica, bem como verificação das atividades agrícolas que não poderão ser identificadas nas imagens orbitais.

3 - RESULTADOS

A implementação de uma extensa rede de dutos de óleo e gás nos campos de extração de petróleo de Canto do Amaro e Alto da Pedra localizados no município de Mossoró RN, levou a extração da vegetação nativa para abertura de novos poços e vias de acesso. Estas ações tiveram um papel de destaque na evolução do uso e ocupação do solo, ocasionando mudanças e diferenciação acentuada na cobertura

vegetal e no ambiente da área estudada.

Impactos ao meio ambiente foram constatados, in loco, devido à deposição de resíduos sólidos provenientes da extração do óleo. Os resíduos foram depositados em grandes valas sem que tenha sido feito o tratamento adequado deste material, e posteriormente enterrado encobrendo os vestígios, gerando neossolos inférteis para geração de novas culturas agrícolas.

Foi constatada ainda, no mesmo local, uma “Estação de tratamento de resíduos sólidos”, totalmente fora de conformidade com os parâmetros ambientais vigentes, sendo observada a deposição de materiais diversos como metais, plásticos, e resíduos de hidrocarboneto depositados a céu aberto.

Através das imagens de satélite e visitas técnicas no campo, constataram-se grandes áreas sem cobertura vegetal em virtude da retirada de material geológico utilizados na construção de obras de infraestruturas e estações coletoras de óleo, bem como na pavimentação de estradas, formando imensas piçarras totalmente escavadas, além de ravinas e voçorocas que estão espalhadas por toda a área de estudo.

A figura 02 mostra o mosaico geoambiental formado por uma composição RGB 321 do satélite IKONO2 de 17/072002. A referida composição, apresentou um bom resultado na diferenciação das unidades geoambientais. As áreas de caatinga hiperxerófila arbustiva aberta apresentaram cores variando de azul a verde, as áreas sem vegetação, apresentar-se bem nítidas e as cores estão entre o azul claro e o siano, provavelmente em virtude da grande quantidade de carbonato de cálcio que compõem as rochas carbonáticas da Formação Jandaíra. As salinas, apresentam-se de forma poligonal e com cores acinzentadas. Os corpos d'água representados pelo Rio do Carmo no centro do mosaico, e o estuário Apodi-Mossoró no canto superior esquerdo, mostram cores escuras possivelmente pela alta absorção da água. As classes agrícolas, possuem formas geometrias que as evidenciam, as cores apresentam um tom que varia de amarronzado a avermelhado o que pode ser devido a presença de uma vegetação rasteira, completamente ausentes em períodos com baixos índices de precipitações pluviométrica.

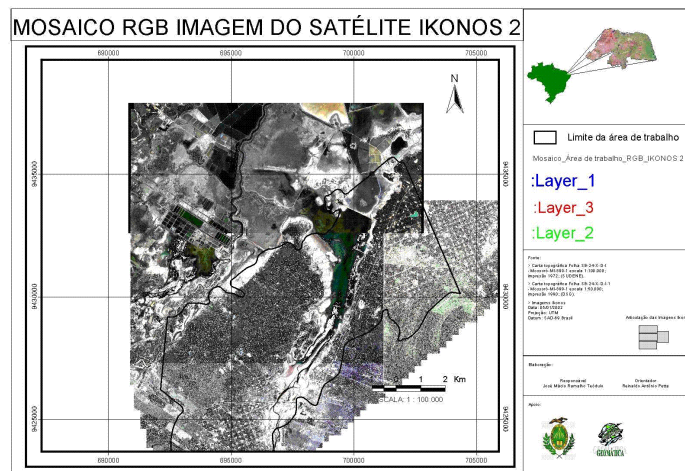


Figura 2 : Composição RGB 321 do mosaico das imagens do satélite Ikonos 2

A figura 03 mostra um NDVI (Índice de diferenciação da vegetação normalizada), da imagem do sensor SPOT 4 HRVIR, referente ao ano de 1996. Esta combinação apresentou um bom resultado na diferenciação da vegetação. A vegetação de Caatinga Aberta reflete cores escuras acinzentadas, mostrando que a vegetação no intervalo do infravermelho possui um alto grau de adsorção da clorofila. As áreas sem vegetação (talude de poços, vias de acesso, piçarras e áreas de degradação ambiental) refletem cores esbranquiçadas, os corpos d'água, refletem uma cor negra também evidenciando a alta absorção da água no intervalo do infravermelho. A vegetação rasteira (Gramíneas e culturas temporárias), mostraram tonalidades acinzentadas esbranquiçadas, além da característica forma geométrica.

