

## **Mapeamento multitemporal de bancos areno-lamosos nos campos petrolíferos de Macau e Serra (RN/Brasil), como subsídio às medidas mitigadoras ao processo erosivo.**

Sérgio Tadeu Praxedes de Lima Dantas<sup>1</sup>;  
Venerando Eustáquio Amaro<sup>1,2</sup>;

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN/PPGCEP.  
Caixa Postal 1584 - Natal - RN, Brasil  
sergiotdantas@uol.com.br

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN/PPGG  
Caixa Postal 1584 - Natal - RN, Brasil  
amaro@geologia.ufrn.br

### **Abstract**

The northern coast of Rio Grande do Norte State, Northeast Brazil, is characterized by intense sediments transport process by wind and sea (waves and currents) actions which causes erosion and shoreline morphological instability. Mapping wetlands and mangrove forest was realized in order to subsidize mitigating measures related to the containment of the erosive process on the oil fields of Macau and Serra installed at the studied area. Through remote sensing images, it was possible to make an analogy from the differences spectral characteristics between wetlands and mangrove areas, showing the possibility of re-establishment of the area, which has been found in the physical-chemical and potential characterization of the soil (Dantas, 2009), contributing for the environmental monitoring of that fragile ecosystem. The image processing generated RGB color images of multispectral bands and Principal Components from the Landsat 5 TM images obtained by the satellite on June/13/2000 and December/12/2008. The applied processing methodology was important to the wetlands mapping units on the study area surface, indicating at least 10.13 km<sup>2</sup> of wetlands and of these approximately 0.89 km<sup>2</sup> with the possibility to be used in a reforestation action to reestablish a typical mangrove flora. These areas are considered the most favorable sites for mangrove reforestation as a strategy for erosion protection on the studied coastal zone.

**Palavras-chave:** remote sensing, principal component analysis, mangrove ecosystem, erosive process, sensoriamento remoto, análises por principais componentes, ecossistema manguezal, processo erosivo.

### **1. Introdução**

Durante os últimos anos, o litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte tem sido alvo de constantes estudos de avaliação e monitoramento ambiental. Na região, a conformação litorânea é caracterizada por intenso processo de transporte de sedimentos através de ações marinha e eólica, o que acarreta em erosão e situações de instabilidade morfológica da linha de costa.

