

DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL NA BACIA POTIGUAR, REGIÃO DE MACAU (RN), UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Determination of the Environmental Vulnerability into Potiguar Basin, on Macau (RN) region, using Geographical Information System

Fabiane Hilario dos Santos Costa¹
Reinaldo Antônio Petta²
Raquel Franco de Souza Lima²
Cleyber Nascimento de Medeiros²

¹**Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP**
Instituto de Geociências, DGRN, Caixa Postal 6152 – CEP 13083-970 Campinas – SP.
fabiane@unicamp.br

²**Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN**
CCET, Departamento de Geologia, Campus Universitário s/n, Lagoa Nova, CEP: 59072-970, Natal.
petta@geologia.ufrn.br, raquel@geologia.ufrn.br e cleyber@gmail.com

RESUMO

As zonas costeiras são regiões importantes pelas suas fragilidades e dinâmica. A área de estudo localiza-se próxima ao município de Macau (RN) e é conhecida pela exploração de petróleo em terra. Em vista disso, este estudo gerou mapas de vulnerabilidade natural e ambiental a partir de mapas base de geologia, solos, vegetação, geomorfologia e de uso e ocupação. Ao analisar esses mapas, pôde-se diagnosticar áreas mais sensíveis a problemas ambientais, permitindo recomendações para um melhor aproveitamento das atividades de controle e proteção. A elaboração do mapa de vulnerabilidade visa mostrar a intensidade e a sua distribuição, levando-se em consideração principalmente a estabilidade em relação à morfogênese e pedogênese. A metodologia usada consiste na integração lógica dos diferentes dados disponíveis, e o conjunto de todas essas informações foi integrado para gerar e armazenar uma base de dados georreferenciados no *software* Arcview[®] GIS 3.2, possibilitando com isso uma análise sistemática de cada elemento dos mapas temáticos. O cruzamento dos mapas foi baseado no conceito de estabilidade de cada unidade considerando-se o princípio de análise ecodinâmica.

Palavras chaves: Vulnerabilidade ambiental, SIG, Bacia Potiguar.

ABSTRACT

The coastal zones are important regions by their fragilities and dynamic. The research area is placed near Macau (RN) county and it is known by land petrol exploration. About this view, this research had made maps of the natural and environmental vulnerability from base maps of geology, soils, vegetation, geomorphology and of using and occupation. Analyzing these maps it can diagnostic sensible areas from environmental problems, by allowing recommendation toward best advantage from control and protect activities. The vulnerability map elaboration aims to show the intensity and its distribution, mainly considering the stability related to morphogenesis and pedogenesis. The methodology procedures consists in the logical integration of different available data, and the set of all these information were integrated to make and to store a georeferencing data base into the Arcview[®] GIS 3.2 software, permitting a systematic analysis of each element of thematic maps. The maps crossing was based on stability concept of each unit by considering the ecodynamic analysis concept.

Keywords: Environmental vulnerability, GIS, Potiguar Basin.

1. INTRODUÇÃO

Em 1972, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente em Estocolmo, Suécia, foi enfatizada a idéia de que o homem, ao final do século XX, se tornaria o co-agente mais importante no processo geral de evolução da terra, capaz de intervir de maneira significativa nas transformações em curso do nosso planeta. A partir dessa preocupação, os desenvolvimentos de vários estudos sobre impactos ambientais vêm sendo realizados com o propósito de avaliar e proteger regiões com maior sensibilidade às modificações.

A pressão de uso e ocupação sobre as zonas costeiras no mundo todo e os seus efeitos sobre o equilíbrio dos ecossistemas têm sido um assunto freqüentemente abordado na literatura científica. As regiões costeiras são afetadas constantemente por fatores naturais morfodinâmicos – tais como direção e intensidade de ventos e correntes marinhas, altura de ondas, variações do nível de maré, entre outros – que modificam bruscamente feições morfológicas locais (Costa, 1999).

A Bacia Potiguar, área alvo da exploração de petróleo no Rio Grande do Norte, é uma região onde nas duas últimas décadas a PETROBRAS aumentou consideravelmente suas atividades exploratórias, tornando-a a primeira produtora nacional de óleo em terra e, a segunda considerando-se a produção em terra e mar, ficando atrás somente da Bacia de Campos (RJ). Dessa maneira houve uma expansão de toda sua infraestrutura de exploração, aumentando expressivamente o número de poços e, conseqüentemente, aumentando também, sua estrutura de transporte do óleo e/ou gás por dutos, a partir dos novos campos, além da instalação das lagoas de tratamento e locais de descarte de efluentes, estações de bombeamento e de tratamento.

