

Processamento Digital de Dados Morfométricos Associadas à Interpretação de Imagens ASTER para a Definição das Unidades Geomorfológicas da Área de Proteção Ambiental (APA) do Delta do Parnaíba

Thiago Avelar Chaves¹, Verônica Moreira Ramos¹, Roberto Arnaldo Trancoso Gomes¹, Osmar Abílio de Carvalho Júnior¹, Renato Fontes Guimarães¹, Éder de Souza Martins²

¹Universidade de Brasília - UnB/GEA/LSIE Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte - 70910-900, Brasília, DF, Brasil.

{thiagochvs@gmail.com; vmramos, robertogomes, osmarjr, renatofg@unb.br}

²EMBRAPA Cerrados, BR-020, km 18, Planaltina, DF. CEP: 73310-970.
Caixa postal: 08223. eder@cpac.embrapa.br

Resumo

O presente trabalho objetivou o processamento digital de dados morfométricos associado à interpretação de imagens ASTER para a definição de unidades geomorfológicas na Área de Proteção Ambiental do Delta do Parnaíba. A metodologia adotada no trabalho foi dividida em quatro etapas: A) Tratamento dos dados morfométricos; B) Integração dos dados por meio de Composição Colorida; C) Aplicação da Ferramenta Árvore de Decisão; e D) Classificação espectral das dunas móveis e dunas fixas a partir de imagens ASTER. A partir desse processamento foi possível definir seis compartimentos geomorfológicos para a área: Dunas, Faixa de praia, Planície de Acumulação Flúvio-Marinho, Superfícies Dissecadas, Superfície de Aplainamento e Tabuleiros Costeiros.

Palavras-Chave: Unidades geomorfológicas; morfometria; árvore de decisão; classificação espectral

Abstract

This present paper aims to map the geomorphic units of the Environmental Protection Area Delta do Parnaíba using morphometric data and information acquired from remote sensing digital images. The methodology used can be divided into four stages: A) Morphometric data treatment; B) Integration of the data through Colorful Composition; C) Applying Decision Tree tool; and D) Spectral classification of mobile dunes and fixed dunes using ASTER images. These procedures allowed the mapping of the geomorphic units on the study area.

Key-words: Geomorphic units; Morphometric data; Decision Tree; Spectral Classification

1- Introdução

Atualmente, torna-se crescente a necessidade de metodologias que tenha por objetivo o mapeamento de unidades geomorfológicas, uma vez que, esse tipo de mapeamento é um dos diversos mecanismos utilizados para a compreensão dos ambientes naturais. Segundo Fontes *et al* (2007), os ambientes costeiros, por se situarem na interface do oceano, continente e atmosfera, recebem fluxos de matéria e energia que vão influenciar, na origem, evolução e configuração do relevo; tornando complexo o mapeamento geomorfológico desses ambientes.

Nesse sentido, o uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) em conjunto com o sensoriamento remoto é essencial, visto que se constituem num dos principais

instrumentos utilizados nas atividades de mapeamento e planejamento, principalmente no que se refere à visualização de informações geográficas, análises espaciais e simulação de fenômenos (Carvalho, 2002). Além disso, o avanço das ferramentas de SIG e o crescente acesso aos modelos digitais de terreno têm favorecido o estudo da paisagem com utilização de parâmetros morfométricos, fundamentais a um mapeamento geomorfológico (Adediran *et al*, 2004).

Partindo desse contexto, o presente trabalho objetivou o processamento digital de dados morfométricos associado à interpretação de imagens ASTER como forma de definir as unidades geomorfológicas da Área de Proteção Ambiental (APA) do Delta do Parnaíba.

2- Área de estudo

A Área de Preservação Ambiental (APA) do Delta do Parnaíba é uma unidade de conservação costeira federal, que possui uma porção marítima e outra continental, e corresponde a aproximadamente 3.031 Km², englobando áreas dos estados do Ceará, Piauí e Maranhão (**Figura 1**).

