

Análise temporal da paisagem do Parque Estadual do Bacanga utilizando Imagens dos Satélites SPOT-3 e CBERS-2

José de Ribamar Pinheiro Júnior¹
Lizit Alencar da Costa¹
Márcio Costa Fernandes Vaz dos Santos²
Lenisa Nina Gomes¹

¹Universidade Federal do Amazonas - UFAM
Caixa Postal 3000 – 69077-000 – Manaus – AM, Brasil
{pinheirojr, lcosta, lenisa}@ufam.edu.br

²Universidade Federal do Maranhão - UFMA
Av. dos Portugueses, S/N – CEP: 65085-580
São Luís - MA, Brasil
marciovazsantos@uol.com.br

Abstract. The present study had as objective the verification of the landscape's dynamics in chronological terms between years 1995 and 2004 of the State Park of the Bacanga by means of images of satellites SPOT-3 of 1991 and the CBERS-2 of 2004. The images had been gotten in isolated bands (SPOT-3, Bands 3, 4 and 5) and (CBERS-2, Bands 2, 3 and 4) that were georegistration in software IDRISI KILIMANJARO and later carried through the process of supervised classification using the algorithm máxima verossimilhança. In the results, it can be observed that it had reduction of forests, high secondary forest by these 9 years of analysis. These two categories of vegetal covering were substituted by the categories represented for low secondary vegetation, soil areas displayed, constructed agriculture and areas.

Key-words: remote sensing, chronological analisys, land using, Bacanga Estation Park.

1. Introdução

Nas áreas urbanas, o manejo de unidades de conservação, possui características que ressaltam a necessidade de estudos voltados à integração da área protegida com as áreas urbanizadas e as áreas “rurais”, sendo que estas últimas, quando não sobrevivem com uso rural, tornam-se alvo de diversos tipos de usos irregulares e clandestinos, de difícil controle por parte do poder público e de impactos à biota muitas vezes de dimensões imprevisíveis (Mazzei, 2002).

Para que a situação não se agrave ainda mais, os municípios procuram formas alternativas de monitoramento e fiscalização. Uma das ferramentas encontradas no auxílio destas tarefas é a utilização de imagens de satélite. As imagens de satélite se mostram eficazes para a solução de diversos problemas, pois abrangem áreas extensas, fornecendo informações atualizadas periodicamente, tornando-se um grande auxílio para o monitoramento e fiscalização de áreas extensas e de difícil acesso.

Diversos estudos já foram e vem sendo realizados ao longo dos últimos anos em Unidades de Conservação do Brasil utilizando geotecnologias, principalmente de imagens de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas.

A utilização de sensoriamento remoto, sistema de informações geográficas, gps e cartografia digital têm grande importância para a base de sustentação do planejamento e gestão das Unidades de Conservação, pois integram uma base de dados consolidados como delimitação de limites de forma precisa, mapas de declividade, hidrografia, rede viária, unidades de paisagens, uso e ocupação do solo, etc. proposto no Roteiro Metodológico de Unidades de Conservação de Uso Indireto elaborado pelo Ibama, com um único sistema de

referência servindo de subsídios para elaboração de zoneamentos, regularização fundiária, identificação de conflitos, contribuindo para a tomada de decisão pelos gestores.

2. Objetivo

O presente trabalho visa realizar uma análise multi-temporal de imagens SPOT-3 e CBERS-2 do Parque Estadual do Bacanga (PEB) como forma de mapear e monitorar o uso do solo desta Unidade de Conservação.

3. Material e Métodos

3.1. Área de estudo

O Parque Estadual do Bacanga (**Figura 1**) criado pelo governo do Estado do Maranhão por meio do Decreto-Lei nº 7.545 de 2 de março de 1980, está localizado na região norte do Estado do Maranhão e ocupa a área centro-oeste da ilha de São Luís e parte da zona central do município de São Luís, capital do Estado (Sematur, 1992) e apresentando área total de 2.634ha.