Dentre as atividades industriais e comerciais que produzem ou utilizam derivados de hidrocarbonetos do petróleo e que, conseqüentemente, constituem-se em fontes de contaminação em potencial, em especial merecem ênfase os campos de petróleo e gás. O vazamento maciço e abrupto de gás e óleo na natureza é um tipo de desastre que se acentuou muito com o surgimento dos oleodutos de grande capacidade, que atravessam áreas habitadas e reservas ecológicas.

Apesar dos constantes avanços nos sistemas de segurança operacional, sejam eles relativos à exploração ou ao transporte de petróleo e derivados, a ocorrência de acidentes nesse ramo de atividade ainda é muito freqüente. Derrames de óleo têm representado uma ameaça importante para a qualidade ambiental de regiões costeiras em todo o mundo.

O emprego de tecnologias como Sistemas de Informação Geográfica, SIG, voltado para estudos de cunho ambiental, auxilia na análise fácil e ágil quanto à vulnerabilidade do local mediante ação humana ou até mesmo diante das mudanças naturais ocorridas no

próprio ambiente, permitindo o planejamento adequado para áreas de risco ambiental.

O presente trabalho visa estabelecer a vulnerabilidade ambiental das unidades homogêneas considerando a relação entre os processos de morfogênese e pedogênese, a partir da análise integrada da rocha, solo, relevo, vegetação e uso, de uma área costeira localizada na porção setentrional do Estado do Rio Grande do Norte.

2. LOCALIZAÇÃO e CONTEXTO GEOLÓGICO

A área de estudos (Fig. 1) encontra-se inserida no contexto geológico da Bacia Potiguar, que se situa na porção setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, englobando parte da margem costeira norte do estado e cujo substrato compreende parte da Província Borborema de Almeida *et al.* (1977). O acesso é realizado pela rodovia federal BR – 406, que ligam a cidade de Natal à cidade de Macau.

A Bacia Potiguar limita-se a noroeste pelo Alto Estrutural de Fortaleza, a oeste e a sul pelas rochas do embasamento cristalino e a norte, a nordeste e a leste pela cota batimétrica –200 m. Possui uma área total de 48.000 km², sendo 21.500 km² distribuídos entre as cidades de Natal e Fortaleza e 26.500 km² submersos.

O embasamento da Bacia Potiguar foi caracterizado por Jardim de Sá (1984, 1994), sendo constituído por diversas faixas de rochas supracrustais e domínios gnáissico-migmatíticos, com *trend* NE. A configuração geométrica, da estrutura da bacia é constituída por um conjunto de *grabens* assimétricos de direção NE-SW, denominados Umbuzeiro, Guamaré, Boa Vista e Apodi (Bertani *et al.*, 1987; Cremonini *et al.*, 1996), que são separados por altos internos do embasamento cristalino, denominados Quixaba, Serra do Carmo e Macau.

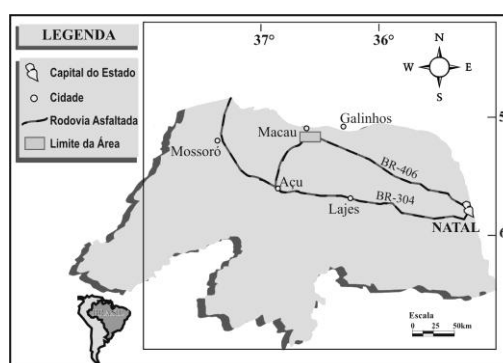


Fig. 1 - Localização da área de estudo e vias de acesso.

A caracterização da litoestratigrafia da Bacia Potiguar, utilizada neste trabalho, foi à subdivisão adotada por Araripe e Feijó (1994), os litotipos predominantes são sedimentos quaternários (pelitos arenosos, carbonosos ou carbonáticos) e calcários da Formação Jandaíra.

O relevo da área apresenta paisagem monótona próximo ao litoral, com a presença de uma ampla planície de maré. Nessa faixa litorânea, as altitudes geralmente estão situadas ao nível médio dos mares (Dantas 1998). Esta região sofre constantes modificações geo-morfológicas, erosionais ou deposicionais, causadas principalmente por processos marinhos (Caldas 1998).

