

## Mapeamento geocológico da costa atlântica amazônica aplicado ao município de Quatipuru – Pará, Brasil

Benedito de Souza Ribeiro Neto<sup>1</sup>  
Nelson Veiga Gonçalves<sup>2</sup>  
Cristina Fernandes de Senna<sup>1</sup>  
Nélson Fernando de Lisboa Soffiatti<sup>2</sup>  
Douglas Gasparetto<sup>2</sup>  
Lena Patrícia Souza Rodrigues<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Museu Paraense Emílio Goeldi Campus de Pesquisa  
66077-830 - Terra Firme - Belém – Pa, Brasil  
ditoneto@gmail.com  
polensenna@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Instituto Evandro Chagas – LabGeo\IEC  
67030-000 – Levilandia - Ananindeua – Pa, Brasil  
{Nelsonveiga, nelsonsoffiatti}@iec.pa.gov.br  
{douglaslabgeo, lpsrd13}@gmail.com

**Abstract.** This paper shows the mapping process of the geoecological images of Pará coast, through geoprocessing, generating data characteristics of the ecosystem with its landscapes, geological formation morphology of the terrain and plant communities associated with it. All the elements that define the physiographic current pattern of landscape units and their relationship with their surroundings, supported the palynological interpretations, diatomologic in terms paleoenvironmental, paleoclimatic and paleoecological in the city of Quatipuru - PA, using computational tools and techniques available in the LAPPAM/MPEG and LABGEO/IEC. After the identification of landscape patterns units it was possible of the make the interpretation of the informants of the actual and ancient event in the area, being an instrument of comparison between current landscape and past landscapes, with the Geoprocessing was possible the elements characterize of interest for analysis and understanding of the formation processes of the coastal landscape and its interactions with natural and anthropogenic processes intrinsic to its structure and operation. The goal of this paper is to show mapping process the landscape units in the coastal plain of the city of Quatipuru using geo and bio-indicators, enhancing the knowledge on coastal ecosystems, providing background for the understanding of the formation processes and functioning of these ecosystems.

**Palavras-chave:** landscape ecology, image processing, geoprocessing, ecologia de paisagem, processamento de imagens, geoprocessamento.

### 1. Introdução

O meio ambiente ecologicamente equilibrado é uma condição essencial para qualidade de vida, sendo um direito garantido pelo art. 225 da Constituição Brasileira de 1988. A zona costeira, por sua vez, é considerada patrimônio nacional pela Constituição Federal, em face de suas características e ecossistemas próprios, de grande importância ambiental, uma vez que os manguezais são dominantes na costa Amazônica; a paisagem composta por restingas e várzeas de maré vem sofrendo com a intensificação das ações antrópicas, sem respeitar a dinâmica dessas frágeis e ao mesmo tempo importantes fontes de recursos alimentares (SENNA, 2002).

Os manguezais são ecossistemas dinâmicos, podendo expandir ou encolher em resposta à topografia da região ou às mudanças climáticas, dentro de um cenário de regressão ou transgressão marinha. São considerados como a última etapa no nivelamento e preenchimento

de depressões costeiras. Por serem sensível às mudanças no nível do mar oferecem condições para análise de sua dinâmica no passado (Behling *et al.*, 2001).

Segundo (TROLL, 1939 *apud* TROPMAIR, 2000) é necessário analisar os processos e a dinâmica que regulam uma unidade ecológica, tanto quanto conhecer a relação de seus elementos ecológicos constituintes para definir uma unidade de paisagem.

A escala espacial é um dos conceitos que auxilia nos estudos dos processos ecológicos, identificando a paisagem como um sistema espacial heterogêneo que se traduz em termos práticos em áreas ou regiões, com tamanhos variando de dezenas de metros quadrados a milhares de quilômetros quadrados (TRINCART, 1981, BEERTRAND, 1971).

Através do mapeamento geoecológico da costa paraense por imagens geoprocessadas são geradas informações que ilustram as características dos ecossistemas com suas paisagens, gerando análises que serão expostas em produtos cartográficos, acompanhados de quadros, tabelas ou gráficos, produzindo informações que irão auxiliar nas interpretações paleoambientais, paleoclimáticas e paleoecológica, além das formações geológicas, morfologia do terreno, comunidades vegetais a ela associadas, enfim, com todos os elementos fisiográficos que definem o padrão das unidades de paisagem e a sua relação com o entorno (PEREIRA, 2008).

