



## Assinaturas Espectrais em Depósitos Eólicos Litorâneos da Praia de Caetanos (Itapipoca – CE)

Mesquita<sup>1</sup>, Áquila Ferreira; Lima<sup>2</sup>, Gledson Santos; Silva Filho<sup>3</sup>, Wellington Ferreira; Duarte<sup>3</sup>, Cynthia Romariz

**Resumo:** A identificação de diferentes de depósitos eólicos na região da Praia de Caetanos, município de Itapipoca, litoral oeste do Estado do Ceará, foi realizada através de classificação supervisionada pelo método do paralelepípedo. Os depósitos eólicos estudados são pouco perceptíveis em imagens de baixa resolução espacial e foram delimitados com o auxílio de Imagens RapidEye. A resolução espacial dessas imagens (5m) possibilitou a distinção de forma e textura dos depósitos em conjunto com trabalho de campo a fim de reconhecer os mesmos alvos identificados em ambiente PDI (Processamento Digital de Imagens). Essa classificação mostrou resultados satisfatórios para distinção de quatro classes de amostragem: eolianitos, dunas móveis, faixa de praia e áreas vegetadas, esta última incluindo áreas de dunas fixas e parabólicas. Essa eficácia está relacionada ao agrupamento de pixels em conjuntos com desvio-padrão pré-definido.

**Palavras-chave:** Imagem RapidEye, Eolianitos, Dunas, Classificação por paralelepípedo

**Abstract:** *The identification of different generations of a eolian deposits in the region of Praia de Caetanos, municipality of Itapipoca, west coast of Ceará State, was carried out through supervised classification by the parallelepiped method. The aeolian deposits studied are barely perceptible in low spatial resolution images, but were delimited using RapidEye Images. The spatial resolution of these images (5m) made it possible to distinguish the shape and texture these deposits with fieldwork and Image Digital Processing. Although rarely used, the supervised classification by the parallelepiped method provided satisfactory results in distinguishing four types of sampling: eolianites, moving sand dunes, beach stretches, and vegetated areas, the latter including areas of fixed parabolic dunes. Such effectiveness is related to pixels grouped in sets with pre-defined standard deviation, avoiding the classification of pixels whose spectral behavior does not fit in these sets, since this could mask the eolianite bodies, in case those were to be included.*

**Key words:** *RapidEye Image, Eolianites, Dunes, Classification by parallelepiped*

1 Universidade Federal do Ceará - Departamento de Geologia

2 Universidade Federal do Ceará - Departamento de Geografia

3 Universidade Federal do Ceará – Departamento de Geologia – Laboratório de Geoprocessamento

Autor para correspondência: Áquila Ferreira Mesquita

Programa de Pós-Graduação em Geologia - Universidade Federal do Ceará - Av. Humberto Monte, s/n, Campus do Pici, bloco 912 - Fortaleza - CE. E-mail: [aq.fmesquita@gmail.com](mailto:aq.fmesquita@gmail.com)

Recebido em 09 de Junho de 2014 / Aceito em 01 de Outubro de 2014

## 1. INTRODUÇÃO

A costa do nordeste do Brasil caracteriza-se pelo domínio dos processos eólicos controlados, principalmente, pelo clima semiárido e regime de ventos originados no oceano por processos climatológicos diversos (Meireles *et al.*, 2005; Hesp *et al.*, 2009; Tsoar *et al.*, 2009 ; Hesp, 2013; ). Tais características controlam a sedimentação de material granular ao longo da costa cearense, sendo responsáveis pela

construção de campos de dunas ao longo do Holoceno. Durante esse intervalo, foram originadas várias gerações de campos de dunas. Devido ao curto período de exposição à ação erosiva, tais depósitos conservaram suas formas e relações estratigráficas ao longo da costa do Ceará. Dentre esses depósitos, Maia (1998) identificou quatro gerações de dunas litorâneas, organizadas no espaço e no tempo a partir de suas relações estratigráficas (Figura 1):