Na paisagem costeira, o modelamento das formas de relevo é resultante da ação constante dos processos do meio físico, tais como condições climáticas, variações do nível do mar, natureza das seqüências geológicas, atividades neotectônicas e suprimento de sedimentos carregados pelos rios e oceano. As condições climáticas atuais, associadas à natureza e suprimento dos sedimentos, e a aspectos da dinâmica oceanográfica, têm propiciado o desenvolvimento de feições erosivas e construtivas na faixa litorânea; esta instabilidade pode ser constatada pela progradação da linha da costa, ocasionada por meio da formação de extensos depósitos arenosos e areno-argilosos com superfície plana a suavemente ondulada; barra arenosa; zonas de estirâncio e dunas costeiras.

Na área em estudo podem-se observar dois grandes compartimentos geomorfológicos: tabuleiro costeiro e planície costeira.

A região interior (Tabuleiro Costeiro) ocupada pela Formação Jandaíra e, principalmente, pela Formação Barreiras, constitui um domínio geomorfológico de distribuição contínua ao longo da costa, marcada por relevo tabular de baixa inclinação para o litoral, cotas baixas e dissecada pelos vales fluviais.

Na zona entre os tabuleiros e a faixa litorânea, o sistema de drenagem favorece o desenvolvimento de uma planície de inundação fluviestuária formada por depósitos arenosos e pelíticos comumente colonizados por algas, intercalados com depósitos de canais de maré e de transbordamento.

3. METODOLOGIA

A metodologia consiste na integração lógica dos diferentes dados disponíveis, conhecendo-se previamente os terrenos do ponto de vista físico, biótico e ambiental. O conjunto de todas essas informações foi integrado para gerar e armazenar uma base de dados georreferenciados *software* Arcview® GIS 3.2, possibilitando com isso uma análise sistemática de cada elemento dos mapas temáticos.

Desta forma, as informações armazenadas, podem ser gerenciadas para dar início ao cruzamento dos dados que resulta nos mapas de Vulnerabilidade Natural e Vulnerabilidade Ambiental. Os mapas que foram utilizados para a confecção do mapa de vulnerabilidade natural são: Mapa Geomorfo-lógico, Mapa Geológico, Mapa de Solos e Mapa de Vegetação.

O cruzamento dos mapas foi baseado no conceito de estabilidade de cada unidade considerando-

se o conceito de análise eco-dinâmica de Tricart (1977), onde a estabilidade é classificada conforme a Tabela 1.

TABELA 1: VALORES DE ESTABILIDADE DE UNIDADES DE PAISAGEM

UNIDADE	RELAÇÃO PEDOGÊNESE/MORFOGÊNESE	VALOR
Estável	Prevalece a pedogênese	11,0
Intermediária	Equilíbrio entre pedogênese e morfogênese	22,0
Instável	Prevalece a morfogênese	33,0

(Fonte: Crepani *et al.*, 1999, modificada de Tricart, 1977).

A integração dos dados temáticos é feita segundo um modelo utilizado por Barbosa (1997), Crepani *et al.*, (1996) e Grigio (2003), onde o grau de vulnerabilidade estipulado a cada classe foi distribuído em uma escala de 1,0 a 3,0 (Tabela 2), com intervalo de 0,5, distribuídas entre as situações de predomínio dos processos de pedogênese (às quais se atribuem valores próximos de 1,0), passando por situações intermediárias (às quais se atribuem valores ao redor de 2,0) e situações de predomínio dos processos erosivos modificadores das formas de relevo, morfogênese (às quais se atribuem valores próximos de 3,0).

TABELA 2: GRAU DE VULNERABILIDADE DOS MAPAS TEMÁTICOS

MAPA TEMÁTICO / CLASSE	GRAU DE VULNERABILIDADE
GEOLOGIA	
Formação Jandaíra	1,5
Formação Barreiras	2,0
Depósito de Planície de Maré	3,0
Depósitos Flúvio-marinhos	3,0
Depósitos Flúvio-estuarinos	2,5
Depósitos Aluvionares	2,5
GEMORFOLOGIA	
Superfície de Aplainamento e/ou Tabuleiro Costeiro	1,0
Planície interdunar	2,0
Dunas fixas	2,0
Dunas móveis	3,0
Planície de deflação	3,0
Planície aluvionar	2,5
Zona de estirâncio	3,0
Planície de maré	3,0
Intermaré	3,0
Supamaré	3,0
Terraço flúvio-estuarino	2,5
Terraço marinho	3,0
Ilhas Barreiras	3,0
Barras arenosas emersas	3,0
Barras arenosas submersas.	3,0
ASSOCIAÇÃO DE SOLOS	
Areias quartzosas distróficas (AQd)	2,0
Areias quartzosas marinhas distróficas (AQmd)	2,5
Solonchak solomético (SS)	3,0

Podzólico vermelho-amarelo eutrófico latossólico (PVAEL)	1,5
VEGETAÇÃO	
Vegetação de mangue	3,0
Vegetação de caatinga arbórea arbustiva fechada	3,0
Vegetação de caatinga arbustiva arbórea fechada	2,5
Vegetação de caatinga arbustiva aberta	2,0
Outro tipo de vegetação (gramínea, agrícola, pioneiras em geral)	1,5
Sem vegetação	1,0

(Fonte: Adaptado de Grigio, 2003).