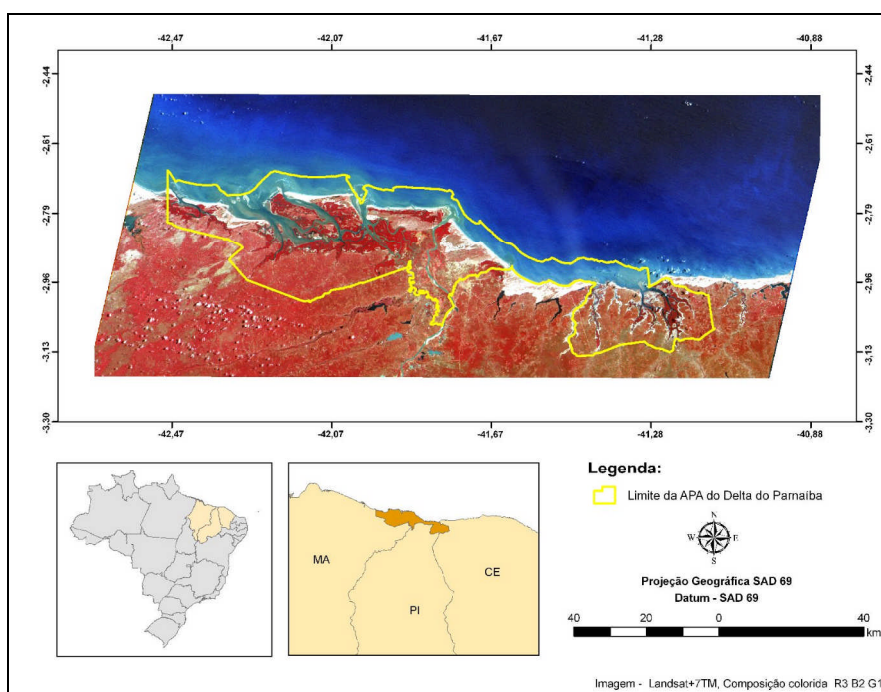


Figura 1 – Localização da Área de Estudo

Essa área é caracterizada pela presença de unidades litoestratigráficas como o embasamento cristalino, a Formação Barreiras, e os sedimentos Quaternários. Esses estão representados por dunas constituídas de areias quartzosas homogêneas e por aluviões, que ocorrem ao longo dos cursos d'água. Os sedimentos terciários da Formação Barreiras ocupam

uma faixa paralela à costa e estão recoberto, na sua maioria, por dunas de largura e espessura variável. (Cavalcanti, 1996).

O clima nessa área é caracterizado por apresentar uma pluviometria tropical do tipo semi-árido, com duas estações bem diferenciadas, sendo que a intensificação das chuvas ocorre de fevereiro a maio.

De acordo com o mapeamento realizado pelo MMA/SDS (2002), os solos na área de estudo são classificados em: i) Neossolos, que se situam principalmente nas praias e dunas; ii) os Gleissolos, presentes nas áreas de inundação, próximas à costa, na zona de influência da maré; iii) as associações de Neossolos + Planossol que ocorrem geralmente nas baixadas fluviais ao longo dos cursos d'água; e iv) as associações de Neossolos + Argissolos + Latossolos, encontradas nas áreas de tabuleiros.

As principais unidades de vegetação desenvolvem-se na praia, dunas, manguezal, tabuleiros litorâneos e ao longo dos cursos d'água, e apresentam características próprias em decorrência das variações da composição edáfica e da profundidade do lençol freático, dentre outros fatores (Cavalcanti, 1996).

3- Metodologia

A metodologia utilizada nesse trabalho foi desenvolvida considerando as quatro etapas seguintes:

3.1- Tratamento dos dados morfométricos

Os Modelos Digitais de Terreno (MDT's) estão relacionados à representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Segundo Câmara e Medeiros (1998), os MDT's geralmente estão associados à altimetria do terreno, porém, também são utilizados na modelagem de compartimentações geológicas, geomorfológicas, propriedades do solo e aeromagnetismo.