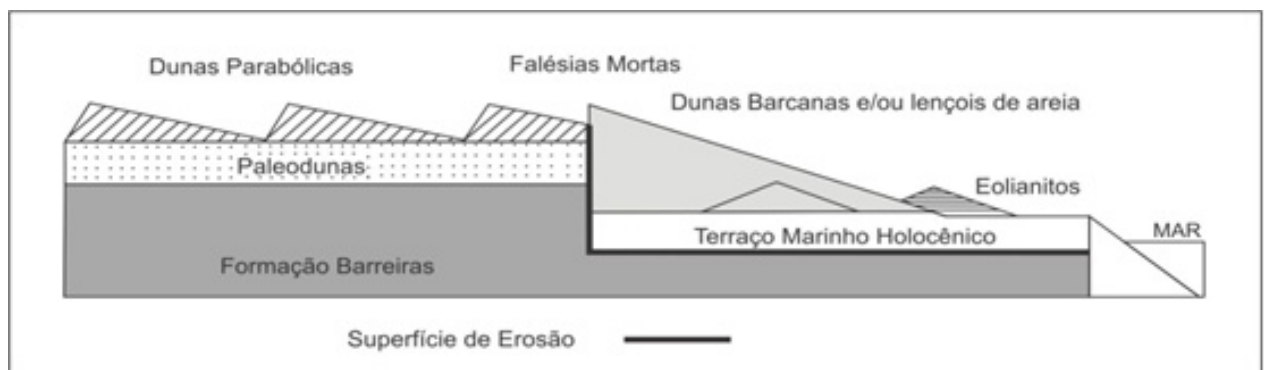


Figura 1: Relações estratigráficas entre as gerações de dunas do Ceará (Fonte: Maia, 1998).

1ª geração – Paleodunas: Segundo Brandão (1995), essa geração de dunas se encontra em contato direto com a Formação Barreiras e constitui-se de areias bem selecionadas, de granulagem fina a média, por vezes siltosa, com colorações amareladas, alaranjadas e acinzentadas, de composição quartzosa e/ou quartzo-feldspática. Normalmente são sedimentos inconsolidados que, em alguns locais, podem apresentar certo grau de compactação. Entretanto, essa geração já foi bastante afetada pelos processos erosivos costeiros, tais como, a ação das ondas e o vento, sendo de difícil percepção em campo.

2ª geração - Dunas Parabólicas: Representa dunas inativas, fixadas por vegetação do tipo arbórea, compostas de areias quartzosas inconsolidadas de granulometria de média a fina, bem a moderadamente selecionadas (Maia, 1998).

3ª geração - Eolianitos: Estão distribuídos ao longo do litoral oeste do Ceará e são formados por pacotes de rocha sedimentar quartzo-bioclástica, de granulagem areia, cimentados por carbonato de cálcio com sinais de bioturbação. Segundo Carvalho *et al.* (2009), o caráter litificado dos materiais dessa unidade propiciou sua preservação ao longo do tempo, embora os níveis mais friáveis da rocha tenham sido afetados pela ação erosiva do vento e da chuva, contribuindo para o aspecto descontínuo de sua distribuição.

4ª geração - Dunas Móveis: Representam as dunas atualmente em formação/migração, originadas da deflação eólica dos sedimentos de praia. Estão posicionadas ao longo da linha de costa, predominante ao longo de todo litoral do Nordeste Brasileiro. Segundo Brandão (1995), são constituídas por areias esbranquiçadas, bem selecionadas.

A compartimentação proposta por Maia (1998) é de difícil observação no campo, em sua totalidade. A utilização de imagens de sensoriamento remoto poderia ajudar a resolver o problema, por suas características sinóticas. Entretanto, mesmo com essa abordagem, as relações entre as gerações descritas são de difícil distinção. Portanto, qualquer método que venha a contribuir nesse sentido é relevante, especialmente quando se tratam na identificação de eolianitos, depósitos raros no litoral brasileiro e em outros compartimentos litorâneos ao redor do mundo, mas abundantes no litoral oeste de Ceará.

O objeto deste estudo foi a identificação dos depósitos de eolianitos na praia de Caetanos (litoral oeste do Ceará), e sua individualização de outros depósitos litorâneos com comportamento espectral semelhante, tais como dunas móveis e faixas de pós-praia, a partir de imagens RapidEye.

Partindo da ideia que a individualização entre os depósitos eólicos e litorâneos diversos pode se dá através das diferenças espectrais dos diferentes alvos, derivadas principalmente pelo contraste em suas composições químicas e as relações processo/forma de cada depósito, originando assim assinaturas espectrais diferentes.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo encontra-se no litoral noroeste do Ceará, do Estado no município de Itapipoca, a aproximadamente 142 km de Fortaleza.

O acesso à área, a partir de Fortaleza, é feito pela rodovia BR-222 até o Município de Caucaia e, posteriormente, pelas CE-085 e CE-163 até o distrito de Baleia. A partir daí, o acesso é feito por estradas não pavimentadas. A praia de Caetanos encontra-se a norte da sede municipal, próximo a divisa com o município de Amontada (Figura 2).