O cruzamento dos mapas foi realizado utilizando-se o módulo *Geoprocessing Wizard* do software ArcView[®] GIS 3.2, que possibilita o cruzamento entre dois mapas. Primeiramente, foi realizado o cruzamento entre os mapas de unidades geomorfológicas e de geologia, posteriormente os mapas de associação de solos e de vegetação (Fig. 2). Na seqüência, foram cruzados os dois mapas, resultado dos cruzamentos anteriores e calculou-se a média aritmética dos valores de vulnerabilidade de cada classe.

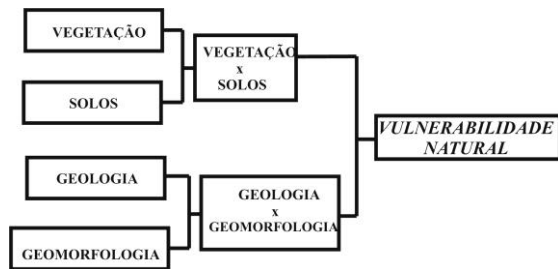


Fig. 2 - Árvore de decisão, representando os cruzamentos dos mapas temáticos.

O resultado da média aritmética foi distribuído em cinco classes de vulnerabilidade natural, através de um conceito relativo, ou lógica *fuzzy*, como mostra a tabela 3:

TABELA 3: MÉDIA ARITMÉTICA PARA AS CLASSES DE VULNERABILIDADE NATURAL

CLASSIFICAÇÃO	MÉDIA
Muito Baixa	0 – 1,3
Baixa	1,4 – 1,7
Média	1,8 – 2,2
Alta	2,3 – 2,5
Muito Alta	2,6 – 3

Para a obtenção do mapa de vulnerabilidade ambiental foi realizado o cruzamento entre o mapa de vulnerabilidade natural e o mapa de uso e ocupação do solo (Fig.3).

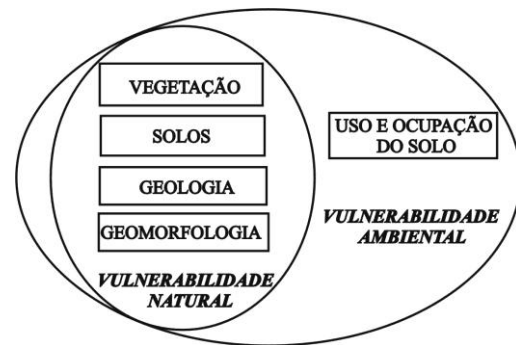


Fig. 3 - Roteiro para a confecção dos mapas de Vulnerabilidade Natural e Vulnerabilidade Ambiental.

Vulnerabilidade Ambiental segundo Tagliani (2003), significa a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer. O critério estipulado para o mapa de uso e ocupação do solo teve como foco principal o grau e tipo de antropização encontrados na área de estudo. Para o cruzamento foi utilizado a mesma escala aplicada anteriormente, isto é, de 1 a 3, com intervalo de 0,5.

Na tentativa de se obter um mapa de vulnerabilidade ambiental que representasse mais fielmente as peculiaridades da área de estudo, foi aplicado o método de ponderação de fatores, que permite a possibilidade de compensação entre os fatores através de um conjunto de pesos que indicam a importância relativa de cada fator. Os pesos de compensação indicam a importância de qualquer fator em relação aos demais. A tabela 4 apresenta esses valores.

TABELA 4: PESOS CALCULADOS PARA CADA FATOR NA ANÁLISE DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL

FATOR				
Geomorfologia	Geologia	Solos	Vegetação	Uso e Ocupação do Solo
0,2	0,1	0,1	0,1	0,5

4. RESULTADOS

Os mapas de Vulnerabilidade Natural e Ambiental servem para tomada de decisões por parte de órgãos governamentais ou privados. O objetivo dos mapas de vulnerabilidade é representar o conhecimento do comportamento atual do terreno, em relação à repostas dos processos de uso do solo.