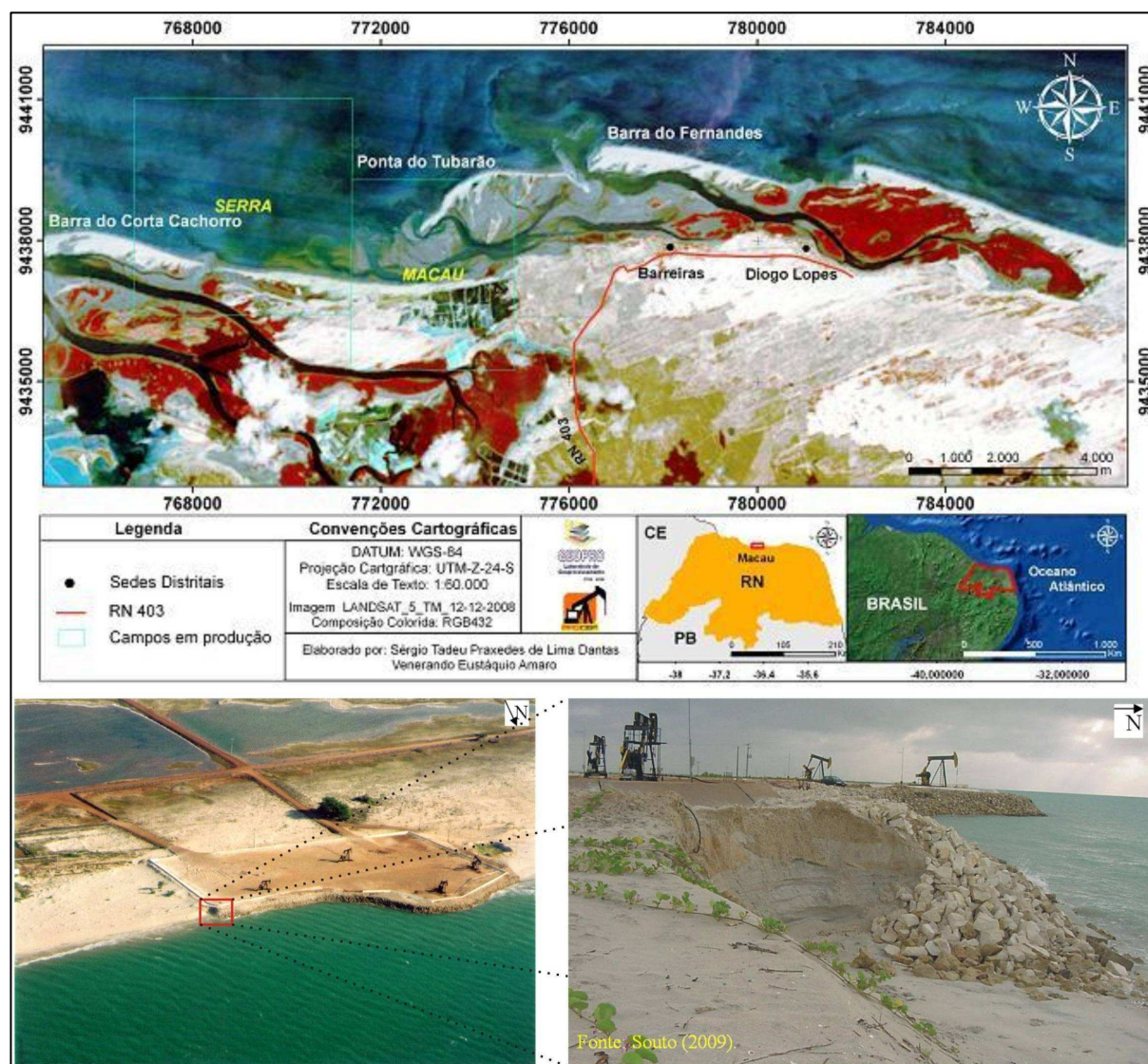
Esta situação tem causado transtornos operacionais à indústria petrolífera instalada na área, oferecendo riscos tanto a atividade de exploração de óleo quanto ao ecossistema da região estudada. Sendo assim, as empresas e as instituições de pesquisas são obrigadas a constantes ações de engenharia para proteção das instalações e mitigação de impactos.

Desta forma, a proposta deste trabalho é de análise da evolução natural dos bancos areno-lamosos, periodicamente submersos, presentes na área que, uma vez estabilizados, espera-se criar condições físico-químicas e biológicas favoráveis à instalação de florestas de manguezal, configurando deste modo uma proteção natural para a linha de costa e conseqüente redução da ação erosiva sobre as áreas exploratórias costeiras dos campos petrolíferos de Serra e Macau.

Portanto, este trabalho consistiu no mapeamento multitemporal, através de imagens de sensores remotos orbitais e dados de campo, dos bancos areno-lamosos na área delimitada pelas coordenadas UTM (Zona 24 Sul) nos meridianos 9.432.825,46 m N e 9.442.160,02 m N e nos paralelos 764.626,18 m E e 787.855,11 m E; bem como na analogia das respostas