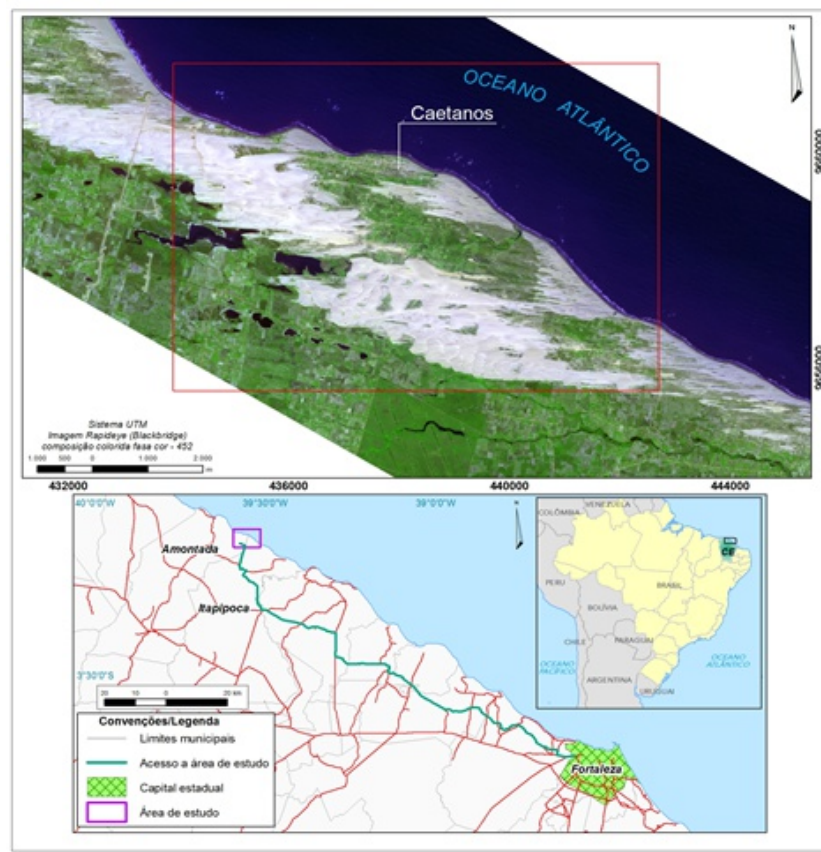


Figura 2: Mapa da localização da área de estudo.



### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

A classificação de diferentes tipos de depósitos siliciclasticos a partir das diferenças nas respostas espectrais de diferentes alvos em imagens orbitais apresentaram bons resultados por diversos autores para sistemas desérticos (Sadiq & Howari, 2009; Othman *et al.*, 2013) e fluviais (Lopes *et al.*, 2013). Nesses trabalhos, imagens de baixa resolução espacial (Landsat 5 e Aster L1) com auxílio de dados de campo foram utilizados. O principal método usado por esses autores consistia na coleta de pontos em campo que representassem grande exposição das feições/depósitos em interesse e que essa área de exposição estivesse próxima ou maior que o tamanho do pixel das imagens a serem utilizadas.

A partir de então eram feitas classificações supervisionadas das imagens em ambiente PDI. Essa classificação consistia na amostragem de pixels, com classes pre-definidas, próximos das áreas de maior exposição de cada classe detectado em etapa de campo, obtendo pixels com maior nível de confiabilidade. Entretanto, a utilização de imagens de pixels de 30m como as de imagens Landsat e Aster para a identificação de depósitos de pequena exposição como os eolianitos torna esse método pouco eficaz. No entanto imagens de alta resolução espacial reduziria o erro no momento de amostragem trazendo melhores informações, inclusive espectrais.

Para a obtenção de informações dos alvos a serem classificados, foram obtidas imagens RapidEye que possuem uma faixa da abrangência de coleta de 77 km de largura e 1500 km de extensão com resolução espacial de 5 metros e 12 bits de resolução radiométrica (Ministério do Meio Ambiente, 2013). As imagens

coletadas fazem parte de um sistema composto por cinco satélites de imageamento remoto idêntico e em mesma órbita. As imagens possuem alta resolução espacial e capacidades multiespectrais (Felix *et al.*, 2009). O sistema capta imagens em cinco bandas espectrais (Tabela 1).

Tabela 1: Relação entre bandas e comprimentos de onda das imagens RapidEye

Bandas	Comprimento de onda
1 – Azul	440 – 510 nm
2 – Verde	520 – 590 nm
3 – Vermelho	630 – 685 nm
4 – Borda Vermelha	690 – 730 nm
5 - Infravermelho	760 – 850 nm

A aquisição de dados espaciais a partir da imagem RapidEye foi realizada através de processamento digital de imagens (PDI) e pós-processamento, onde a etapa de PDI consistiu na classificação supervisionada e coleta de amostras de treinamento para cada classe definida. A etapa de pós-processamento constou da vetorização das regiões classificadas pelo software, e retirada de possíveis regiões mal classificadas, onde o pixel não corresponde à classe a que foi inserido. Todas as etapas foram executadas utilizando os softwares ENVI 4.8 e ArcGis10.