A geração do mapa de vulnerabilidade natural visa mostrar a intensidade, e a sua distribuição na área do município, da susceptibilidade do ambiente levando-se em consideração, para os fatores geomorfologia, geologia e solos, a estabilidade em relação à morfogênese e a pedogênese e, para o fator vegetação, a estrutura das redes e teias alimentares, o estágio de fitossucessão e a biodiversidade; enquanto

que o mapa de vulnerabilidade ambiental refere-se à suscetibilidade do ambiente a pressões antrópicas.

O mapa de vulnerabilidade natural (Fig. 4) mostra a distribuição das categorias de vulnerabilidade da área de estudo e as suas áreas correspondentes, em hectares e porcentagem. Neste mapa pode-se observar o comportamento das feições físicas diante dos processos naturais, sem a interferência do meio antrópico.

A Tabela 5 mostra que a categoria que mais concentra áreas corresponde à vulnerabilidade média (55,28 %), seguida da vulnerabilidade muito alta (19,58 %), da vulnerabilidade baixa (11,03 %), da vulnerabilidade muito baixa (8,94 %) e, por último, da vulnerabilidade alta (5,17 %).

TABELA 5: VULNERABILIDADE NATURAL, EM HECTARE E %, DA ÁREA DE ESTUDO PRÓXIMA AO MUNICÍPIO DE MACAU (RN)

VULNERABILIDADE AMBIENTAL		
CLASSE	Área (ha)	%
Muito alta	56.93	0.19
Alta	269.82	0.90
Media	8440.94	28.01
Baixa	14975.20	49.68
Muito baixa	6397.76	21.23
Total	30140.65	100.00

Vulnerabilidade ambiental consiste em qualquer conjunto de fatores ambientais de mesma natureza que, diante de atividades que estão ocorrendo ou que venham a ocorrer, poderá sofrer adversidades e afetar, de forma total ou parcial, a estabilidade ecológica da região em que ocorre (Andersen & Gosken, 1989).

Para a obtenção do mapa de vulnerabilidade ambiental foram realizados diversos cruzamentos, com diferentes pesos compensatórios para os fatores vulnerabilidade natural e uso e ocupação do solo, visando representar mais fielmente as peculiaridades da área estudada. Os pesos de compensação indicam a importância de qualquer fator em relação aos demais.

A combinação de pesos apresentados foi considerada como a combinação mais representativa que exprime os seguintes pesos compensatórios:

$$\{0,2 \times [\text{Tema 1}] + 0,1 \times [\text{Tema 2}] + 0,1 \times [\text{Tema 3}] + 0,1 \times [\text{Tema 4}] + 0,5 \times [\text{Tema 5}]\}$$

Onde:

Tema 1 = Mapa geomorfológico

Tema 2 = Mapa geológico

Tema 3 = Mapa de solos

Tema 4 = Mapa de vegetação

Tema 5 = Mapa de uso e ocupação.