O reconhecimento dos padrões atuais das unidades de paisagem torna-se útil para que se possam interpretar informações de áreas que representem os eventos atuais e do passado, sendo um instrumento balizador de comparação entre paisagem atual e paisagens pretéritas, uma vez que, uma das tarefas do Geoprocessamento é caracterizar os elementos de interesse para essa análise e compreensão dos processos de formação da paisagem costeira e suas interações com os processos naturais e antrópicos intrínsecos à sua estrutura e ao seu funcionamento (SENNA, 2002).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é demonstrar o mapeamento das unidades de paisagem da planície costeira do município de Quatipuru-PA através de técnicas e ferramentas computacionais a partir de seus geo e bio indicadores, ampliando o conhecimento sobre os ecossistemas costeiros, fornecendo subsídios para a compreensão dos processos de formação e funcionamento desses ecossistemas.

Nas seções seguintes é apresentada a metodologia utilizada no mapeamento mostrando desde a modelagem do mundo real até a classificação das unidades de paisagens identificadas na área de estudo, além dos resultados gerados através da metodologia e as conclusões do trabalho proposto.

## **2. Metodologia de Trabalho**

Para dimensionar a zona costeira do nordeste do Estado do Pará em espaço e tempo, foram levados em consideração os tipos de unidades de paisagem predominantes na zona costeira, abstraindo informações sobre a morfologia do terreno, a fitofisiografia, o tipo de solo, o gradiente de salinidade e as relações existentes entre as unidades de paisagem, perante a dinâmica das marés e da pluviosidade da região, em um contexto espaço temporal heterogêneo.

Através da modelagem do mundo real e da modelagem espacial das feições dos ecossistemas predominante da zona costeira, conseguiu-se mapear as unidades de paisagens e modelar uma matriz dos elementos fisiográficos da zona costeira paraense, município de Quatipuru, tendo como procedimentos as seguintes Atividades: Abstração do mundo real e conceitual, Pré-Processamento, Desenvolvimento do Modelo, Classificação e Validação do modelo.

## 2.1 Abstração do mundo real e conceitual

A abstração do modelo do mundo real ocorreu por excursões a campo (Figura 1), onde foi analisado o ambiente e as paisagens do município, obtendo-se pontos de GPS (Sistema de posicionamento Global) para a realização do georeferenciamento das unidades de paisagem, ocorrendo também à captura de imagens digitais das unidades, feições e os ecótonos das paisagens.

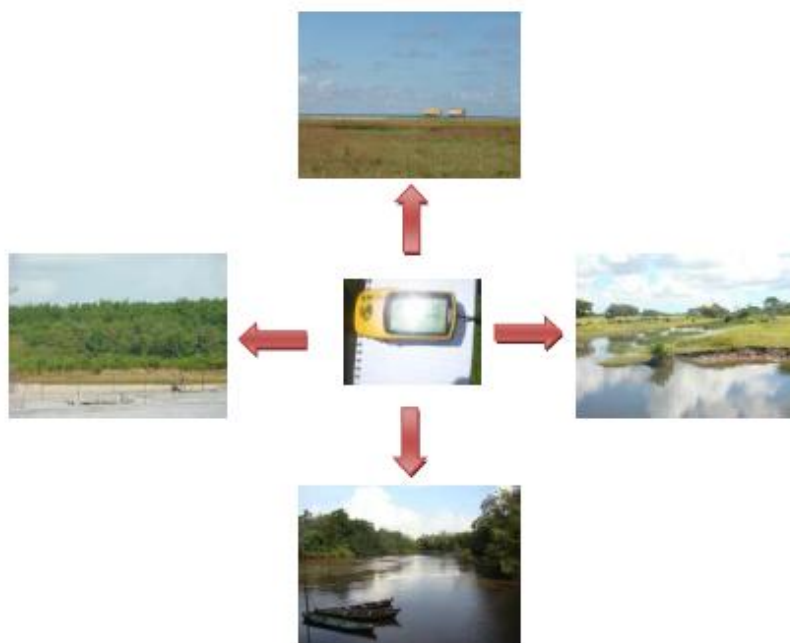


Figura 1- Aquisição de dados Espaciais e não Espaciais através de excursões á campo, modelagem do mundo real e conceitual.