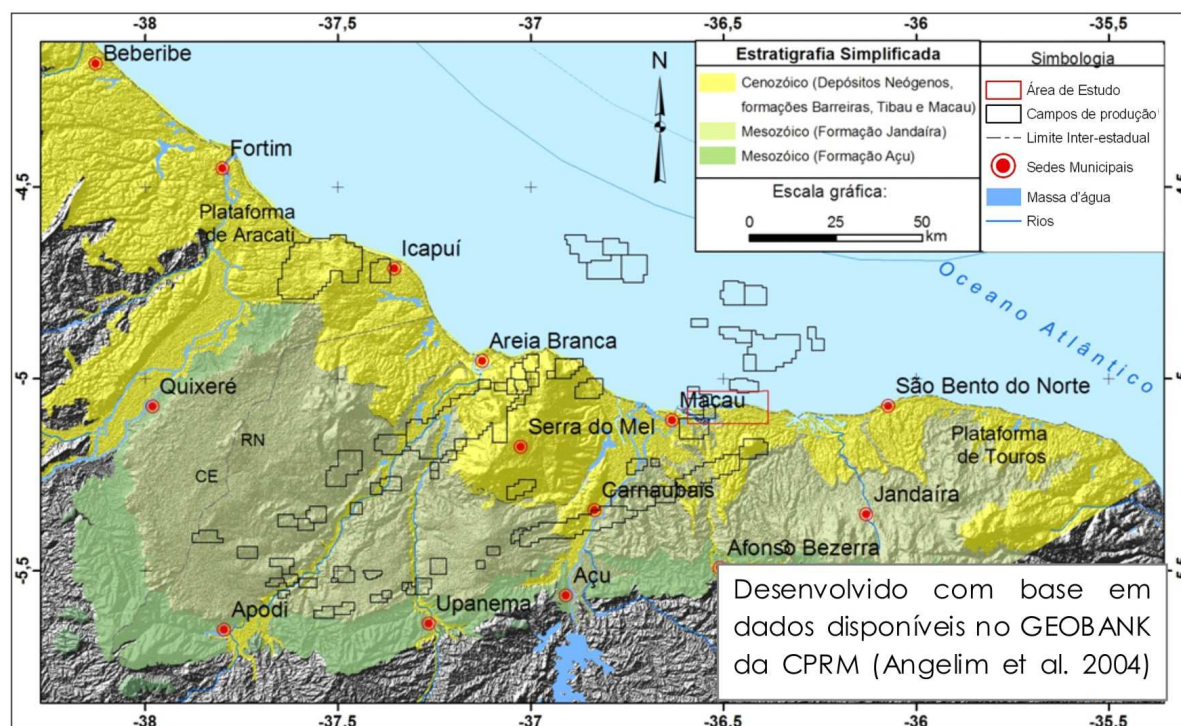
espectrais entre esses bancos e áreas vegetadas com manguezal. Estas ações contribuem para o monitoramento ambiental deste frágil ecossistema que está sujeito a sofrer interferências antrópicas, que desestabilizam as interações organismo-ambiente.

A área de estudo pertence ao Município de Macau, onde se encontram os campos petrolíferos de Macau e Serra e o Parque Eólico de Macau, todos da Petrobras, inseridos no contexto geológico da Bacia Potiguar, abrangendo áreas emersas e submersas rasas (Figura 1).



**Figura 1:** Localização geográfica da área de estudo, com ênfase para o problema erosivo que ocasiona riscos à produção e exploração dos campos petrolíferos de Macau e Serra. Adaptado de Dantas (2009) e Souto (2009).

A geologia na área está relacionada ao contexto terciário-quadernário da Bacia Potiguar (Figura 2). Bacia esta situada no extremo leste da margem continental brasileira, abrangendo parte dos estados do Rio Grande do Norte e Ceará e suas respectivas plataformas continentais, ao longo de aproximadamente 48.000 km<sup>2</sup>, sendo que 21.500 km<sup>2</sup> estão na porção emersa e 26.500 km<sup>2</sup> na porção submersa (Pessoa Neto *et al.*, 2007).



**Figura 2:** Contexto geológico da Bacia Potiguar, com indicação da área de estudo e dos principais campos de exploração de petróleo *onshore* e *offshore*. Adaptado de Silva, 2009.

A Bacia Potiguar é considerada com relação ao território nacional como a maior produtora de hidrocarbonetos em terra e segunda maior em mar, com uma produção diária de 100.000 barris de óleo (85.000 barris no RN e 15.000 barris no CE) e 4 milhões de m<sup>3</sup> de gás natural (ANP, 2008).

## 2. Metodologia

A estratégia metodológica deste trabalho envolveu o levantamento bibliográfico e cartográfico, bem como o processamento digital para interpretação visual de imagens digitais de satélites orbitais com a finalidade de avaliar as que melhor representassem os bancos areno-lamosos, objetivando a confecção de mapas temáticos multitemporais da área com base na resposta espectral dos alvos e na identificação e reconhecimento das feições interpretadas com aquelas em campo.

As bandas multiespectrais das imagens LANDSAT 5 TM de 13/Junho/2000 e de 12/Dezembro/2008 foram submetidas à etapas de processamento digital que incluíram o georreferenciamento, cálculos estatísticos, Análise por Principal Componentes e Decorrelação de bandas, associadas em composições RGB.

A análise por principais componentes (PC) e a decorrelação de bandas foram utilizadas com o objetivo de realce dos bancos areno-lamosos e das demais unidades geoambientais associadas à área de estudo.