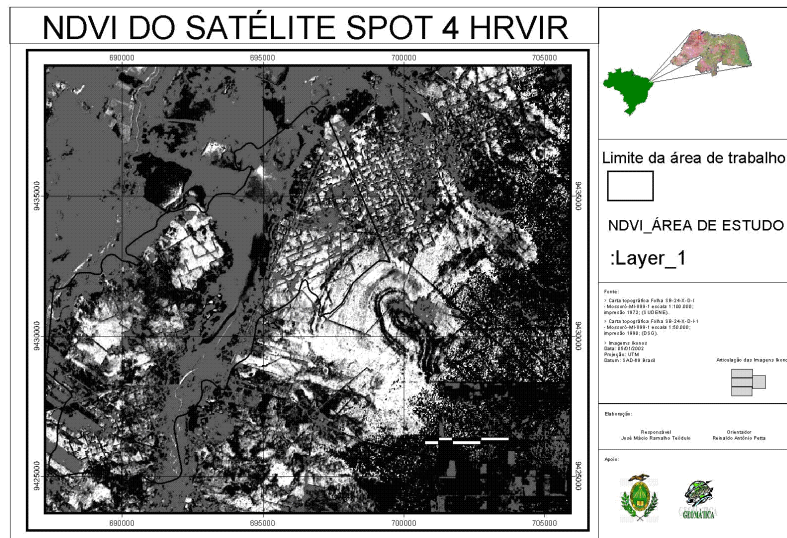


Figura 3 : Índice de vegetação normalizada (NDVI) do SPOT 4 HRVIR

A figura 04 mostra uma composição RGB 1 2 3 do satélite SPOT 4 HRVIR referente ao ano de 1996. Esta composição possibilitou uma boa interpretação das unidades geoambientais, pela boa diferenciação entre os elementos que compõem o geossistema. A vegetação de caatinga aparece de cor vermelha escura ou clara, as áreas de culturas agrícolas demonstradas pela sua forma geométrica, refletem um azul claro próximo a cyan , as gramíneas refletem um tom vermelho claro a rosa. As águas do rio do Carmo apresentam-se em um sianio mais escuro que a classe de agrícolas. As salinas refletem um azul variando de claro a escuro, e em drenagens intermitentes um tom esverdeado.

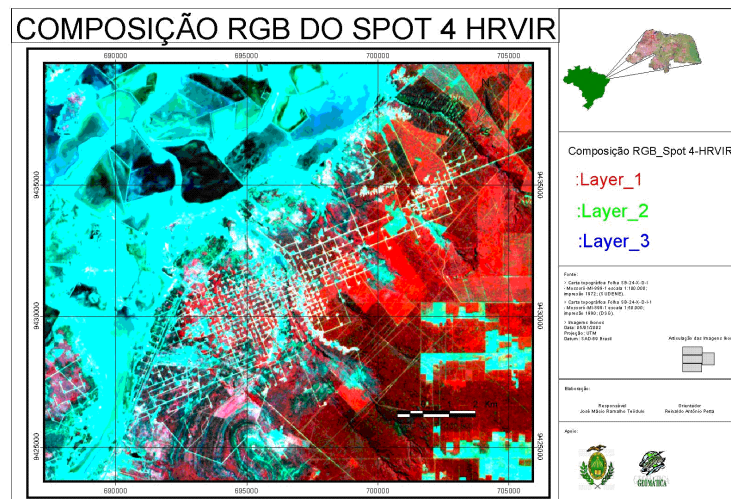


Figura 04: Composição RGB 123 do SPOT 4 HRVIR

As figuras 05 e 06, mostram as classes de vegetação dos anos de 1996 e 2002, respectivamente