A caracterização dos ecossistemas costeiros do município analisado gerou um modelo conceitual das unidades de paisagens abordando a morfologia do terreno, a fitofisiografia, além das unidades hidrográficas ocorridas na proporção estuarina e aluvial.

Dessa forma, as modelagens do mundo real e conceitual geram uma base de conhecimento sobre o comportamento da zona costeira tanto no período seco quanto chuvoso, retratando as relações entre as unidades de paisagens e as alterações ocorridas por fatores abióticos e antrópicos no município de Quatipuru.

## 2.2 Pré-Processamento

O pré-processamento é o tratamento dos dados adquiridos de forma bruta e em diferentes formatos para a construção do modelo de dados geográficos da área de estudo (AFFONSO, 2002). As tarefas contidas no pré-processamento são:

- Definição das ferramentas computacionais;
- Criação do banco de dados geográfico;
- Aquisição de imagens orbitais do Satélite LandSat 5 TM;
- Composição das bandas espectrais;
- Definição da projeção das imagens compostas;
- Geração do mosaico das imagens orbitais;
- Geração da falsa cor do mosaico;
- Ajuste do contraste e brilho;
- Recorte ou fatiamento do mosaico (área de estudo);

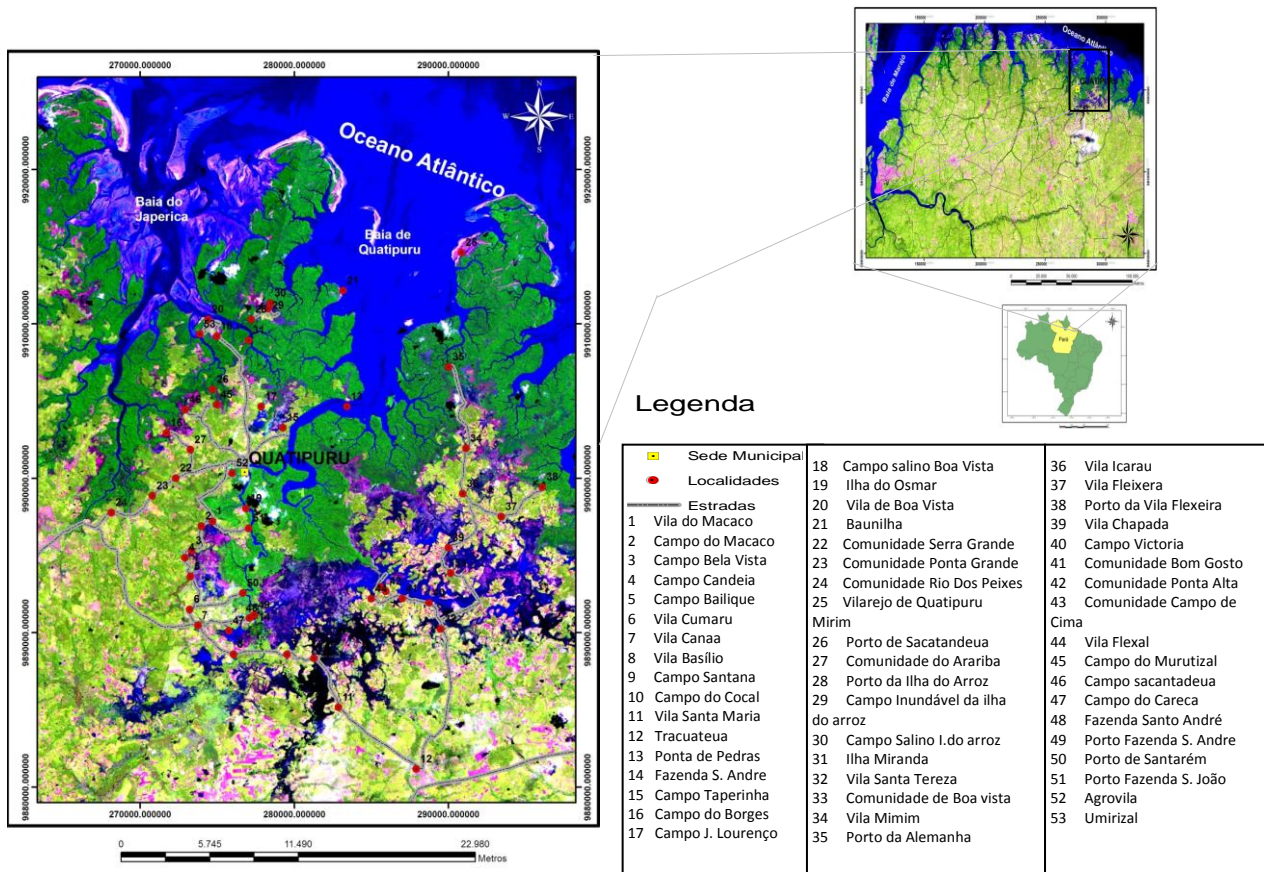
- Definição da escala espacial e temporal da área de estudo;