## 3. Resultados e Discussão

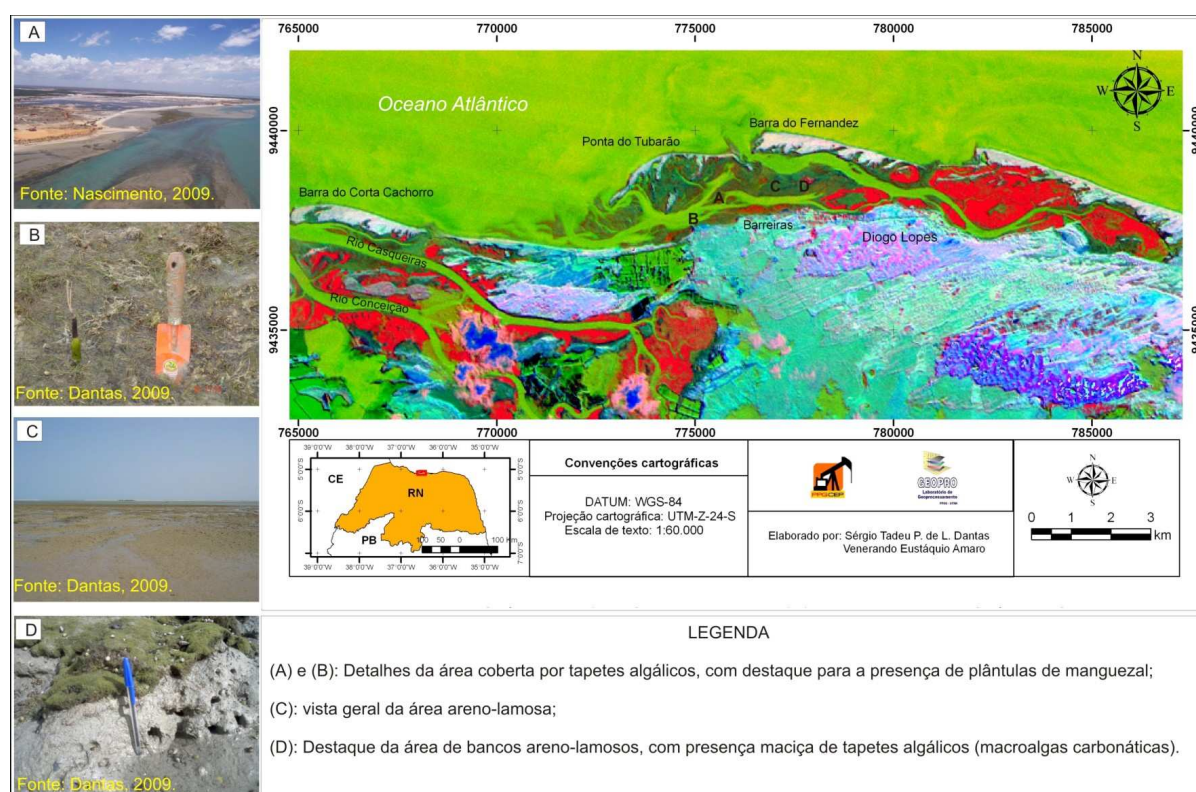
A partir da interpretação visual das imagens resultantes dos processamentos aplicados foi possível efetuar a discriminação das diversas unidades geoambientais, destacando principalmente as feições caracterizadas como bancos areno-lamosos e suas diferenças (mais ou menos argilosos), além da vegetação de manguezal e ainda a presença antrópica na região.



## Análise multitemporal dos bancos areno-lamosos: 2000 a 2008

A análise multitemporal se constitui no acompanhamento da evolução de determinados alvos e/ou objetos em intervalos de tempo distintos; sendo que para a área em estudo, a interpretação das imagens de sensoriamento remoto proporcionou a elaboração de mapas com caráter multitemporal para as unidades geomorfológicas caracterizadas como bancos areno-lamosos, no intervalo de tempo de aproximadamente uma década (Landsat 5 TM 13/Junho de 2000 e Landsat 5 TM 12/Dezembro de 2008).