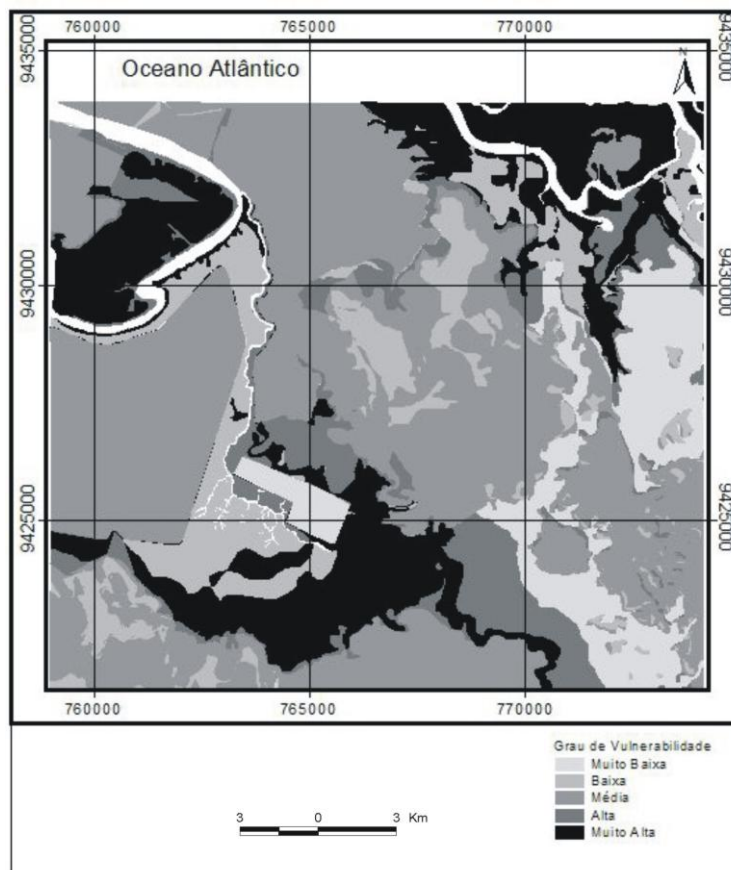


Fig. 4 - Mapa de vulnerabilidade natural da área de estudo, próximo ao município de Macau (RN).

Na fórmula acima o fator geomorfologia ganha destaque com peso superior aos de geologia, solos e vegetação, devido a ter este uma forte influência no modelamento das formas de relevo, que é, segundo Silveira *et al.* (2001), Silveira (2002), IDEMA (2002) e Grigio (2003), resultante da ação constante dos processos do meio físico, das condições climáticas, das variações do nível do mar, da natureza das seqüências geológicas, das atividades neotectônicas e do suprimento de sedimentos carreados pelos rios e oceano.

O fator uso e ocupação do solo ganharam um valor de peso superior aos demais (0,5) porque se considera o fator antrópico relevante, como um agente modelador da paisagem. Nesse sentido é de suma importância em qualquer tipo de análise ambiental, principalmente, em local onde se encontra a confluência de atividades econômicas de potencial risco ambiental, como por exemplo: atividades da indústria petrolífera e salineira. Deste modo, o uso e ocupação do solo servem para demonstrar o quanto de pressão antrópica sofre as unidades geoambientais estudadas.

O mapa de vulnerabilidade ambiental com a combinação acima citada é mostrado na Figura 5. As superfícies e porcentagens das áreas de vulnerabilidade ambiental para a área de estudo, que fica próxima ao município de Macau, são apresentadas na Tabela 6.

A vulnerabilidade ambiental está distribuída da seguinte forma: vulnerabilidade muito baixa, 21,23 %; vulnerabilidade baixa, 49,68 %; vulnerabilidade média, 28,01 %; vulnerabilidade alta, 0,90 %; e vulnerabilidade muito alta, 0,19 %. Somando-se a vulnerabilidade muito baixa, baixa e média, verifica-se que a maior parte do município (98,92 %) está classificada dentro dessas categorias.

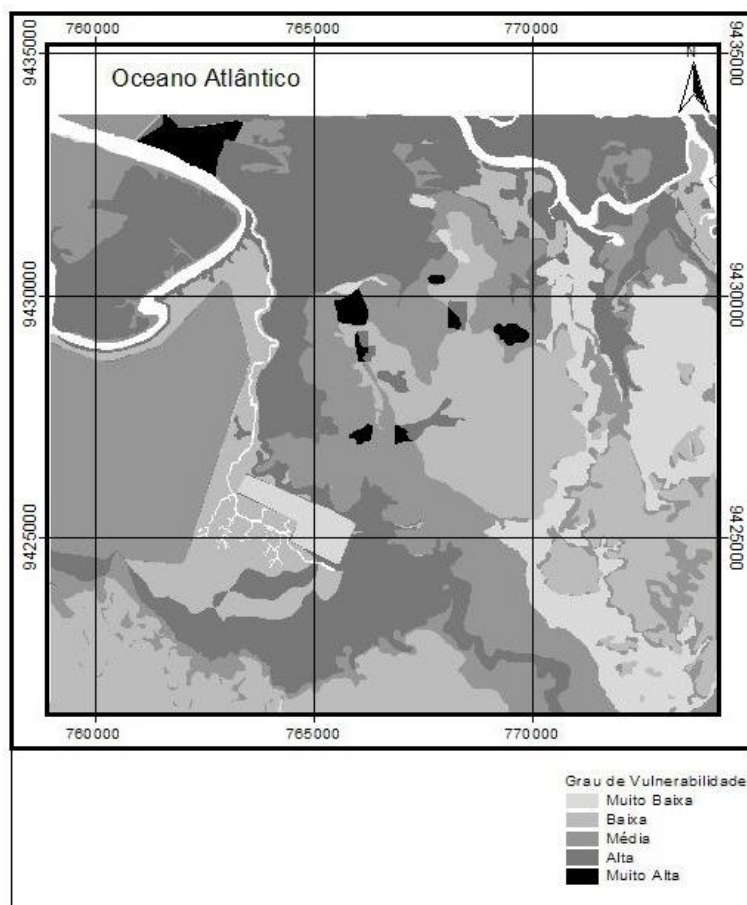


Fig. 5 - Mapa de vulnerabilidade ambiental da área de estudo, próximo ao município de Macau (RN).