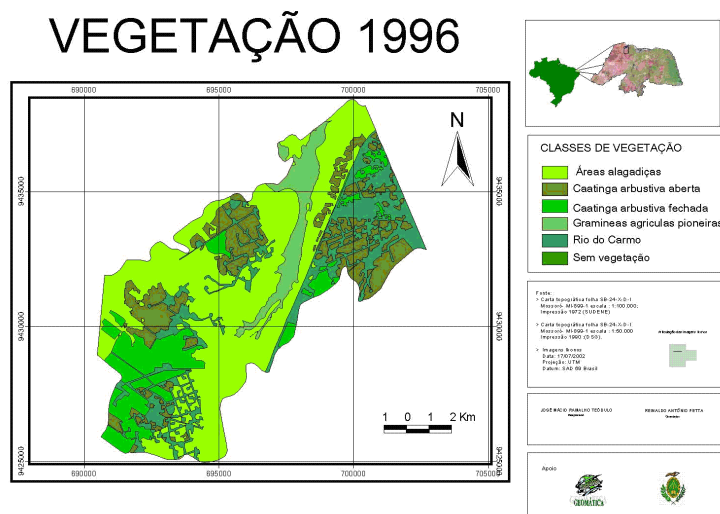


Figura 05: Mapa de vegetação (1996)

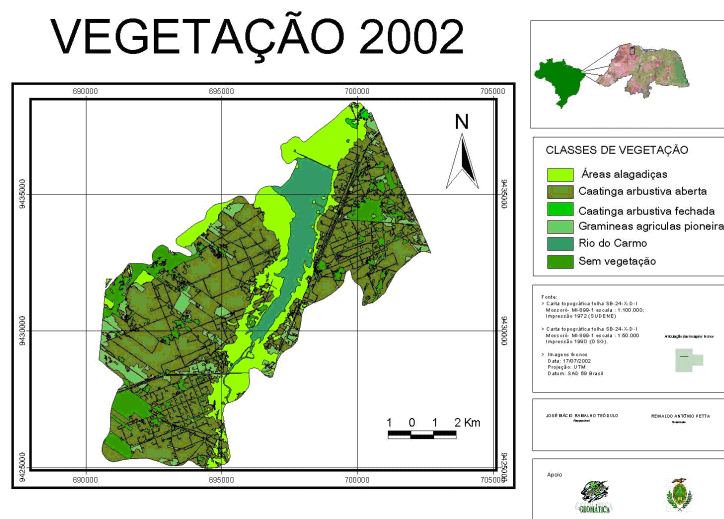


Figura 06: Mapa de vegetação (2002)

No MDT abaixo, pode ser visualizados dados do relevo da área de Canto do Amaro e Alto da Pedra. O relevo da área estudada, apresenta-se de uma maneira geral suave ondulado, com cotas altimétricas em torno de 100 metros. A área de estudo abrange as rochas cretáceas da Bacia Potiguar e Grupo Barreiras. Nas porções sul, leste e oeste, predominam calcários com intercalações de folhelhos, argilitos e siltitos da formação Jandaíra (Bacia Potiguar) O Grupo Barreiras é representado por arenitos inconsolidados, conglomerados e argilitos, além de sedimentos areno-quartzosos, que compõem a planície de inundação, terraços e aluviões do rio do Carmo, e os vales dos riachos Bom Sucesso, São Raimundo e Pai Antônio (Figura 07).

A elaboração deste modelo numérico possibilitou o auxílio na análise e elaboração dos mapas de geologia e vegetação, podendo ser utilizado ainda para análise qualitativa, através da visualização do modelo em terceira dimensão com a utilização de projeções geométricas planas, ou análises quantitativas através do cálculo de volume e ou na elaboração de mapas planimétricos.