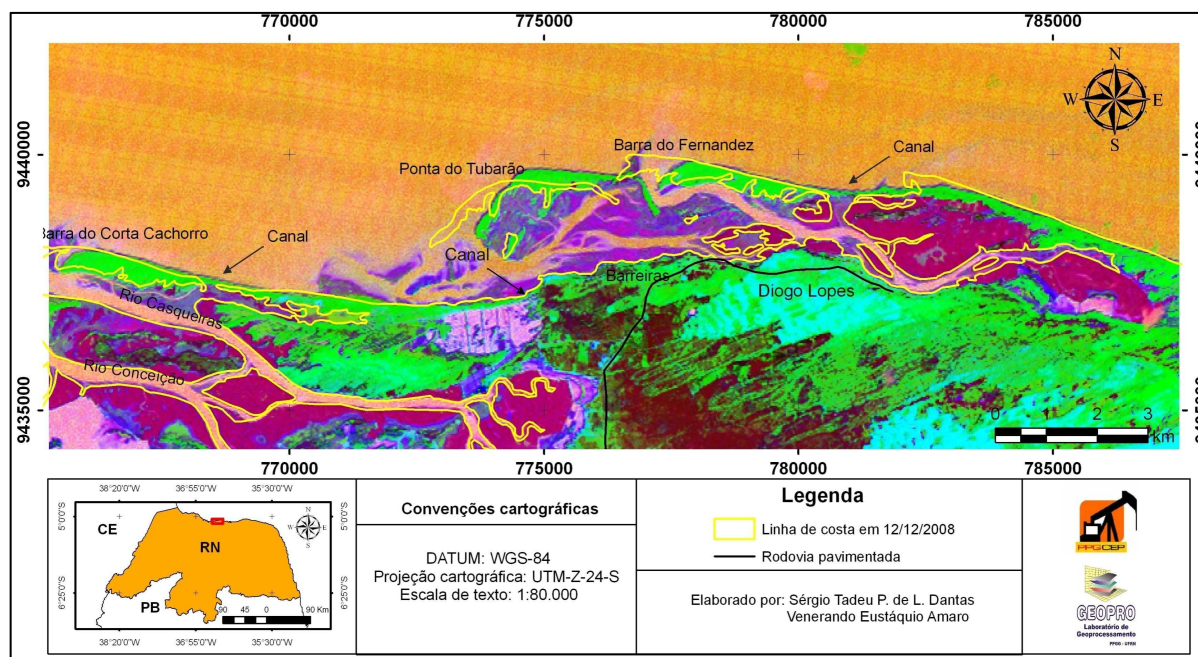
Para a imagem Landsat 5 TM 12/Dezembro de 2008, foi possível destacar a composição R(PC5) G(PC3/PC4) B(Banda 5), integrando informações das principais componentes com bandas originais, realçando as diferenças entre as principais unidades de paisagem no ambiente costeiro (Figura 3).



**Figura 3:** LANDSAT 5 TM de 12/Dezembro de 2008 com a R(PC5) G(PC3/PC4) B(Banda 5), com destaque para os bancos areno-lamosos representados por áreas com vegetação rasteira e tapetes algálicos, sendo estas as mais propícias ao desenvolvimento de manguezal. Adaptado de Dantas, 2009.

Para a imagem Landsat 5 TM 13/Junho de 2000 foi aplicada a decorrelação de bandas, onde obteve-se como resultado a composição {R(D1) G (D3) B(D4)}, onde foi possível estabelecer uma analogia com a linha de costa em 12/Dezembro/2008, Figura 4.

As informações interpretadas revelaram importantes modificações na morfologia da linha de costa, como por exemplo, a abertura de três canais, sendo dois naturais e um terceiro artificial. O primeiro é notado nas proximidades da Barra do Corta Cachorro (Canal do Arrombado) que teve sua abertura em fevereiro de 2006 (Nascimento, 2009). Também em fevereiro de 2006, um segundo canal é aberto devido a um intenso processo erosivo norte-sul, que favoreceu na abertura do Canal de maré do Fernandez, passando a ser ilha barreiras do Fernandez (Figura 4). O terceiro canal, que é artificial, está localizado em frente à salina Soledade.