### 2.3 Processamento Georeferenciado dos Dados

Esta atividade gera um inter-relacionamento de informações que podem levar a observações de fatos que poderiam não ser facilmente notados caso os dados fossem analisados em separado. Com a integração os modelos numéricos e conceituais podem ser intensivamente utilizados para correlacionar diferentes dados e gerar novas informações (AFFONSO, 2002).

Desta forma, esta fase constrói a modelagem geoespacial das informações adquiridas em excursões de campo que foram representadas por meio de mapas da área de estudo, manipulando e integrando informações vetoriais (pontos, polígonos, linhas e outras formas vetoriais) e *Raster* (imagens de satélite ou digitalizadas), gerando um produto cartográfico integrado com informações que auxiliam em análises paleoambientais, paleoclimáticas e paleoecológicas.

A integração dos modelos de dados da área de estudo gerou a visualização e identificação das unidades de paisagem dominantes no espaço geográfico, como é ilustrada na Figura 2.



Fonte: Ribeiro Neto, Imagem LandSat 5 TM.

Figura 2 – Integração dos dados Vetoriais e *Raster* – Geoprocessamento do Geossistema de Quatipuru-PA

### 2.4 Classificação e Validação do modelo.

Nessa atividade foi desenvolvida a classificação das unidades de paisagem (Figura 3) e a análise das feições identificadas pelo classificador de imagens utilizado. O modo de classificação supervisionada, utilizado nesta aplicação, foi validado em excursão de campo para confirmar a verdade terrestre e a capacidade do modelo desenvolvido para reconhecer os elementos.

Para realização da classificação foram realizadas as seguintes atividades:

- Pré-classificação da imagem.
- Classificação supervisionada da área de estudo baseada em IA.

#### 2.4.1 Pré-classificação da imagem

A Pré-classificação da imagem é o processo de identificação dos tipos de estruturas de paisagens na imagem da área de estudo para gerar a classificação supervisionada, onde foram identificadas e recortadas amostras de fragmentos das unidades de paisagem (classes) contidas na imagem para treinamento da rede neural.

#### 2.4.2 Classificação supervisionada da área de estudo baseada em Inteligência Artificial.

O processo de classificação supervisionada se deu através do classificador de imagens baseado em rede neural do LabGeo/IEC segue os seguintes critérios, que devem ser pré-definidos:

1. Tamanho de matriz;
2. Número de neurônio;
3. Interação;
4. Aprendizado;
5. Escala;
6. Pixel.

Nesta classificação as cores, a textura e a forma dos objetos representados na imagens são as indicações botânicas que identificam os padrões de paisagens e os fatores antrópicos provenientes da colonização local que influenciam nas mudanças das paisagens (VEIGA *et al.*, 2008).

O classificador de imagens do LabGeo/ IEC (Figura 3) é baseado na rede neural *Back-Propagation*, que consiste na aprendizagem onde a informação se propaga da camada de entrada para a camada de saída e o erro gerado no sentido inverso. A Rede Neural Artificial procede à classificação das imagens, extraindo os pixels representativos das classes determinadas, que estão distribuídos nas três imagens (banda 3, 4 e 5) e os aloca em uma imagem, que pode ser considerada uma síntese classificatória das informações contidas nas três bandas(VEIGA *et al.*, 2008).

Dessa forma, a Rede Neural gerou uma imagem representativa dos ecossistemas da planície costeira amazônica, dimensionando o tamanho das unidades de paisagem e as relações existentes entre elas, gerando uma matriz fisiográfica do município de Quatipuru-PA, objetivando análises da dinâmica das paisagens existente na zona costeira paraense.