Para a confecção do MDT foram utilizadas quatro cartas topográficas cedidas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), na escala 1:100.000, contendo curvas de nível, pontos cotados, rede de drenagem e lagos. As cartas foram editadas em ambiente *Arcview 3.3*, para corrigir erros possivelmente existentes. Após a correção das cartas, estas foram unidas e interpoladas em ambiente *Arcmap 9.2*, utilizando o módulo *Topo to Raster*. O MDT, representado pela **Figura 2**, foi gerado com resolução espacial do *pixel* equivalente a 20 metros. A partir do MDT, foram gerados, ainda em ambiente *Arcmap 9.2*, os mapas de Declividade e Fluxo Acumulado, representados respectivamente pelas **Figuras 3 e 4**. No

mapa de fluxo acumulado foi feito uma máscara sobre a região oceânica para eliminar valores anômalos causados pela dispersão do fluxo nessa área.

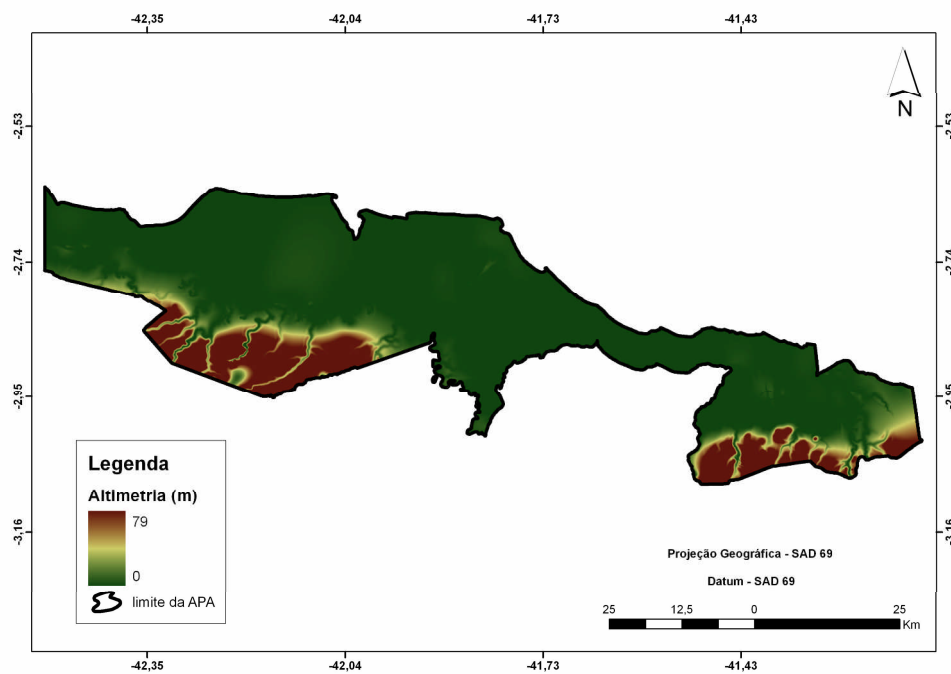


Figura 2: Modelo Digital de Terreno da área de estudo.