Geograficamente encontra-se em área próxima ao Equador de cuja linha imaginária está distante a 2°18', abrangendo parte da área sul do núcleo central da sede do município de São Luís, estando confinada entre zonas de forte pressão demográfica e o Distrito Industrial (Castro et al., 2002).

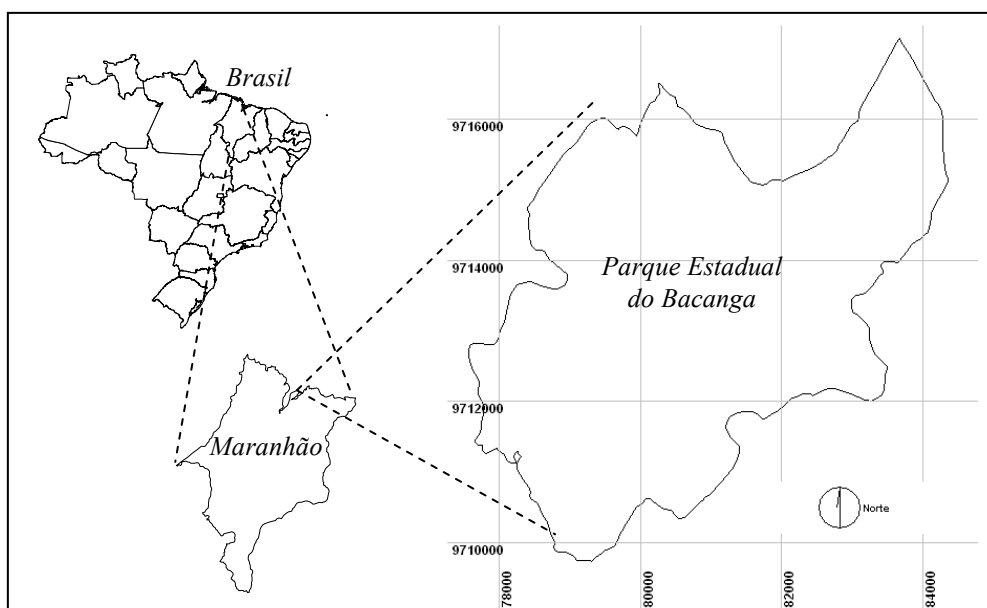


Figura 1. Localização do Parque Estadual do Bacanga, São Luís, Maranhão.

O Parque Estadual do Bacanga é de grande importância para ilha de São Luís, pois é um dos únicos fragmentos florestais de mata pré-amazônica de forma conservada, servindo para a manutenção de uma grande área verde e mananciais na ilha, contribuindo assim, com a qualidade ambiental na ilha de São Luís por meio da conservação dos recursos hídricos locais, recreação, educação e lazer ambiental. Entretanto, diversas intervenções sofridas no decorrer dos anos tendem a reduzir toda sua funcionalidade como unidade de conservação.

A parte norte do Parque está localizado em uma área considerada urbana pelo Plano Diretor de 1992 do município de São Luís, sendo caracterizada neste como Reserva Floresta do Sacavém. De acordo com a Lei 9.985/00, toda área onde está inserida uma Unidade de Conservação e sua área de entorno que compreende um raio de 10km, as atividades devem ser

limitadas e restritas e devem ser realizadas de forma disciplinar e de maneira que não comprometa a integridade ambiental do Parque, pois a área de entorno é considerada área rural (MMA, 2000), onde se percebe que o Parque apresenta parte da sua área de entorno inexistente.

A área de entorno do Parque, em 1991, apresentava uma população de 18.240 habitantes e, em 2001, é de 60.564 habitantes exercendo uma forte pressão antrópica sobre esta unidade de conservação segundo (Castro et al., 2002) e caracterizando-se de fato, esta área como uma área urbana, de forma que elas são consideradas zonas de interesse social (ZIS).

