

Uso de imagens CBERS2 (sensor CCD) para identificação de habitats aquáticos de crocodilianos no reservatório da usina Luiz Eduardo Magalhães, Tocantins.

Silvio Frosini de Barros Ferraz¹

André Martins Villaça²

Carlos Alberto Vettorazzi¹

Pedro Gerhard²

Kátia Maria Paschoaletto Micchi de Barros Ferraz²

Luciano Martins Verdade²

Universidade de São Paulo / ESALQ

¹Departamento de Engenharia Rural

²Laboratório de Ecologia Animal, Departamento de Zootecnia

Av. Pádua Dias, 11, Caixa Postal 9, 13418-900, Piracicaba/SP

{sfbferra, amvillac, cavettor, pgerhard, kferraz, lmv}@esalq.usp.br

Abstract. This paper deals with the use of CBERS2 satellite images (sensor CCD) in order to identify aquatic habitats for *Caiman crocodilus* e *Paleosuchus palpebrosus* in the Luiz Eduardo Magalhães reservoir, State of Tocantins, Brazil. Unsupervised classification was performed using the bands 2, 3 and 4. Field observation data were used to calculate the species density in aquatic habitats. Five habitat classes (patches) were identified, and the highest density was observed on patch 4 (61 animals / km²), which represents flooded riparian vegetation. The use of CBERS2 satellite data together with unsupervised classification was considered as an efficient low-cost alternative for preliminary mapping of aquatic habitats on large reservoirs.

Palavras-chave: unsupervised classification, aquatic habitat, classificação não supervisionada, habitat aquático, CBERS2.

1. Introdução

Os crocodilianos são animais encontrados nos principais rios brasileiros, estando sua conservação diretamente relacionada à preservação das bacias hidrográficas (Thorbjarnarson, 1992; Ross, 1998;). Esses animais habitam regiões marginais de lagos, rios, reservatórios etc., sendo encontrados quase sempre dentro d'água. Apresentam dependência do ambiente terrestre para a reprodução, uma vez que seus ninhos são construídos às margens de corpos d'água utilizando matéria vegetal em decomposição.

A identificação de possíveis áreas de ocorrência de jacarés em reservatórios depende principalmente do mapeamento dos habitats aquáticos. Em reservatórios com grandes extensões, como é caso de usinas hidrelétricas, o sensoriamento remoto oferece instrumentos para identificação e mapeamento destes habitats, com base no comportamento espectral da água e seus componentes.

A água tem comportamento espectral derivado dos processos de absorção e espalhamento da radiação, sendo que a fração refletida e detectada pelo sensor fornece informações sobre as características físicas, químicas e biológicas do ambiente aquático (Pereira Cabral, 2003). A refletância da água limpa diminui com o aumento dos comprimentos de onda, mas as maiores refletâncias são obtidas na região visível do espectro eletromagnético, especificamente nos comprimentos de onda do azul e do verde, decrescendo

gradualmente na direção do infravermelho, limitando-se os estudos de qualidade da água ao espectro visível (Robert et al, 1995). No entanto, alguns fatores naturais alteram a composição físico-química da água e, conseqüentemente, sua resposta espectral. Os principais fatores que afetam a coloração da água e, assim, a detecção dos habitats aquáticos pelos métodos de sensoriamento remoto, são a presença de plantas aquáticas, sólidos em suspensão, nível de clorofila e a transparência da água (Novo, 1993).

Embora existam técnicas de classificação de imagens mais adequadas para mapeamento de alvos aquáticos, a necessidade de mapeamentos de baixo custo e maior rapidez vem se tornando freqüente, principalmente em programas de monitoramento ambiental relacionados à fauna. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar a utilização de imagens CBERS2 e classificação não supervisionada no mapeamento de habitats aquáticos para jacarés, encontrados no reservatório da usina Luiz Eduardo Magalhães, em Tocantins.