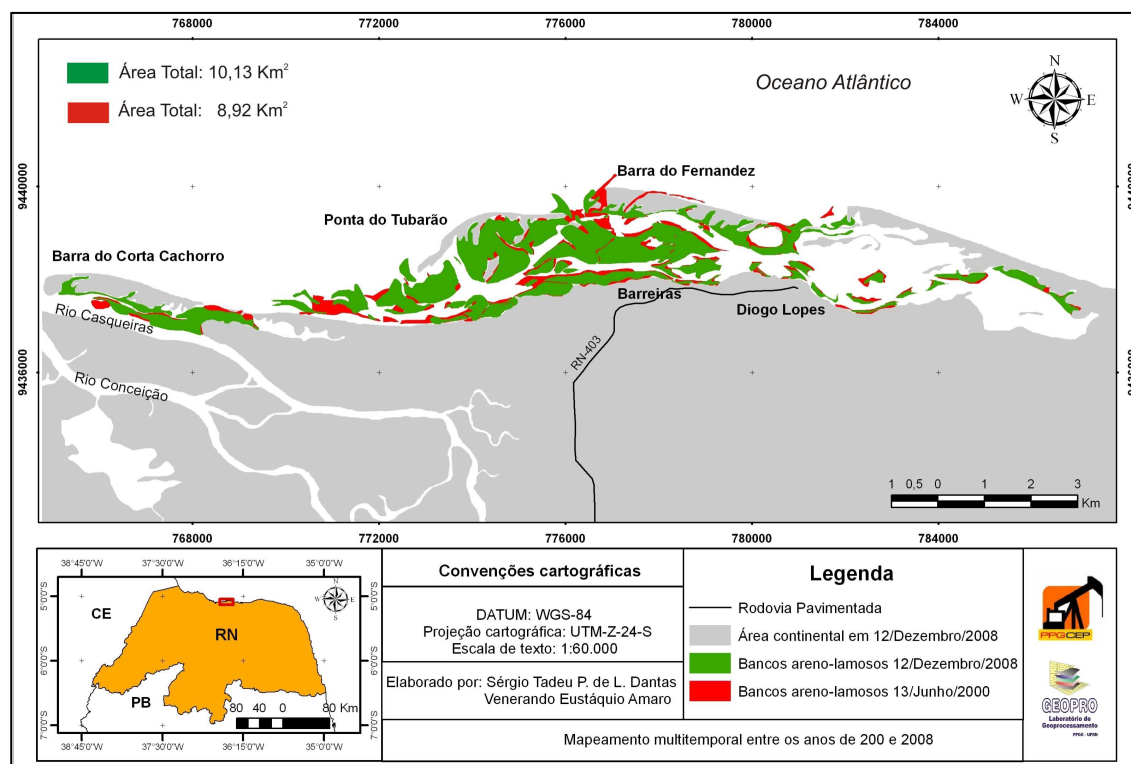


**Figura 4:** LANDSAT 5 TM de 13/Junho de 2000 com a R(D1) G(D3) B(D4), com destaque para a intensa dinâmica costeira na região, como mostra a abertura de três canais na comparação com a imagem de 12/Dezembro de 2008.

A abertura destes canais pode acelerar o processo erosivo sobre as instalações petrolíferas, pois a área antes protegida agora é submetida à ação das correntes marinhas com maior intensidade; além de acarretar maior impacto sobre as vegetações de manguezal, que por sua vez, servem de proteção natural para a linha de costa. Já com relação ao canal artificial, é encontrado um novo desafio, o de convencer os responsáveis pela salina do fechamento do mesmo, visto que é uma área prioritária de plantio, podendo está disposta à intensa salinidade, ocasionando interferências negativas à vegetação.

Desta forma, o mapeamento realizado para a imagem de 13/Junho de 2000 resultou em uma área disponível de bancos areno-lamosos de cerca de 8,92 km<sup>2</sup> ou 892 ha. Para a imagem Landsat 5 TM 12/Dezembro de 2008, os resultados indicam uma área disponível de bancos areno-lamosos com cerca de 10,13 km<sup>2</sup> ou 1013 ha, sendo que destes, Dantas (2009) analisou, através de amostras coletadas em campo, cerca de 0,89 km<sup>2</sup> com características físico-químicas viáveis para o plantio (Figura 5).

Quando comparadas entre os anos de 2000 e 2008, áreas de interesse para o plantio e área total, percebe-se que as mesmas se mantiveram praticamente estáveis (Figura 5), ocorrendo inclusive um aumento da área total de bancos. Este aumento proporcional de bancos areno-lamosos está associado ao transporte de sedimentos através de ações marinha e eólica; ou seja, durante este período (entre 2000 e 2008), possivelmente, foi carreado, através destas forças, apenas o material mais arenoso, composto de areias quartzosas. Assim, quando deslocada esta parte superficial, podem-se constatar logo na camada abaixo, extensões de bancos com granulometria mais fina e notoriamente mais estáveis quando comparados ao material de granulometria mais grossa, que facilmente é conduzido pelas presentes variáveis ambientais supracitadas.