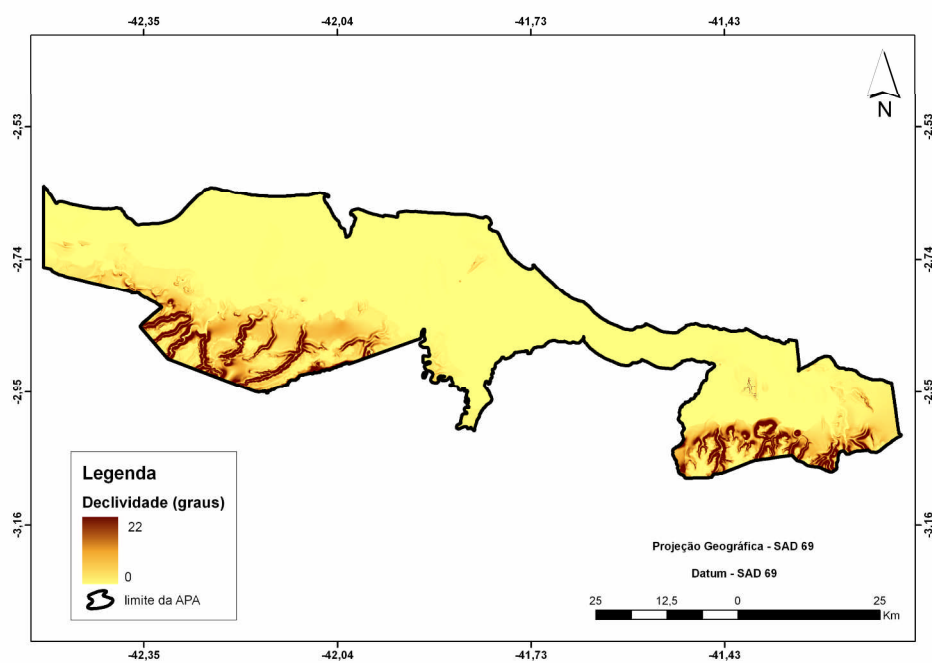


Figura 3: Mapa de declividade da área de estudo.

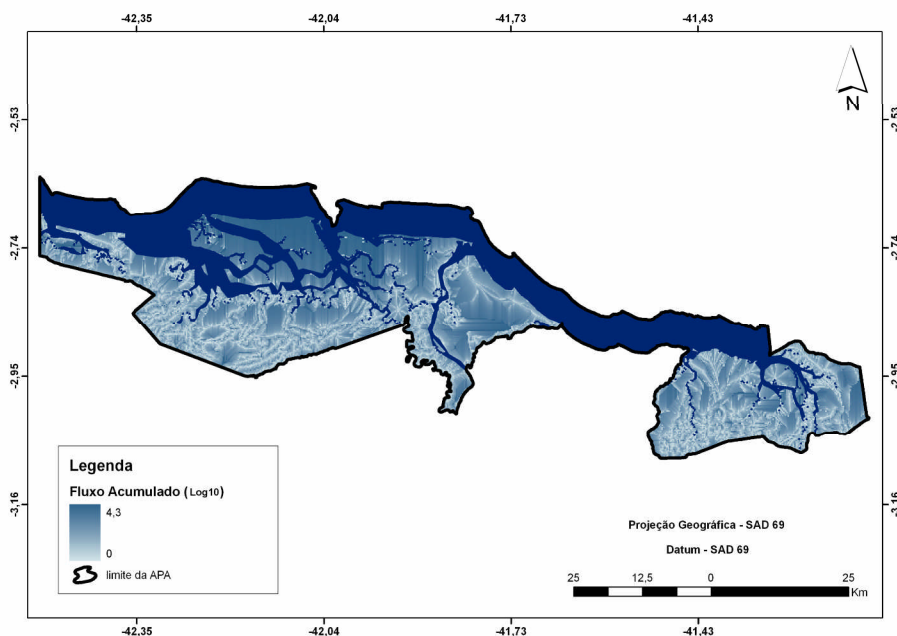


Figura 4: Mapa de fluxo acumulado da área de estudo.

3.2- Integração dos dados a partir de Composição Colorida

Utilizando o MDT em conjunto com os mapas derivados, foi feita uma primeira visualização da compartimentação geomorfológica da área de estudo a partir da composição colorida. Esse procedimento consiste em gerar imagens coloridas por meio de um processo de composição em RGB em ambiente *ENVI 4.3*, sendo uma ótima ferramenta de análise visual para interpretação inicial dos compartimentos geomorfológicos.

3.3- Identificação espectral das dunas.

A imagem ASTER consiste de três subsistemas: (a) visível e infravermelho próximo (VNIR – 0,5•m-0,9•m), constituído por 3 bandas espectrais com resolução de 15 metros, (b) infravermelho ondas curtas (SWIR – 1,6•m-2,5 •m), com 9 bandas espectrais de resolução espacial de 30 metros, e (c) infravermelho termal (TIR), com 5 bandas espectrais de resolução espacial de 90 metros (Abrams, 2000).

Primeiramente, foi feita a junção entre as bandas dos sensores VNIR e SWIR, passando a resolução espacial do SWIR de 30 metros para 15 metros. Para abranger toda a área de estudo, foram utilizadas duas imagens de 2001 e duas de 2000. A partir do pré-processamento das imagens, foi aplicado o *Normalized Difference of Vegetation Index* (NDVI), cujos índices medidos servem como indicadores do crescimento e do vigor de vegetação verde, podendo ser utilizados no diagnóstico de vários parâmetros biofísicos

(Ponzoni, 2001). No caso do presente trabalho, foi utilizado o índice de densidade da vegetação para separa das classes espectrais.