VULNERABILIDADE NATURAL

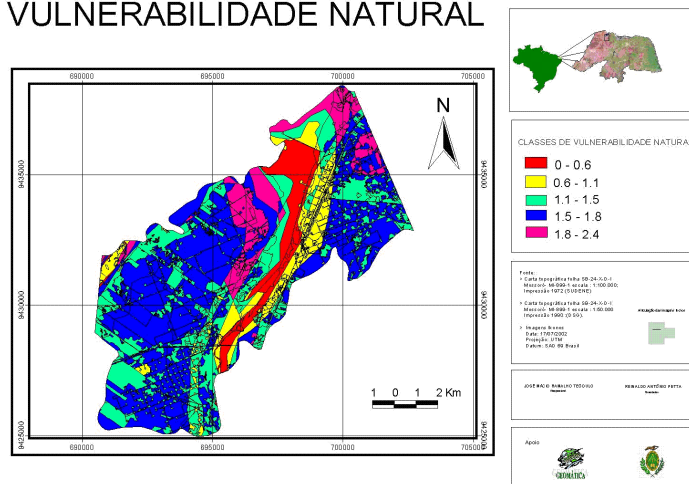


Figura 09: Mapa de vulnerabilidade Natural

VULNERABILIDADE AMBIENTAL

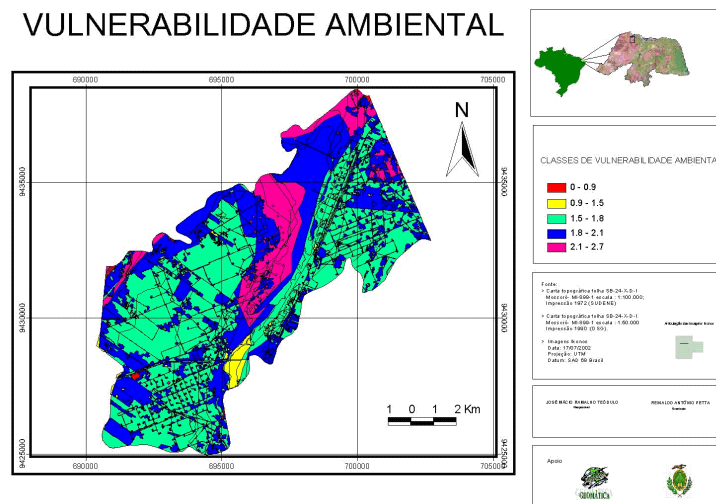


Figura 10: Mapa de Vulnerabilidade Ambiental

Para o mapa de Vulnerabilidade Ambiental (Fig.10), foram estabelecidas 6 categorias de vulnerabilidade, com o intervalo de pesos descritos a seguir: Áreas sem classificação (0,0 – 0,9), Vulnerabilidade Muito Baixa (1,0 – 1,3), Baixa (1,4 – 1,7), Média (1,8 - 2,2), Alta (2,3 -2,5), Muita Alta (2,6 – 3,0). Este mapa foi gerado a partir do cruzamento entre o mapa de Uso e ocupação do solo e o de Vulnerabilidade natural. Tomando como base a análise do Mapa de Vulnerabilidade Ambiental, as categorias representadas pelas cores graduadas mostram que de uma maneira geral, a vulnerabilidade da área de estudo encontra-se com valores entre média a muito alta. As áreas com maior pressão antrópica corresponde à planície de inundação do rio do Carmo, no Campo de Alto da Pedra, provavelmente, em consequência da extração de óleo e gás praticamente às margens do rio do Carmo.

Ao norte da área de estudo, o alto grau de vulnerabilidade ambiental está possivelmente relacionado com a presença de diversas estações coletoras próximas uma das outras, além do emaranhado de poços de petróleo e gás (Canto do Amaro).

As áreas com vulnerabilidade média, estão localizadas nas margens da BR 110 pertencentes ao campos de Canto do Amaro. Esta área abriga poços de petróleo e dutos de gás, muito próximo da planície de inundação do Rio do Carmo e de comunidades.