**Figura 5:** Análise multitemporal para a abrangência dos bancos areno-lamosos entre os anos de 2000 e 2008. Adaptado de Dantas (2009).

#### 4. Conclusões

Os resultados obtidos apontaram a relevância do emprego de técnicas de geoprocessamento, entre elas o processamento digital aplicado às imagens de satélites tais como o Landsat 5 TM e a integração de dados georreferenciados em SIG, como uma valiosa maneira de extrair-se informações destinadas às aplicações em pesquisas geoambientais;

Os produtos alcançados técnicas de PC e Decorrelação revelaram desempenhos significativos no que diz respeito à detecção e discriminação das feições de interesse, proporcionando cores contrastantes e limites entre padrões espectrais bem definidos, o que permitiu o mapeamento multitemporal de maneira eficaz.

A elaboração desta análise contribui com o monitoramento destes bancos areno-lamosos, o que nos beneficia com a visualização temporal do quanto cresceu e/ou diminuiu em área disponível dos mesmos para o reflorestamento com espécies de manguezal, representando numa das alternativas que convertam na manutenção da estabilidade na linha de costa, com conseqüente redução da ação erosiva que impacta sobre a exploração e produção de hidrocarbonetos nos campos petrolíferos de Macau e Serra, Estado do Rio Grande do Norte, Brasil.

#### 5. Agradecimentos

Os autores agradecem aos Projetos Cooperativos PETRORISCO – Fase 2 ("Monitoramento Ambiental de áreas de risco a derramamento de petróleo e seus derivados"), HIDROSEMA ("Monitoramento das Mudanças Ambientais e da Influência das Forçantes Hidrodinâmicas na Morfodinâmica Costeira nos Campos de Serra-Macau, Bacia Potiguar") e MOLECO (Monitoramento das Mudanças de Longo Prazo e da Poluição) da Rede Cooperativa Norte-Nordeste em Monitoramento Ambiental de Áreas sob Influência da Indústria Petrolífera (REDE 05-PETROMAR, CTPETRO-FINEP/PETROBRAS/CNPq) pelos recursos

disponibilizados e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela Bolsa de Doutorado concedida ao primeiro autor.

## 6. Referências

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 2008. Brasil Round 10 - Décima rodada de licitações. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.brasil-rounds.gov.br>>. Acesso em 05/10/2010.

Dantas, S. T. P. L. Caracterização Ambiental de Bancos Arenos-Lamosos nos Campos Petrolíferos de Macau e Serra (RN), como Subsídio às Medidas Mitigadoras ao Processo Erosivo. 2009. 103 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia do Petróleo) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia do Petróleo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal-RN. 2009.

Chaves, M.S.; Vital, H.; Silveira, I.M. 2006. Beach morphodynamics of the Serra oil field, northeastern Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI 39. p. 594-597.

Nascimento, M. C. A erosão costeira e sua influencia sobre a atividade petrolífera: Alternativas sustentáveis na mitigação de impactos ambientais. 2009. 222 p. Dissertação (Mestrado em Geofísica e Geodinâmica). Programa de Pós-graduação de Geofísica e Geodinâmica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN. 2009.

Pessoa Neto, O.C.; Soares, U.M.; Silva, J.G.F.; Roesner, E.H.; Florêncio, C.P.; Souza, C.A.V. 2007. **Bacia Potiguar**. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n.2, p. 357-369.

Souto, M. V. S. Análise da Evolução Costeira do Litoral Setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, Região Sob Influência da Indústria Petrolífera. 2009. Tese (Doutorado em Geofísica e Geodinâmica). Programa de Pós-graduação de Geofísica e Geodinâmica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN. 2009.

Silva, D. R. V. A paisagem costeira nas adjacências da foz do Rio Assu (RN) a partir da integração de imagens orbitais óticas e de RADAR. 2009. 114 p. Monografia de Graduação, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2009.

Vital, H. The mesotidal barrier of Rio Grande do Norte. In: Dillemburg, S. e Hesp, P. (eds.), *Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil*, **Springer-Verlag**, Berlin, Germany. (ISBN: 9783540250081). 2009. p.289-324.