Um outro fator que contribui para a descaracterização e inviabiliza uma gestão eficiente do Parque é a existência de pequenos núcleos populacionais no interior do Parque totalizando 747 habitantes em 2001 que utilizam a terra de qualquer modo, realizando queimada, desmate e agricultura de forma primitiva (Catro et al., 2002).

A existência de sítios nos limites do Parque é outro problema fundiário que inviabiliza tomada de decisão que fortaleça o planejamento do Parque, pois os habitantes dessas localidades não foram indenizados e, segundo a Lei 9.985/00, todo Parque deve ser composto somente de terra de domínio público, tendo que ser indenizado todas as propriedades nele inseridas.

Segundo Ribeiro (2003), os problemas socioambientais do Parque Estadual do Bacanga são reflexos da política desenvolvimentista proporcionada pelos sucessivos governos por meio da construção de obras públicas na área antes da criação do Parque, onde se destacam a Estrada de Ferro São Luís – Teresina, a instalação e manutenção das linhas de transmissão da Eletronorte, atravessando o Parque de norte a sul, provocando grandes impactos ambientais sobre a geologia, morfologia, solo, formações superficiais e cobertura vegetal da área.

3.2. Materiais utilizados

Os materiais utilizados para a realização do presente trabalho são:

- IDRISI KILIMANJARO for Windows: operador de análise espacial;
- Imagens do satélite CBERS 2, bandas 2, 3 e 4, órbita 157 e ponto 103, obtida em agosto de 2004, com resolução espacial de 20m (INPE, 2004);
- Imagens do sensor HRV do satélite SPOT 3 com resolução de 20m, bandas 3, 4 e 5, órbita 711 e ponto 355, obtida em 26 de julho de 1995;
- Microcomputador PC com alguns periféricos (impressora e scanner);
- Aparelho receptor de GPS (Global Positioning System).

3.3. Metodologia

No processo de elaboração do sistema de classificação do uso do solo, foram utilizadas técnicas de processamento digital de imagens, com estudos relativos aos critérios de classificação, aplicações de técnicas na área de estudo. Estes procedimentos estão descritos a seguir.

As imagens SPOT-3 e CBERS-2 foram retificadas geometricamente com pontos de controle terrestres (PCTs), com coordenadas obtidas por GPS, permanecendo-se, em cada ponto, por 2 minutos, sendo utilizado o sistema UTM 23 Sul de projeção e elipsóide SAD 69. Estes dados foram trabalhados por meio da função *edit* do IDRISI (Eastman, 2003).

As imagens foram interpretadas diretamente na tela do computador pelo uso do IDRISI, utilizando elementos básicos de interpretação como: textura, tonalidade, tamanho, forma, padrão e localização. Desta forma, processou-se a extração de informações na própria imagem e a identificação dos alvos de interesse. Esse tipo de interpretação possibilitou uma melhor definição das classes temáticas e de uma legenda preliminar que facilitou o trabalho de campo.

Com base nos conhecimentos da região do Parque, observações de campo e análise visual da imagem de satélite foram definidas as categorias informacionais para o treinamento do algoritmo de classificação. As amostras foram coletadas de forma blocada, mediante digitalização na imagem plotada na tela do computador pela função *digitize* do IDRISI e as categorias (classes) foram definidas de acordo com as feições encontradas e determinadas pela verdade de campo.

Para as duas imagens foi utilizada uma área de treinamento que identificasse precisamente essas classes em cada imagem de forma que a classificação apresentasse uma boa relação com a imagem de referência.

A **capoeira baixa** é o tipo de vegetação representada por espécies de porte herbáceo e arbustivo, caracterizado por espécie em regeneração na área, com porte baixo de aproximadamente 2 (dois) metros de altura e com pouca variabilidade de espécies.

Esta área corresponde ao setor que tem sofrido constantes intervenções antrópicas de forma diversificada, descaracterizando por completo a vegetação existente.