Com base nos resultados obtidos do NDVI, foi realizada a classificação espectral por meio do *Spectral Angle Mapper* (SAM). Esse classificador mede a similaridade entre os espectros da imagem de entrada com espectros de referência, tratando ambos como vetores de n dimensões, em que n é o número de bandas da imagem (Kruse *et al.*, 1993). O SAM permitiu uma classificação com base na variação do dossel dos alvos, resultando em uma delimitação do ambiente de dunas.

3.4- Delimitação das faixas de praia

A partir de interpretação visual, foi feito dois *buffers* delimitando uma faixa de 100 metros e outra de 200 metros. Com base nesses *buffers*, foi criada uma máscara sobre a imagem ASTER com o objetivo de gerar dois novos arquivos de imagem que representassem as faixas de praia.

3.5- Aplicação da ferramenta Árvore de Decisão

A partir da composição colorida foi utilizada a ferramenta Árvore de Decisão para compartimentar o relevo utilizando os seguintes parâmetros: imagens classificadas (dunas, faixa de praia de até 100 metros, e faixa de praia de 100 a 200 metros); altimetria; declividade; e fluxo acumulado. Uma árvore de decisão tem a função de dividir um conjunto de treinamento, até que cada subconjunto obtido deste particionamento contenha casos de uma única classe (Latorre *et al*, 2007). Ou seja, na Árvore de Decisão, são atribuídas certas condições, que abrangem todos os *pixels* da imagem, criando classes de forma binária com base na aceitação ou recusa dessas condições.

4- Resultados e Discussões

A composição colorida (**Figura 5**) possibilitou a visualização de alguns compartimentos geomorfológicos da área de estudo. As partes vermelhas, de maior altitude, representam os tabuleiros litorâneos, que do ponto de vista morfológico, foi caracterizado como superfícies, ressaltada de topo plano, oriundas de processos de acumulação de sedimentos, exibindo escarpas provenientes do trabalho erosivo das águas fluviais. As verdes correspondem aos ambientes com declividade acima de 10°, representado as áreas mais dissecadas, situadas ao longo dos canais de drenagem. A azul representa a área de acumulação flúvio-marinha e o oceano.

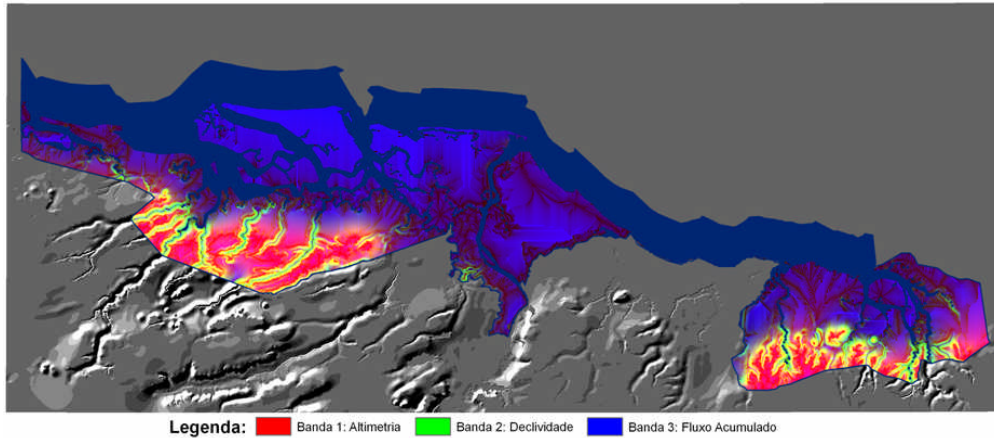


Figura 5: Composição colorida obtida com base na altimetria, declividade e fluxo acumulado.

As dunas foram obtidas por meio do tratamento das imagens ASTER (**Figura 6A**). A diferenciação das duas classes espectrais (**Figura 6B**) foi possível devido à diferente atividade fotossintética dessas classes. Foi possível observar que o nível de reflectância das dunas móveis foi mais elevado devido à quase ausência de vegetação pioneira. Já a classe espectral de dunas fixas apresentou uma mistura espectral muito grande em decorrência da presença de vegetação pioneira, lagos interdunares, e as próprias dunas.