#### 3.1 – Classificação de imagens digitais

O princípio de classificação é baseado principalmente no uso de algoritmos para se determinar os pixels que representam valores de reflexão característicos para uma determinada feição da superfície terrestre. Esta se utiliza a análise quantitativa do conjunto de números digitais com características semelhantes e o agrupa em classes pré-definidas (Lapolli *et al.*, 1993; Menezes *et*

Existem vários métodos de classificação supervisionada para identificação de alvos espectrais. Entre os mais conhecidos estão: paralelepípedo, distância mínima e máxima verossimilhança Gaussiana. No presente estudo, o método que proporcionou melhor resultado foi o do paralelepípedo. Esse método estabelece um quadrado ou paralelepípedo ao redor das amostras de treinamento de cada classe definida, dentro do espaço de atributos utilizados. Dessa forma, o paralelepípedo é delimitado sobre o histograma n-dimensional da imagem através dos valores de DN máximos e mínimos para as amostras de treinamento. Assim, um determinado pixel  $p$  pertence a uma classe  $c$  se, para todas as bandas, o valor de  $DN_p$  máximo e  $DN_p$  mínimo se situa dentro do paralelepípedo correspondente a classe  $c$ . Portanto, todas as classes possuem limites de decisão representados pelas laterais do paralelepípedo (Crosta, 1993; Todd, 1998).

Os métodos de distancia mínima e máxima verossimilhança Gaussiana não apresentaram grandes contrastes entre campos de dunas moveis e eolianitos. Isso corre principalmente porque ambos os métodos classificam todos os pixels da imagem, ou seja, todos os pixels necessariamente precisam participar de qualquer classe pré-definida mesmo que este não pertença a nenhuma classe amostral. Esse processo implica no aumento do desvio padrão, dissolvendo o contraste de pequenas feições. No entanto, recomenda-se o uso desses métodos para imagens de maior resolução espectral e com muitas classes de amostragem. (Laliberte & Rango, 2011). Esse método agrupa os pixels mais próximos à amostra de treinamento, sendo possível definir um desvio padrão

para a classificação a ser executada, não classificando outros pixels que apresentam valores fora do desvio padrão definidos para as classes amostradas. Esse método mostrou-se eficaz para a área de estudo, pois a classificação de campos de dunas e eolianitos demanda a utilização de um método que agrupe apenas os pixels em um curto intervalo, visto que a resposta espectral de dunas e eolianitos são bem semelhantes.

Na busca de encontra pixels que melhor representassem espectralmente cada classe definida, para assim reduzir o erro na classificação da imagem pelo software, foram coletados pontos de campo na área de estudo das melhores exposições de eolinitos, dunas, faixa de praia e área vegetada. Logo para definir as amostras de treinamentos foram coletados pixels próximos a esses pontos, no que em hipótese, representariam pixels mais puros e com valores de refletância próximo dos alvos em análise.

A partir dessas amostras de treinamento foram geradas curvas espectrais (Figura 3) que representariam a resposta a reflectância para cada classe amostrada. A figura 4 apresenta os principais pixels coletados baseados nas informações adquiridas em campo.

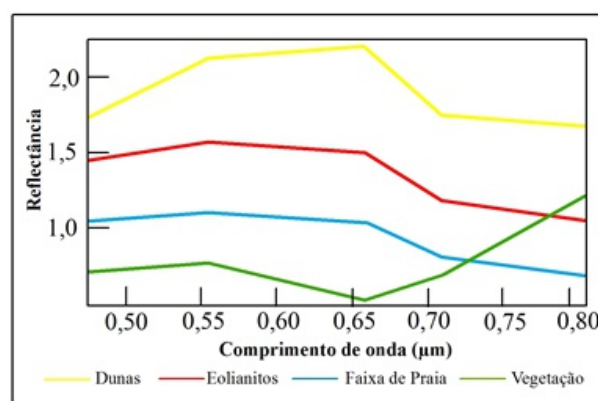


Figura 3: Curva espectral para as amostras selecionadas. Os valores de reflectância são multiplicados por  $10^4$ .