A **capoeira alta** está representada, principalmente, na região norte do Parque, sendo composta por espécies de porte arbóreo e de maneira mista, pois existem árvores de cedro, bacuri, cumaru, jatobá, andiroba, jaborandi até espécies de babaçu, esta apresenta-se de forma não contínua que possa caracterizar como uma classe única. Representada, por uma formação contínua da Mata Pré-Amazônica, predominantemente arbórea, embora apresentando no seu conjunto estágios diferenciados de preservação. Em certos trechos, árvores com altura variando entre 25 e 30m de altura e mais de 100cm de diâmetro (Sematur, 1992).

A **mata ciliar** é caracterizada por espécies vegetais que estão próximas aos igarapés e são protegidas por Lei. Estas espécies podem ser de porte arbóreo, arbustivo e herbáceo e apresentam uma elevada capacidade de se estabelecer em ambiente com alto teor de umidade. Apresenta-se em bom estágio de conservação por estarem em locais de difícil acesso pelo alagamento constante. As espécies que compõem esta formação chegam a aproximadamente 5m de altura.

A **floresta de mangue** é característica de regiões costeiras e estão localizadas em áreas estuarinas, na foz dos rios, neste caso em especial do rio Bacanga, apresenta uma característica homogênea e floresta fechada e representada pelas espécies *Rhizophora mangle* (mangue-vermelho) e *Avicennia germinans* (siriba), sendo habitats natural de peixes e crustáceos.

As **áreas de agricultura** existentes no interior do Parque são realizadas de forma irregular, pois esta unidade é considerada de uso indireto, inviabilizando qualquer atividade produtiva e utilizando recursos naturais. Estas atividades apresentam grande potencial de descaracterização desta unidade de conservação, pois são realizadas com os métodos primitivos utilizando o desmate e a queimada e posterior plantio. Após a colheita o local é abandonado e são desmatadas novas áreas para cultivo.

As áreas de **solo exposto** existentes no Parque Estadual do Bacanga foram formadas por uso irracional por parte de pessoas que entraram no Parque de forma ilegal e que, de alguma forma, retiraram a vegetação existente para uso do solo para agricultura e para extração de mineral (pedra) e deixaram desprovidos de vegetação ao longo dos tempos.

A última classe definida corresponde as **áreas construídas** existentes nos limites do Parque, representadas por sítios que já existiam antes da criação do Parque e outros que foram ocupando ao longo dos tempos.

Para obtenção dos dados de referência, utilizou-se o algoritmo denominado *sample* do SIG IDRISI, onde foram gerados arquivos vetoriais, contemplando todas as classes presentes na imagem. Os arquivos vetoriais foram sobrepostos à composição colorida em falsa cor (R)2(G)4(B)3 para melhor identificação das classes presentes.

Os pontos plotados sobre a composição colorida foram identificados, verificando-se a qual classe pertenciam. Pontos plotados sobre as amostras de treinamento foram descartados, evitando uma superestimação dos índices de exatidão e foram geradas matrizes de erros, para obtenção dos índices de Exatidão Global e Kappa.

A classificação foi efetuada utilizando o classificador supervisionado de Máxima Verossimilhança existente no sistema IDRISI, por meio do módulo *maxlike*, optando-se pela classificação de todos os pixels, assumindo-se igual equi-probabilidade de ocorrência para cada classe espectral.

5. Resultados e Discussão

Os mapas de uso e cobertura da terra de 1995 e 2004, produzidos com base nas imagens SPOT-3 e CBERS-2, são apresentados na figuras 2 e 3 respectivamente. A acurácia total apresentada para os mapas de uso e cobertura de 1995 e 2004 estão determinados em 0,72 e 0,98 respectivamente.