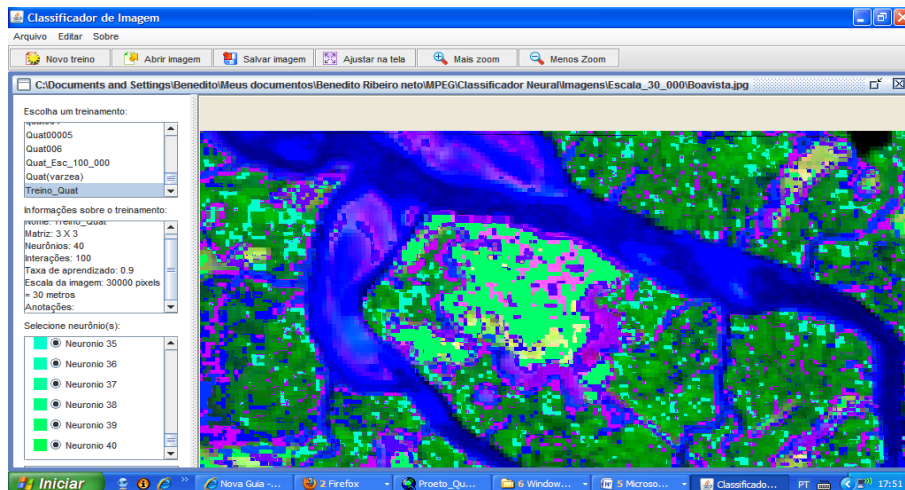


Figura 3 - Classificação das Unidades de Paisagem através do Classificador de imagens baseado em rede Neural de LabGeo/IEC

### 3. Resultados e Discussão

A partir da metodologia utilizada, conseguiu-se caracterizar a paisagem costeira gerando uma matriz com os elementos fisiográficos e o mapeamento das unidades de paisagem existente na área de estudo, analisando as relações existentes entre as unidades de paisagem, além da identificação dos ecótonos existentes entre essas unidades, obtendo-se os produtos a seguir.

#### 3.1 Caracterização das Unidades de Paisagens Litorânea

A partir da visualização dos ecossistemas costeiros do município de Quatipuru, foram analisados os tipos de vegetação, as unidades geomorfológicas, tipos de solo e outras características, gerando uma descrição das unidades de paisagem predominante no município (Quadro 1). Um ambiente de terra firme, composto por vegetação secundária e áreas urbanas. Ambientes periodicamente inundáveis por chuva abundante, compostos por campo periodicamente inundável. Os ambientes flúvio-marinhos representados por várzea de maré, manguezais, campo salino, restinga, praias formados no Holoceno Superior (SENNA, 2002).

#### 3.2 Matriz Fisiográfica

A matriz fisiográfica resultante (Quadro 1) identificou elementos da geomorfologia, do substrato sedimentar, cobertura vegetal, substrato geológico, subunidades geomorfológicas, unidade de relevo e hidrologia da área de estudo em Quatipuru – PA e expôs informações que auxiliam em análises do comportamento atual e passado dos ecossistemas locais.

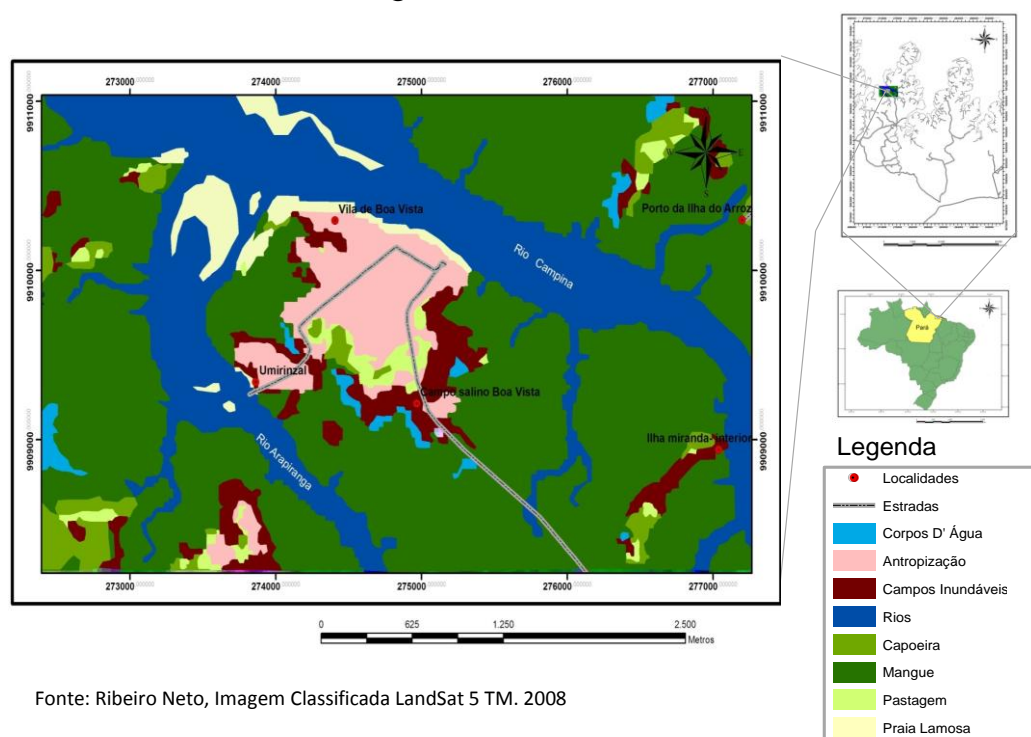
**Quadro 1 – Elementos Fisiográficos da Área de Estudo**