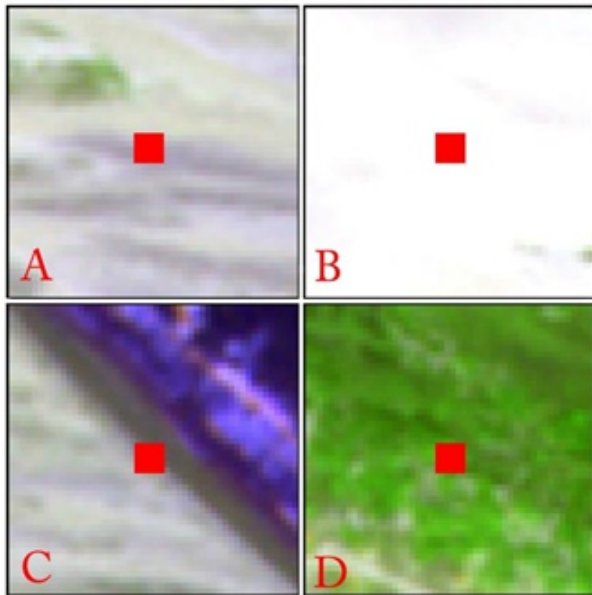


Figura 4: Exemplos de amostras de treinamento para as classes em análise em uma composição RGB - 543. (A) Amostra de eolianitos; (B) Amostra de Campo de dunas móveis; (C) Amostra de faixa de praia; (D) Amostra para áreas vegetadas.

Como observado na figura 3, as curvas de reflectância para as áreas de eolianitos, campo de dunas e faixa de praia apresentam comportamentos semelhantes, sendo assim torna-se difícil a separação de todos pixels da imagem. Logo, foram adotadas duas medidas para aumentar o intervalo de confiança do classificador e diminuição do desvio padrão:

- Coleta de amostras para cada classe, em áreas correspondentes a alvos previamente levantados em campo, representativas em uma superfície superior a 25 m<sup>2</sup>, condizente com a resolução espacial de 5 metros da imagem e posicionados com receptor GPS de navegação;

- Utilização da composição RGB 452 para auxiliar amostragem de pontos, pois essa apresentou maior realce textural entre os diferentes corpos de areia;

- Retirada da banda 1 (Azul) do processo de classificação já que esta possui alta correlação de informação com

*Revista de Geologia* 27 (2), 2014.

a banda 2.

O método do paralelepípedo traz alguns problemas, pois sempre alguns pixels que não pertencem à classe definida são incluídos dentro dos limites de decisão provocada pela distribuição alongada em torno do eixo de 45° do espaço de atributos (Crosta, 1993). Logo, neste trabalho, foi necessária uma etapa de pós PDI com o intuito de eliminar erros da classificação, realizada em ambiente SIG após a vetorização das classes definidas pelo classificador.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com as coletas feitas em campo, foi possível identificar alguns padrões morfológicos das classes de eolianitos, dunas móveis, faixa de praia e vegetação. A imagem da figura 5 apresenta uma composição falsa cor em RGB 452, na qual foi aplicado o filtro linear de 2%, para um melhor contraste textural entre os alvos, possibilitando a identificação visual das classes.

Em geral, os eolianitos concentram-se próximos a linha de costa com padrões alongados de leste para oeste. Refletem a morfologia dos corpos em yardangs, que são feições geomorfológicas de baixo relevo oriundos da erosão eólica (Carvalho et al., 2009) e que representam feições de paleocampos de dunas lineares e frontais, atestadas pela geometria das estratificações internas nesses corpos (Vasconcelos & Barnabé, 2011; Mesquita & Silva, 2012).

Os eolianitos são pouco vegetados e cimentados fracamente por carbonato de cálcio, apresentando-se na imagem como pixels bem escuros, ou seja, com menor reflectância que a areia seca normal.

Os campos de dunas móveis, por sua vez, são compostos principalmente por dunas do tipo barcana, apresentam morfologias e textura côncavas para



oeste e concentram-se principalmente no interior do continente.