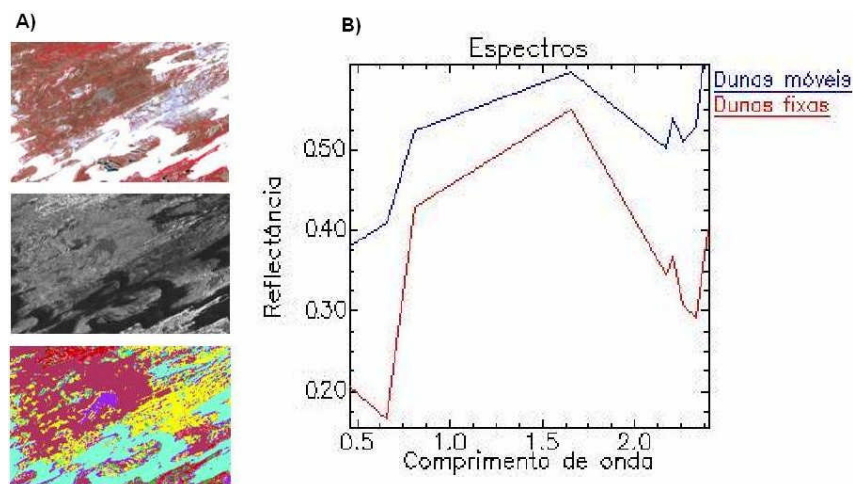


Figura 6: A) ilustração do processamento da imagem; B) Espectros obtidos das dunas.

Com os resultados obtidos, foi possível gerar a Árvore de Decisão (**Figura 7**) com base nas seguintes condições: imagens classificadas de dunas (imagem 1); faixas de praia (imagens 2 e 3); altimetria, declividade e fluxo acumulado para e, assim, obter uma definição prévia dos compartimentos geomorfológicos da área.

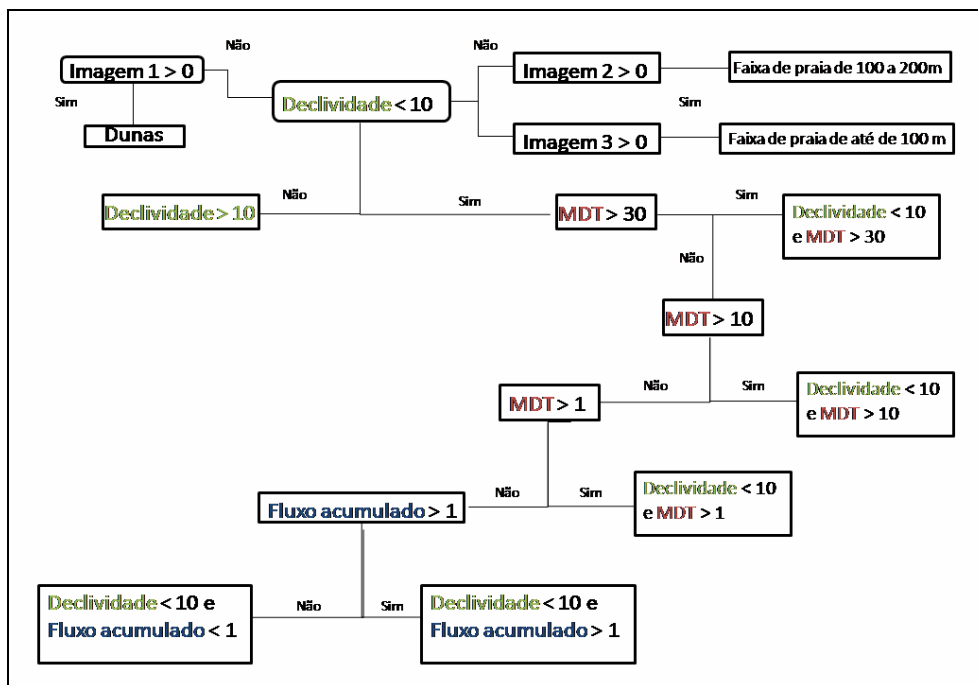


Figura 7: Condições aplicadas pela Árvore de Decisão.