No mapa de uso e cobertura do solo de 1995, observou-se que a vegetação predominante no Parque é a Capoeira Alta com 815,76ha., correspondendo a 30,97% da área total do PEB, em seguida a categoria Capoeira Baixa com 682,12ha. (25,90%); Floresta de Mangue com 457,6ha. (17,37%) e Mata Ciliar com 301,92ha. (11,46%) constantes na Tabela 1. Estas quatro categorias representam mais de 85% da cobertura do solo existente na área total do Parque e as classes de caráter antrópico (Agricultura, Solo Exposto e Área Construída) com pouco mais 9% de sua área total (**Figura 2**).

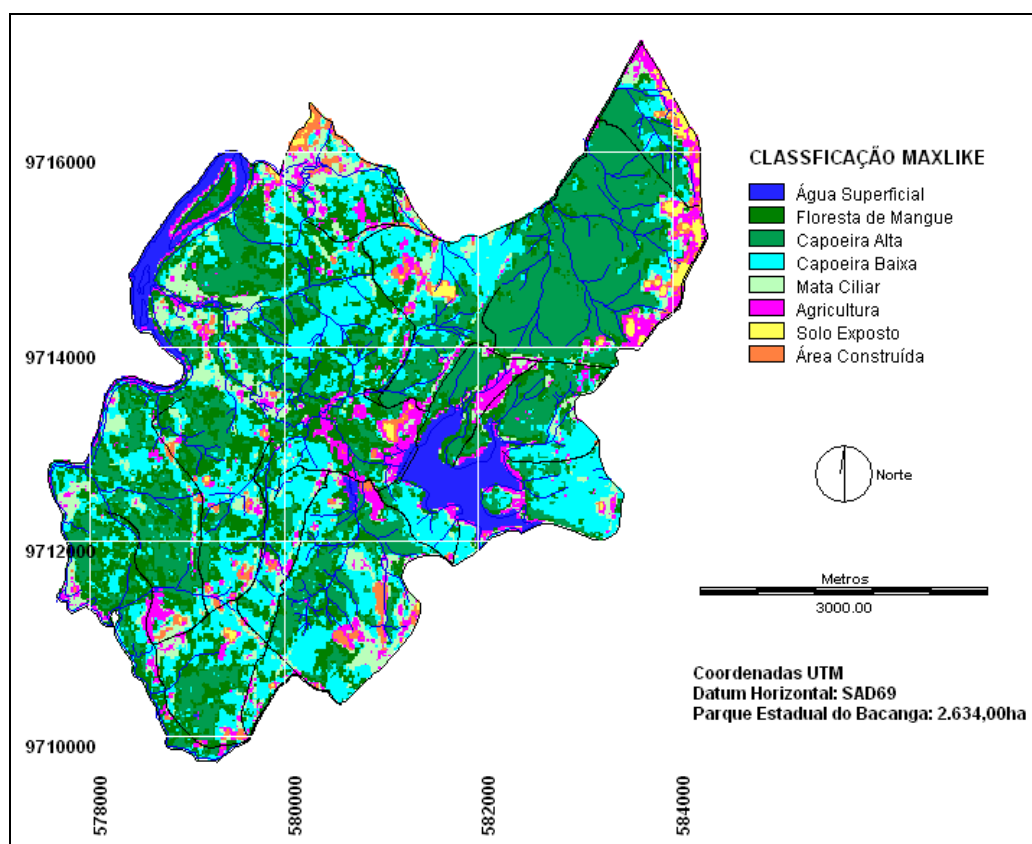


Figura 2. Imagem classificada SPOT-3 do ano de 1995.

Na classificação de uso e ocupação realizada para o ano de 2004, as categorias Capoeira Baixa, Capoeira Alta, Mata Ciliar e Floresta de Mangue corresponderam a 80,61% da área total do Parque, com 934,88ha. (35,49%); 595,32ha. (22,60%); 308,20ha. (11,70%);

285,12ha. (10,82%), respectivamente (**Tabela 1**). As classes de uso da terra referentes a áreas antropizadas representam 16,1% da área com 424,32 ha. (**Figura 3**).