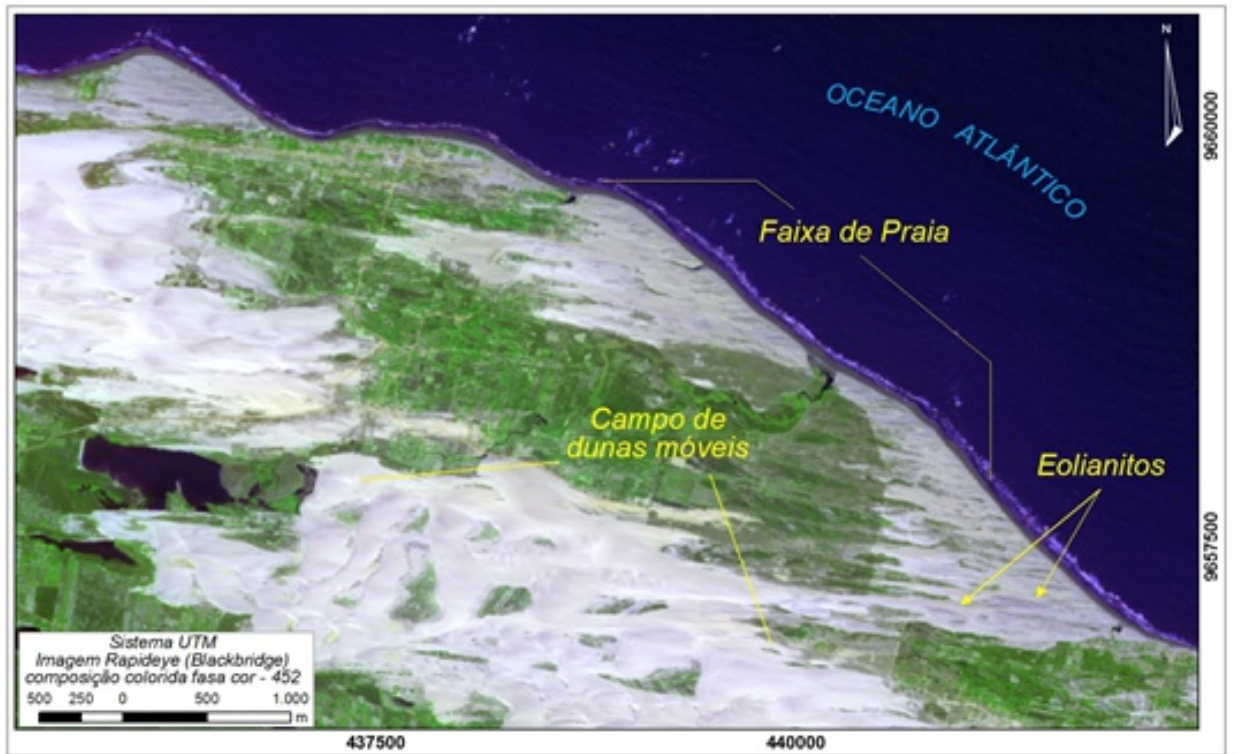


Figura 5: Imagem RapidEye em falsa cor RGB 452 e filtro linear 2% onde é possível a identificação dos diferentes alvos a partir de diferenças texturais e tonais.

A faixa de praia apresenta-se como uma zona alongada, intermaré, de natureza siliciclastica com a menor reflectância no comprimento de onda do visível (Figura 3). Essa característica espectral esta ligada a presença de areia molhada nesse setor principalmente em períodos de maré baixa. Essa é a classe de maior contato com o oceano.

A classe definida pela exposição de áreas vegetadas corresponde à vegetação de tabuleiros pré-litorâneos e vegetação rasteira em planícies interdunares. Essa classe e composta por pixels com tons esverdeados.

A figura 6 apresenta como esse padrão descrito em imagem é também observado em escala local, sendo assim, possível a correção da classificação de forma visual após o processamento digital das imagens.

O mapa da Figura 7 expõe o resultado da classificação pelo método

do paralelepípedo. É importante frisar que as áreas não classificadas correspondem a pixels que não se enquadraram no intervalo de confiança de desvio padrão de 2,5 para as classes definidas. Logo, esses apresentam números digitais que os enquadram em outras classes que não foram o objetivo do trabalho, como corpos de água, áreas antropizadas, estradas e etc.

Em geral, o método do paralelepípedo não é muito utilizado, pois normalmente não traz bons resultados (Crosta,1993). Entretanto, neste trabalho foi possível mapear os depósitos sedimentares, utilizando alvos com comportamentos espectrais semelhantes e cruzando com amostragem de pixels em campo. Uma vantagem do método do paralelepípedo é a não classificação de pixels de valores digitais diferentes aos amostrados em cada classe, enquanto outros métodos de classificação, exigem

a classificação de todos os pixels em alguma classe amostrada. Isso possibilita a diminuição do erro na classificação e evita o mascaramento das feições de interesse.

As relações estratigráficas propostas para as gerações de dunas do litoral cearense (Maia, 1998; Bezerra, 2009), foram observadas nos depósitos da praia de Caetanos, especificamente em relação aos eolianitos e dunas móveis

e/ou lençóis de areia. Entretanto, feições mais restritas em área e com poucos afloramentos, tais como Paleodunas e depósitos da Formação Barreiras são dificilmente identificadas por esse método e pelo tipo de imagem de caráter multiespectral. Já as dunas parabólicas e fixas, por serem vegetadas, são incluídas na classe de áreas vegetadas devido ao seu comportamento espectral de superfície.