Unidade Geomorfológica (Geosistêmas)	Unidade de paisagem (Geofácies)	Solo	Sedimentos	Substrato geológico	Subunidades geomorfológica	Unidades de Relevo	Vegetação	Hidrologia
Baixo Planalto costeiro	Mata Secundária	Latossolo	Areno-Argiloso	Formação de Barreiras		Planalto Rebaixado da Amazônia	<i>Virola guianensis</i> , <i>Simaruba amara</i> <i>Aubl</i> , <i>Inga edulis</i> <i>Mart</i> , <i>Aniba citrifolia</i> (Nees) <i>Mez</i> , <i>Coccoloba latifolia</i>	Rias, Nascentes e Igarapés
	Vilas	Latossolo	Areno-Argiloso	Formação de Barreiras			Espécies de cultivo Agrícola	Rios e Igarapés
	Igapó	Hidromórfico, humoso	Argilo-Siltoso	Ecótono/ Pós-Barreiras			<i>Montrichardia arborescens</i> e <i>Euterpe Oleracea</i>	Nascentes, Igarapés
	Campo Inundável	Hidromórfico, lamoso, humoso	Areno-Argiloso e Argilo-Arenoso	Formação Barreiras e Pós-Barreiras			Herbáceas e gramíneas	Rias, Nascentes e Lagos Superficiais
Planície Arenosa	Campo Salino	Hidromórfico, lamoso, salino	Areno-Siltoso	Deposito Holocênico	Superfície plana arenosa	Planícies de Inundação	Herbáceas e gramíneas	Rias superficiais de maré
	Restinga	Hidromórfico, Salino e Arênico	Areno-Siltoso	Pós-Barreiras e Deposito Holocênico	Pós praia, superfície plana arenosa		Hálofitas e Psamófitas Reptantes	Canais de maré, Baias e Oceano
Planície Estuarina	Bancos de areia (Croa)	Arenoso	Areno-Siltoso	Deposito Holocênico	Canal Estuarino Córregos de maré		Pioneiras ( <i>Espartinas</i> )	Estuário
Planície Lamosa	Manguezal	Hidromórfico, lamoso, Timorífico, Salino	Areno-Siltoso	Deposito Holocênico			<i>Rhizophora</i> , <i>Avicennia</i> e <i>laguncularia</i>	Canais de maré, Baias e Estuário
Planície Aluvial	Várzea	Hidromórfico, lamoso, humoso	Argilo-Siltoso	Depósitos Aluviais	Canal Meandrante, Planície de Inundação e Diques Marginais		<i>Montrichardia arborescens</i> , <i>Machaerium lunatum</i> e <i>Euterpe Oleracea</i>	Rios e Canais de Maré

### 3.3 Imagem Classificada das unidades de paisagem

O mapa gerado foi criado a partir de Imagens do Satélite LandSat 5 TM do ano de 2008, adquiridas através do portal do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, recortado com a escala espacial de 1: 30.000, foi classificada através da classificação supervisionada gerada pelo Classificador de imagens baseado em Rede Neural do LabGeo/IEC. O produto cartográfico gerado foi das geofácies que ocorrem na proporção mediana da área de estudo, região do distrito de Boa Vista (Figura 4), ocorrendo às diferentes unidades de paisagens encontrada na área de estudo, possuindo grande influencia das águas da baía do Japerica e pelos rios Campina e Arapiranga, constituindo-se uma área com grande influencia das marés com uma grade variabilidades de elementos biológicos.