Por fim, fez-se o cruzamento das informações obtidas com base na análise morfométrica, interpretação visual e classificação espectral; além de dados de campo, para definir os compartimentos geomorfológicos da APA do Delta do Parnaíba. Assim, foram definidas seis unidades geomorfológicas para a área: Faixa de praia (de até 100 metros e entre 100 e 200 metros), Dunas, Planície de Acumulação Flúvio-Marinha, Superfícies de Aplainamento, Superfícies de Dissecção e Tabuleiros Costeiros, conforme pode ser observado na **Figura 8**.

A Faixa de praia representa a formações geológicas do Quaternário, coberta por sedimentos arenosos ou rochosos, que ocupa desde a linha de baixa-mar até as áreas onde ocorra uma modificação fisiográfica ou o início da vegetação. As Dunas são feições geomorfológicas formadas a partir da deflação eólica, que transporta os sedimentos arenosos de origem marinha e continental, depositando-os ao longo das zonas costeiras. Essas feições podem ser fixas ou móveis em função da presença ou ausência de cobertura vegetal, respectivamente.

As Planícies de Acumulação Flúvio-Marinha são caracterizadas como relevo plano, recortado pela desembocadura dos cursos d'água que banham a área. As Superfícies de Aplainamento compreendem as áreas onde há acúmulo de sedimentos oriundos das áreas adjacentes. As Superfícies de Dissecção são caracterizadas apresentar modelados de

dissecação homogênea com entalhamento da drenagem isolando os interflúvios tabulares, com pequenas variações entre os fundos de vale e os topos. Finalmente, os Tabuleiros Costeiros diferenciados por apresentar uma superfície ressaltada de topo plano, oriundo de processos de acumulação de sedimentos que provêm do trabalho de deposição das águas fluviais.

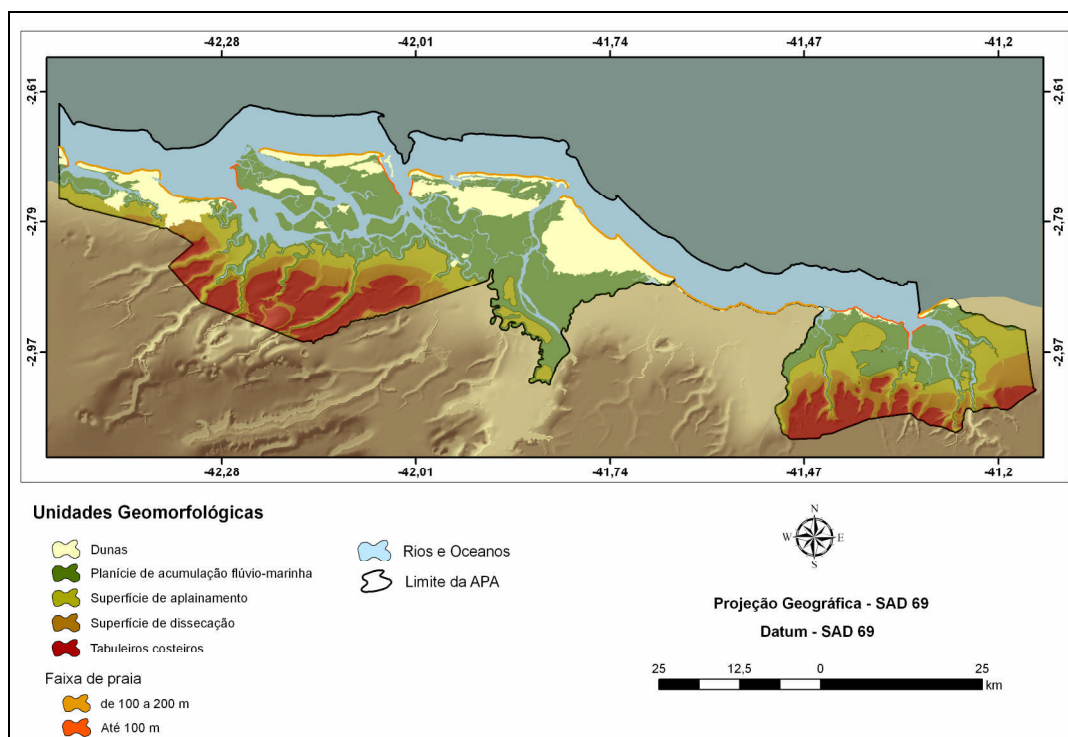


Figura 8: Unidades Geomorfológicas da APA do Delta do Parnaíba.