5. DISCUSSÃO

Para operacionalizar o uso e ocupação do solo de uma região é necessário o conhecimento da forma em que o ambiente reage a pressões antrópicas impostas, assim como o grau de suporte a essas pressões. A geração do mapa de vulnerabilidade natural visa mostrar a intensidade, e a sua distribuição na área do município enquanto que o mapa de vulnerabilidade ambiental refere-se à susceptibilidade do ambiente a pressões antrópicas.

O objetivo dos mapas de vulnerabilidade é representar o conhecimento do comportamento atual do terreno, em relação à repostas dos processos de uso do solo. Com os mapas é possível conhecer áreas que apresentam alto risco de acidentes com petróleo, assim como áreas potencialmente estáveis, para fins de melhor tratamento dessa área para um uso e ocupação atual e futura.

As áreas de vulnerabilidade natural baixa estão localizadas sobre as Formações Barreira e Jandaíra, na unidade geomorfológica Tabuleiro Costeiro, com vegetação de espécies pioneiras, outros

tipos de vegetação ou ainda com caatinga arbustiva aberta. Em geral, refere-se à vegetação de baixa ou nenhuma biodiversidade.

A categoria vulnerabilidade natural média está distribuída principalmente no compartimento tabuleiro costeiro, neste caso, destacam-se as formações de vegetação em estágio de sucessão mais avançado e com maior diversidade de espécies, como é o caso da caatinga arbórea arbustiva fechada.

As outras classes aparecem na compartimentação da planície costeira, com destaque para as classes duna fixa e terraço flúvio-estuarino. Nesse compartimento o grau de vulnerabilidade é fortemente influenciado pelo solo que, em geral, é do tipo: areias quartzosas distróficas e areias quartzosas marinhas distróficas.

A análise da vulnerabilidade ambiental, no compartimento tabuleiro costeiro, apresenta vulnerabilidade muito baixa, que são áreas com menor pressão antrópica, e delimitadas, pelas formações vegetais de caatinga arbórea arbustiva fechada, caatinga arbustiva arbórea fechada. Quanto à vulnerabilidade ambiental média, ou seja, que apresenta uma relativa pressão antrópica, estão distribuídas em grandes áreas, tanto no compartimento

tabuleiro costeiro quanto no compartimento planície costeira. Pode-se dizer que o primeiro compartimento sofre uma influência das atividades de exploração petrolífera existente na área e o segundo compartimento, está caracterizado pela vegetação existente sobre dunas fixas, mangues e campos salinos.

As áreas de vulnerabilidade muito alta representam a cidade de Macau e vilarejos, por isso, exercem maior pressão sobre as unidades geoambientais, estando compartimentada, em parte, na planície costeira.

6. CONCLUSÃO

A proteção de nossos vastos recursos econômicos e naturais implica estarmos preparados para responder de maneira decisiva e eficaz há uma emergência em que ocorra derramamento de óleo. A realização de estudos ambientais não é suficiente para garantir uma gestão adequada e eficiente do meio ambiente.

A metodologia utilizada, associada com a ferramenta computacional de análise, é flexível, e permite a inclusão de dados complementares ou mesmo a reavaliação das informações temáticas e critérios utilizados, a partir do qual, pode-se chegar a uma tomada de decisão. O mapa interpretativo, então, poderá se tornar prescritivo, indicando, além das áreas mais vulneráveis ambientalmente, aquelas mais adequadas ao desenvolvimento de projetos específicos.

As possibilidades de inter-relações entre o mapa de vulnerabilidade ambiental gerado e outras informações são inúmeras, fornecendo resultados espacializados e georreferenciados, sendo uma ferramenta importante e útil ao apoio à decisão. Embora a sociedade moderna necessite de uma série de produtos derivados do petróleo para seu completo funcionamento, associada a essa dependência deve haver uma correspondente responsabilidade para manejar esses produtos de modo eficaz e seguro, a fim de evitar desastres ambientais.

Os resultados obtidos, no que concerne à vulnerabilidade do entorno a acidentes das instalações da indústria petrolífera, são produtos de um banco de dados limitado. São necessárias informações adicionais, assim como levantamentos de campo mais apurados e mapeamentos em escala mais adequada para uma análise mais detalhada, entretanto, as análises realizadas servem como primeira aproximação para futuros estudos.