#### Geofácies da Região de Boa Vista



Fonte: Ribeiro Neto, Imagem Classificada LandSat 5 TM. 2008

Figura – 4 Mapa da proporção Estuarina Mediana, caracterizado pela ocorrências das unidades de paisagens: manguezal, campo inundável, pastagem, antropização, capoeira, praia lamosa, rios e corpos d'água.

### 3.4 Quantificação das unidades de paisagem

Através da classificação das imagens de satélite da região de Boa Vista (Figura 4), foi possível dimensionar as unidades de paisagens no espaço geográfico, quantificando-as de forma a dimensionar suas estruturas para análises temporais, compreendendo os efeitos ocorridos no passado na região. A Quantificação das classes identificadas foi através do *Script* de mensuração contido em SIGs.

Dessa forma, foram quantificadas cobertura vegetal, drenagens e antropização das geofácies da Região de Boa Vista. A Quadro 2 demonstra a quantificação das unidades de paisagens.

Quadro 2 - Quantificação das unidades de paisagens.

Unidades de Paisagens	Áreas Alagadas	Mangue	Praia Lamosa	Capoeira	Campo inundável	Pastagem	Antropização
Área(m <sup>2</sup> )	174848,7	7708693,8	451330,8	469707,4	736927,7	271944,0	850452,4

#### 4. Conclusões

Através do mapeamento geocológico da costa paraense por imagens geoprocessadas foram geradas informações visuais das características dos ecossistemas da área de estudo, onde foram delimitados os tipos de paisagens identificadas, suas funcionalidades, estruturas e as relações com as demais unidades. Além disso, foi gerada uma matriz com os elementos que constituem a fisiografia do município de Quatipuru-PA, conseqüentemente gerando possíveis interpretações que auxiliam em análises Paleoecológicas e Paleoclimáticas, diante das modificações por influência antropicas e modificações por fatores abióticos.

Em fim, foi gerada uma base de conhecimento que retrata a o comportamento das unidades de paisagens identificadas na área de estudo, contribuindo para ampliação do conhecimento sobre as dinâmicas dos ambientes costeiros do estado do Pará.

#### Referências Bibliográficas

AFFONSO, Adriana. **Introdução ao Geoprocessamento e ao Sensoriamento Remoto**. Estágio docência. Programa de Pós-graduação no INPE – Mestrado em Sensoriamento Remoto - Disciplina: fotointerpretação e sensoriamento remoto. Universidade De Taubaté- UNITAU, 2002.

BEHLING, H.; Keim, G.; Irion, G.; Junk, W.; Nunes de Mello, J. 2001. **Holocene environmental changes in the Central Amazon Basin inferred from Lago Calado (Brazil)**. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 173: 87-101.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. CRUZ, O. (Trad.) In: 13 Caderno de ciência da terra. USP/IG, São Paulo, 1971.

PEREIRA, E. M. B. **ECOLOGIA DE PAISAGEM APLICADA À ANÁLISE AMBIENTAL DO SÍTIO ARQUEOLÓGICO PA-BA-84: ALNORTE EM BARCARENA-PA**. Dissertação de Mestrado. UFPA. Geografia. Belém, 2008. 66 pp.

SENNA, C. S. F.. **Mapeamento de paisagem litorânea por sensoriamento remoto**. In: ECOLAB. Belém, 2002

TRICART, J. L. F. **Paisagem e ecologia**. MONTEIRO, F. C. A. (Trad.) In: Caderno de ciência da terra. USP/IG, São Paulo, 1981.

TROPPIAIR, H. Ecologia de paisagem: uma retrospectiva. Anais do I Fórum de debates **Ecologia de paisagem e Planejamento Ambiental**. (4-8 de Junho de 2000, Rio Claro). Sociedade de ecologia do Brasil. CR-ROM.

VEIGA, N et al. . **Geomorphological and Botanicals Data Classification, Using Artificial Neural Networks, Applied to Chagas' Disease Ecoepidemiological Analysis in the Districts of Abaetetuba, Barcarena and Bragança, in Pará State between 2000 to 2006**. Anais do XXVIII Congresso da SBC/SBC 2008. 2008. p. 71-72.