5- Considerações Finais

Constata-se que as metodologias que associam a análise de dados morfométricos a interpretação de imagens de satélite a partir da utilização das ferramentas de SIG tornaram-se fundamentais na identificação e mapeamento de compartimentos do relevo em ambientes costeiros. Especificamente, no caso da Área de Proteção Ambiental do Delta do Delta do Parnaíba o uso dessa metodologia foi eficiente, uma vez que possibilitou a identificação de seis compartimentos geomorfológicos que caracterizam o relevo local.

A complexidade do ambiente da APA do Delta do Parnaíba torna necessários estudos mais detalhados que possam subsidiar estratégias e políticas de planejamento. Nesse sentido, é fundamental a continuidade da pesquisa e o desenvolvimento de metodologias que tenham por finalidade o mapeamento dos atributos ambientais, entre outros elementos e, conseqüentemente, o manejo adequado dessa área.

6- Referências Bibliográficas:

Abrams M. (2000) The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER): data products for the high spatial resolution imager on NASA's Terra platform. *International Journal of Remote Sensing*, 21(5): 847 – 859.

Adediran, O. A.; Parchardis, I.; Poscolieri, M.; Pavlopoulos, K. (2004) Computer-assisted discrimination of morphological units on north-central crete (geese) by applying multivariate statistics to local relief gradients. *Geomorphology*, v.58, p.357-370.

Câmara, G. E.; Medeiros, J. S. de. (1998) Mapas e suas representações computacionais. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. *Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na agricultura*. 2 ed. Brasília: Embrapa-CPAC. p. 13-29.

Carvalho, S. S. (2002) Áreas Livres para Ocupação Urbana no Município de Salvador : uma aplicação de tecnologias de geoprocessamento em análise espacial. Dissertação de mestrado. Laboratório de Computação Gráfica Aplicada à Arquitetura e ao Desenho – LCAD – FAUFBA – UFBA, Salvador.

Cavalcanti, A. P. B. (1996) Caracterização e análise das unidades geoambientais na planície deltaica do rio Parnaíba/PI. Dissertação de mestrado. Rio Claro: UNESP. 120p.

Fontes, A. L.; Correia, A. L. F.; Costa, J. J.; Santana; L. B. (2007) Caracterização Geioambiental da “Ilha dos Coqueiros” e Morfodinâmica das Praias Arenosas Adjacentes: Contribuição ao Ordenamento Territorial dos Municípios Costeiros do Estado de Sergipe. In: XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, p. 95-115.

Kruse, F. A., Lefkoff, A.B., Boardman, J. W., Heiedbrecht, K. B., Shapiro, A. T., Barloon, P. J., Goetz, A. F. H. (1993) The Spectral Image Processing System (SIPS) – Interactive Visualization and Analysis of Imaging Spectrometer Data. *Remote Sensing of Environment*, 44: 145-163.

Latorre, M.L; Carvalho Júnior, O.A.; Santos, J.R.; Shimabukuro, O.E. (2007) Integração de Dados de Sensoriamento Remoto Multi Resoluções Para a Representação da Cobertura da Terra Utilizando Campos Contínuos de Vegetação e Classificação por Árvores de Decisão. *Revista Brasileira de Geofísica*, v.25, n.1, PP; 63-74.

MMA/SDS (2002) Zoneamento Ecológico- Econômico do Baixo Rio Parnaíba: Subsídios técnicos, Relatório Final. - Brasília.

Ponzoni, F. J. (2001) Comportamento espectral da vegetação. In: Meneses, P. R., Netto, J. S. M. (orgs.), *Sensoriamento remoto – reflectância dos alvos naturais*. Brasília, DF; Editora UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, pp. 157-199.