Figura 6: Forma e texturas em escala local das classes amostradas na classificação por paralelepípedo. (A) eolianitos; (B) campo de dunas móveis; (C) faixa de praia; (D) área vegetada.

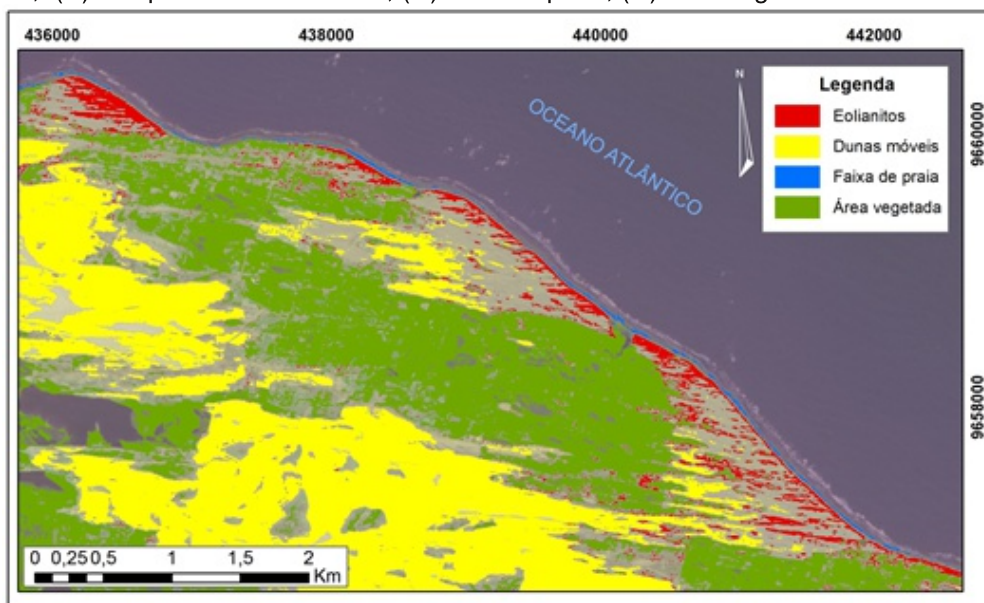


Figura 7: Mapa resultante da classificação para os depósitos eólicos e praias da Praia de Caetanos – CE. As áreas não incluídas em nenhuma categorial representam seções não classificadas pelo método do paralelepípedo.



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os depósitos eólicos da praia de Caetanos são pouco perceptíveis em imagens de baixa resolução espacial. Entretanto, com o auxílio de Imagens RapidEye, esses depósitos puderam ser identificados em imagem de satélite. Essa alta resolução espacial possibilitou a distinção de forma e textura desses depósitos e, com o auxílio de coleta de pontos em campo, pode-se garantir a maior precisão na classificação. Nesse sentido, a classificação supervisionada pelo método do paralelepípedo mostrou-se mais eficaz para a distinção desses corpos, apesar de pouco utilizado. Isso ocorre porque, devido à semelhança do comportamento espectral de dunas e eolianitos, outro sistema de classificação acabaria agrupando algum pixel fora do desvio padrão definido. No entanto, esse método agrupa unicamente os pixels num intervalo de confiança pré-definido, não mascarando os corpos de eolianitos e mapeando bem os campos de dunas e faixa de praia. Percebe-se que a relação morfológica e estratigráfica, até então somente visualizada em perfil, pode ser observada em planta, de maneira restrita devido ao curto condicionamento espacial das amostras de campo e resolução espectral da imagem utilizada.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério do Meio Ambiente do Governo Federal - MMA, pela disponibilização da imagem RapidEye empregada nesse trabalho. Os trabalhos de campo na região de Caetanos foram financiados pelo Projeto "Lineamento Transbrasiliiano: Origem, Evolução e Influência na Sedimentação de Bacias Fanerozoicas" (Rede Temática de Estudos Tectônicos), coordenado por R. A. Fuck e financiado pela PETROBRAS.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEZERRA, L.J.C. 2009. Caracterização dos Tabuleiros Pré-litorâneos do Estado do Ceará. Fortaleza, 144 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará.
- BRANDÃO, R.L. 1995. Diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da região Metropolitana de Fortaleza. Fortaleza, CPRM, 88p.
- CARVALHO, A.M; CLAUDINO-SALES, V; MAIA, L.P; CASTRO, J. W.A. 2009. Eolianitos de Flexeiras/Mundaú, Costa Noroeste do Estado do Ceará, Brasil. In: WINGE, M; SCHOBENHAUS, C; SOUZA, C.R.G; FERNANDES, A.C.S, QUEIROZ, E.T.; BERBERT-BORN, M; CAMPOS, D.A. (Org.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Brasília: CPRM, vol 2, p.1-10.
- CROSTA, A.P. 1993. Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto. Campinas, Editora da Unicamp, 170p.
- FELIX, I.M; KAZMIERCZAK, M.L; ESPINDOLA, G.M. 2009. RapidEye: a nova geração de satélites de Observação da Terra. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIV, 2009, Natal. Anais do XIV SBSR. Natal, INPE, p.7619-7622.
- HESP, P.A; MAIA, L.P; CLAUDINO-SALES, V. 2009. The Holocene Barriers of Maranhão, Piauí and Ceará States, Northeastern Brazil. In: DILLENBURG, S. HESP, P (Org.). Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil. Springer, p 325-345.
- HESP, P.A. 2013. Conceptual models of the evolution of transgressive dune field systems. *Geomorphology*, 199, p 138–149.