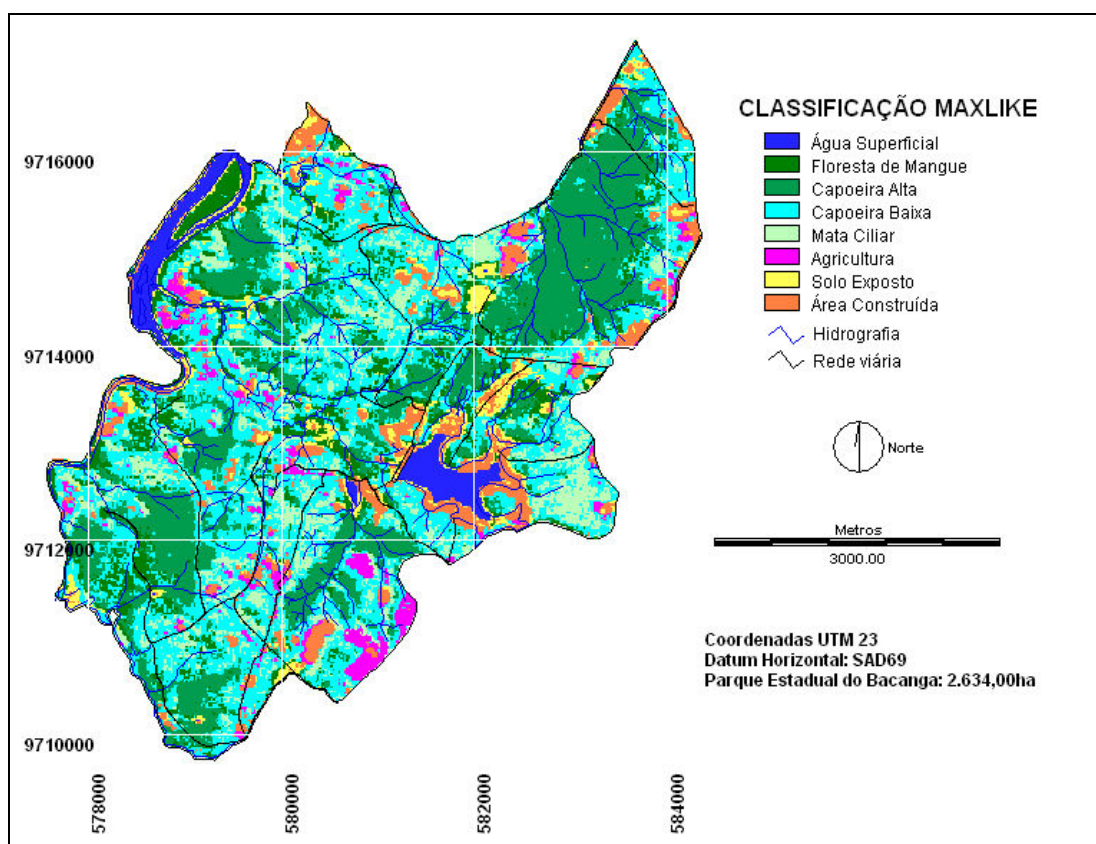


Figura 3. Imagem classificada CBERS-2 do ano de 2004.

A distribuição espacial das categorias de uso e ocupação do Parque Estadual do Bacanga entre os anos de 1995 e 2004 pode ser vista na **Tabela 1**, onde houve redução das áreas de Floresta de Mangue de 457,6ha. para 285,12ha., correspondendo a perda de aproximadamente 37% da área de Mangue existente. A área de Capoeira Alta representada por 815,76ha. Em 1995, passou para 595,32ha. em 2004, conseqüente, houve o aumento de áreas de Capoeira Baixa, Agricultura e Área Construída com os valores de 682,12ha. para 934,88ha.; 18,44ha. para 85,68ha. e 84,36ha. para 208,96ha., respectivamente.

As áreas de Mata Ciliar não sofreram redução ao longo dos anos investigados, possivelmente devido a sua localização no interior do Parque, pois se localizam em área próxima aos corpos d'águas locais e de difícil acesso pela população que penetra de maneira ilegal nesta unidade de conservação.