Os referidos mapas representam ferramentas indispensáveis em estudos ambientais para a gestão e monitoramento de recursos naturais, principalmente em uma área tão gravemente impactada e com forte potencial para a ocorrência de acidentes ambientais. De posse dos mapas gerados por este estudo, no caso destes acidentes acontecerem, pode-se quantificar a extensão das diferentes classes de ocupação atingidas, bem como avaliar a distribuição espacial dessas classes, avaliando-se a integração destas com a evolução do uso e ocupação do solo desde 1996 até o presente. Pode-se também analisar ainda a interação entre outras classes, além de identificar áreas propícias à atividades antrópica dentro das características de cada ambiente.

Simultaneamente, os mapas supra citados podem servir de padrão de referência e informação de base para outras análises mais complexas (Mapas de erosão, declividade, etc.). A nível local, o planejamento e gestão de áreas de risco, bem como tomadas de decisões em caso de acidentes, tendo-se como conhecidos os detalhes do solo, geologia, vegetação, geomorfologia, drenagens, da evolução de uso e ocupação, assim como a construção de novas infra-estruturas, pode-se fazer uso destes dados cartográficos para evitar e/ou minimizar acidentes e recompor as características primárias da região. Para tal, são informadas as localizações exatas das áreas de riscos, vias de acesso, rios, riachos e lagoas, e povoados em torno do campo de extração de petróleo e gás de Canto do Amaro e do Alto da Pedra.

No aspecto da análise, processamento e modelamento de dados em ambiente SIG, deve-se destacar o uso das técnicas de pré-processamento e de processamento digital de imagens. Dentre as várias composições coloridas RGB que foram feitas e as combinações de bandas espectrais, as que apresentaram melhores resultados para a vegetação, foram NIR, RED, GREEN, (3;2;1). No mapa de uso e ocupação do solo, a utilização da fusão "merge", ou seja, as imagens multiespectrais altamente correlacionadas com frequência gerando composições com pouco contraste, possibilitou o aumento do contraste, permitindo a discriminação dos diversos tipos de uso.

BIBLIOGRAFIA

- ARONOFF, S. 1989. **Geographic Information Systems. A management perspective**. Wd2 publications, Ottawa.
- BERTANI, R. T., COSTA, I. G., MATOS, R. M. D. 1990. **Evolução Tectono Sedimentar, estilo estrutural e habitat do petróleo na Bacia Potiguar**. In: Raja Gabaglia, G. P. Milani, E. J. (eds.). Origem e evolução de bacias sedimentares, Rio de Janeiro: PETROBRÁS, p.291-310.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. 1981. **Projeto RADAMBRASIL: Levantamento de Recursos Naturais**, Rio de Janeiro, v.23.
- CASTRO, A F. 2002 . **Modelagem e desenvolvimento de um banco de dados: Aplicação a elaboração de mapas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo na área costeira entre Galinhos e São Bento do Norte RN**. Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Dissertação de Mestrado, 87p.
- CRÓSTA, A. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas, SP: IG/UNICAMP, 1993. 170 p.
- DUEKER, K. J. 1979. **Land resource information systems: a review of fifteen years experience geo-processing** 1:85-105.
- FONSECA, L.; LOPES, E.; YAMAGUCHI, F.; VINHAS, L. **Processamento Digital de Imagens**. São José dos Campos, SP: INPE, 2000. (Apostila).
- GRIGIO, A. M. 2003. **Aplicação do Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica na Determinação da Vulnerabilidade Natural e Ambiental do Município de Guamaré (RN): Simulação de Risco às Atividades da Indústria Petrolífera**. Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós Graduação em geodinâmica e geofísica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Dissertação de Mestrado. p.222.
- JENSEN, J.R. **Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective**. Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice-Hall, 1999.
- MAGUIRE, D. J., GOODCHILD. M. F., RHIND. 1991. **Geographical Information Systems, principles and application**. New York, Longman Scientific & Technical, 649p. v.1.
- OZEMOY, V. M, SMITH D. R, SICHERMAN, A. 1981. **Evaluation computerized geografic information systems using decision analysis**. Interfaces 11:92
- SAMPAIO, A. V., SCHELLER, H. 1968. **Introdução a estratigrafia de Bacia potiguar**. Rio de Janeiro, Bol. Tec. PETROBRAS, (1)1:19-44.