- LALIBERTE, A.S. & RANGO, A. 2011. Image Processing and Classification Procedures for Analysis of Sub-Decimeter Imagery Acquired with an Unmanned Aircraft Over Arid Rangelands. *GIScience & Remote Sensing*, 40(1), p. 4-23.
- LAPOLLI, E.M.; ALVES, A.R.; BARCIA, R.M. 1993. Classificação de Imagens Digitais: Comparação entre vários métodos. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, VII, 1993, Curitiba. Anais do VII SBSR. Curitiba, INPE, p.932 - 938.
- LOPES, H.L.; CABRAL, J. J. S.P.; ARAÚJO FILHO, J.C. & MONTENEGRO, S. M.G.L. 2013. Mapeamento de áreas aluvionares no semiárido brasileiro por meio de dados colaterais e imagens orbitais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(7), p. 763-769.
- MAIA, L.P. 1998 Procesos Costeros Y Balance Sedimentario A Lo Largo De Fortaleza (NE-Brasil): Implicaciones Para Una Gestion Adecuada De La Zona Litoral. Barcelona, 198p. Tese de Doutorado (Doutorado em Geologia) – Faculdades de Geologia, Universitat de Barcelona.
- MEIRELES, A. J. A.; ARRUDA, M. C.C.; GORAYEBE, A.; THIERS, P. R.L. 2005. Integração dos indicadores geoambientais de flutuação do nível relativo do mar e de mudanças climáticas no litoral cearense. *Mercator*, 8, p. 109-134.
- MENESES, P.R. & SANO, E.E. Classificação pixel a pixel de imagens. In: MENESES, P.R & ALMEIDA, T. (Org.) Introdução ao processamento de imagens de Sensoriamento remoto. Brasília: UnB, 2010, p 266 - 291.
- MESQUITA, A. F., DA SILVA, F. E. Y. 2012. Faciologia e Evolução Quaternária dos Eolianitos da Faixa Costeira entre os municípios de Amontada e Acaraú, Litoral oeste do Ceará. Fortaleza, 92p. Monografia (Graduação em Geologia) Universidade Federal do Ceará.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – GOVERNO FEDERAL. 2013. Imagens RapidEye: Informações sobre o projeto. Geocatálogo do Ministério do Meio Ambiente. 2013. Disponível em: <<http://www.geocatalogomma.com.br/sobre.jhtml>>. Acesso em: 30 de Março. 2014.
- OTHMAN, A.A.; AL-SAADY, Y.I.; AL-KHAFAJI, A.K.; GLOAGUEN, R. 2013. Environmental change and detection in the central part of Iraq using remote sensing data and GIS. *Arab Journal of Geoscience*, 7(3), p 1017-1028.
- SADIQ, A. & HOWARI, F. 2009. Remote Sensing and Spectral Characteristics of Desert Sand from Quatar Peninsula, Arabian/ Persian Gulf. *Remote Sensing*, 1, p. 915-933.
- TSOAR, H.; LEVIN, N.; PORAT, N.; MAIA, L.P.; HERRMANN, H.J.; TATUMI, S.H. & CLAUDINO-SALES, V. 2009. The effect of climate change on the mobility and stability of coastal sand dunes in Ceará State (NE Brazil). *Quaternary Research*, 71, p. 210-226.
- TODT, V. 1998. Avaliação do desempenho de classificadores neurais para aplicações em sensoriamento remoto. Porto Alegre, 161p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- VASCONCELOS, D. L., BARNABÉ, H. E. P. 2011. Beachrocks e eolianitos no litoral oeste do estado do Ceará: aspectos faciológicos e genéticos. Fortaleza, 84p. Monografia (Graduação em Geologia), Universidade Federal do Ceará.