Deve se ressaltar que a categoria de mangue pode ser reduzida, mais não deverá ser substituída por outro tipo de vegetação, pois o ambiente no qual está inserido a floresta de mangue apresenta características peculiares com a salinidade, influência de maré, que fazem de si uma categoria homogênea.

Tabela 1. Classes de uso do solo, valores das áreas em hectares e porcentagem nos anos de 1995 e 2004 do PEB.

CLASSES DE USO	1995		2004	
	ÁREA (ha.)	(%)	ÁREA (ha.)	(%)
Água Superficial	114,12	4,33	86,16	3,27
Floresta de Mangue	457,6	17,37	285,12	10,82
Capoeira Alta	815,76	30,97	595,32	22,60
Capoeira Baixa	682,12	25,90	934,88	35,49
Mata Ciliar	301,92	11,46	308,2	11,70
Agricultura	18,44	0,70	85,68	3,25
Solo Exposto	159,68	6,06	129,68	4,93
Área Construída	84,36	3,21	208,96	7,94
TOTAL	2.634,00	100	2.634,00	100

6. Conclusões

Com os mapas de uso e cobertura da terra do Parque nos anos de 1995 e 2005, pode-se observar a existência das diferentes classes de uso do solo, principalmente as classes que são responsáveis pela descaracterização da paisagem do Parque Estadual do Bacanga.

A redução principalmente nas áreas de floresta de mangue, consideradas área de preservação permanente e nas áreas de Capoeira Alta foram primordiais para a descaracterização na paisagem do Parque, tendo como causa preponderante ao desmatamento para retirada de madeira para fazer lenha e na construção de casas, retirada da cobertura vegetal para escavação e retirada de pedra e barro para venda local, fazendo com que o mesmo se distancie do seu principal objetivo que é a preservação dos recursos naturais (flora, fauna e recursos hídricos) correspondente aos mananciais da ilha de São Luís, reduzindo qualidade de vida da população local.

De modo geral, pode-se considerar que os resultados obtidos foram satisfatórios, dentro dos objetivos propostos. A utilização de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica tendo como base a utilização de dados raster foi de vital importância, onde por meio de técnicas de processamento digital dos dados estes resultados apresentaram bom potencial na identificação das classes existentes, indicando as mudanças ocorridas e que ainda podem ocorrer na paisagem do parque.

7. Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo a Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA pelo apoio na elaboração deste trabalho.

8. Referências Bibliográficas

- CASTRO, A. C. L.; SANTOS, M. C. F. V.; PINHEIRO JR, J. R.; GOMES, L. N. e ALCÂNTARA, E. H. **Projeto de desenvolvimento sustentável do Bacanga**. 2002. 48 f.
- EASTMAN, J. R. **IDRISI Kilimanjaro**. Guide to GIS and image processing. Worcester, EUA: Clark University, 306p. 2003.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Imagens CBERS-2**. Disponível em <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/n-index.php>>. Acesso: 20 de setembro de 2004.
- MAZZEI, K. Manejo de unidades de conservação em áreas urbanas: desapropriação e incorporação de novas áreas. In: **Anais do III Simpósio Brasileiro de Unidades de Conservação**. Vol. I. Ceará: 2002. p. 177-186.
- MMA. 2000. Lei N. 9.985 de 18 de julho de 2000. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC**. Brasília: MMA/Secretaria de Biodiversidade e Florestas. 32p. 2000.

RIBEIRO, I. A. Principais impactos ambientais e seus reflexos sobre os recursos hídrico no Parque Estadual do Bacanga. 2003. 45p. **Monografia** (Especialização). PPG-GRH, UEMA, São Luís.

SEMATUR, Secretaria de Meio Ambiente e Turismo. **Plano de Manejo do Parque Estadual do Bacanga**. São Luís-MA, 1992. 125p.