Dos cruzamentos testados para a confecção de mapas de vulnerabilidade, para o entorno das instalações da indústria petrolífera, as áreas que foram mais destacadas e merecem especial atenção são: Pólo petrolífero de Guamaré, a área do município de Macau e as salinas.

As atividades desenvolvidas pela indústria petrolífera são de grande risco para o meio ambiente e para as populações que vivem no entorno de suas instalações. Aparentemente, a população local não está

ciente dos riscos e não está preparada para enfrentá-los. Cabe à indústria petrolífera adotar as medidas necessárias para prevenir, evitar e remediar acidentes que possam vir a danificar o espaço que todos necessitam, direta ou indiretamente, para viver. Assim, a criação de um plano de contingência torna-se de extrema importância, tais como: planos de emergência, escolha de rotas para transporte de materiais perigosos, informação e sistemas de alerta, planejamento físico e proteção ambiental.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, pelo financiamento à pesquisa através do convênio 1522002 FUNPEC/FINEP/CTPetro, ao Programa de Pós Graduação em Geociências da UFRN pelo apoio durante a realização do trabalho e a CAPES pela concessão de bolsa de mestrado à primeira autora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.F.M.; HASSUI, Y.; BRITO NEVES, B.B. & FUCK, R.A., 1977. Províncias estruturais brasileiras. In: SBG, Simpósio Brasileiro de Geologia do Nordeste, 2, Campina Grande, **Anais**. p. 242-258.

ANDERSEN, L.J. e GOSK, J. Applicability of vulnerability maps. **TNO Committee for Hydrological Research: Proceeding and Information**. The Netherlands. 1987, v 38, p. 321-332.

ARARIPE, P.T. & FEIJÓ, F., 1994. Bacia Potiguar. **Boletim de Geociências da PETROBRÁS**. 8(1): 127-141.

BARBOSA, C. C. F. 1997. **Álgebra de mapas e suas aplicações em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento. Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 126p.

BERTANI, R.T.; Neto, A.F.A.; MATOS, R.M.D., 1987. **O habitat do petróleo da Bacia Potiguar Emersa**. Boletim de Geociências da PETROBRÁS. 1(1): 41-49.

CALDAS L.H.O. 1998. **Estudo Geológico e Geofísico da Falha de Carnaubais, Bacia Potiguar – RN e Implicações Neotectônicas**. Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Dissertação de Mestrado, 89 p.

COSTA, M.I.P. **Os Sistemas de Dunas Litorâneas da Região de Natal: Granulometria e Morfoscopia dos Grãos de Quartzo**. Natal. UFRN/CCET, Departamento de Geologia, Boletim 1: 1-5p., 1999.

CREMONINI, O.A.; GOULART, J.P.M.; SOARES, U.M., 1996. **O Rifte Potiguar: novos dados e**

aplicações tectônicas. In: UNESP, Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 4, São Paulo, *Boletim...*, p. 89-93.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T. 1996. **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico.** São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

DANTAS E.P. 1998. **Gravimetria e Sensoriamento Remoto: Uma Aplicação ao Estudo da Tectônica Recente entre Macau e São Bento do Norte (RN).** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 97 p.

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.** CCET. PPGGG. UFRN. Dissertação de Mestrado. 222p.

IDEMA. 2002. **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, SUGERCO/IDEMA. Relatório Final. Natal.

JARDIM DE SÁ, E.F., 1984. A evolução Proterozóica da Província Borborema. In: SBG, simpósio de Geologia do Nordeste, 11, Recife, *Atas...*, p. 297-271.

JARDIM DE SÁ, E.F., 1994. **A Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e seu significado geodinâmico na Cadeia Brasileira/Pan-Africana.** Universidade de Brasília, Brasília, Tese de Doutorado. 803 p.

SILVEIRA, I. M. da.; Vital, H; Amaro, V. E. 2001. Evolução costeira da região de Guamaré-RN. In.: Congresso da ABEQUA, 8, **Boletim de Resumos.** Imbé, p. 545-546.

SILVEIRA, I. M. da. 2002. **Estudo evolutivo das condições ambientais da região costeira do Município de Guamaré-RN.** Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. Dissertação de Mestrado, 177p.

TAGLIANI, C.R. Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações. In: XI SBRS, Belo Horizonte, MG, *Anais.* p. 1657-1664, 2003.

TRICART, J. 1977. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro, 91p.