2. Material e Métodos

Área de estudo - a área de estudo localiza-se na região centro-oeste do Brasil, com ponto central no município de Palmas, Estado de Tocantins (Figura 1), aproximadamente entre os paralelos 9°30'S e 11°30'S e os meridianos 48°15'W e 48°45'W. O estudo foi realizado no reservatório da Usina Hidrelétrica Luiz Eduardo Magalhães, no rio Tocantins, abrangendo os municípios de Lajeado, Palmas, Porto Nacional, Brejinho de Nazaré e Ipueiras. O entorno do reservatório é caracterizado por áreas agrícolas (soja, abacaxi, milho e pequenas culturas de subsistência), áreas de cerrado e de mata ripária, além de núcleos urbanos, localizados principalmente na margem direita do rio Tocantins, tais como as sedes dos municípios de Palmas, Porto Nacional e Lajeado.

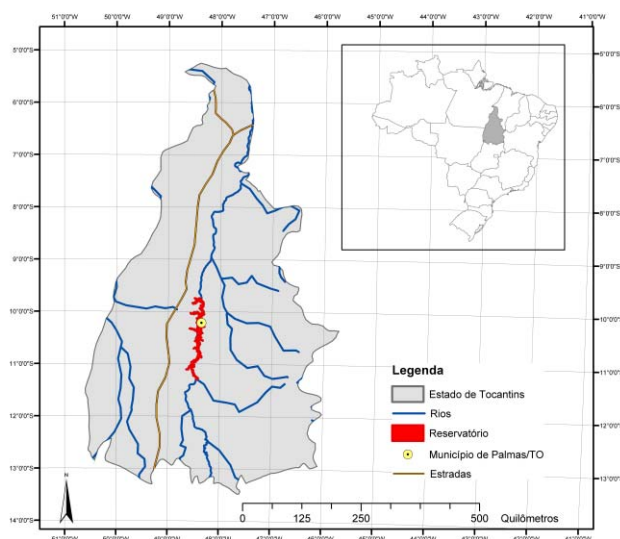


Figura 1 – Localização do reservatório da Usina Hidrelétrica Luiz Eduardo Magalhães, em Tocantins.

Classificação das imagens de satélite - a classificação dos habitats aquáticos foi realizada por meio da classificação de imagens CBERS2, sensor CCD com resolução de 20 metros, cenas 159-111 e 159-112, passagem do dia 21/05/2004, obtidas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A escolha das imagens foi baseada na disponibilidade de cenas sem interferência de nuvens. Foram utilizadas as bandas 2, 3 e 4 e o pré-processamento das imagens exigiu um ajuste de histograma entre as respectivas bandas de cada cena, devido à presença de nuvens na parte superior da cena 159-111. Posteriormente foram geradas composições coloridas para cada cena, as quais foram mosaicadas em uma única imagem.

A imagem obtida foi então classificada pelo método não supervisionado de agrupamento com objetivo de identificar diferentes habitats aquáticos (manchas) na área da represa. Por fim, a área do reservatório foi isolada da imagem utilizando-se uma máscara com os limites da área alagada e aplicou-se um filtro de Moda (3x3) para a eliminação de ruídos obtidos na classificação (*pixels* isolados). O tratamento e a classificação das imagens foram realizados com o auxílio do software IDRISI 32 (Eastman, 2001), enquanto que o processamento final e a produção de mapas foram realizados com auxílio do software ArcView 3.2 (Esri, 1996).

Levantamento e mapeamento dos jacarés – durante o período de outubro de 2002 a julho de 2003, foram realizadas campanhas de campo, onde os animais avistados (das espécies *Caiman crocodilus* e *Paleosuchus palpebrosus*) tiveram seus locais de ocorrência devidamente mapeados e caracterizados. O trabalho foi dividido em cinco campanhas de dez dias: outubro e dezembro de 2002; e março, maio e julho de 2003. A coleta de dados foi realizada nas margens direita e esquerda ao longo do reservatório.

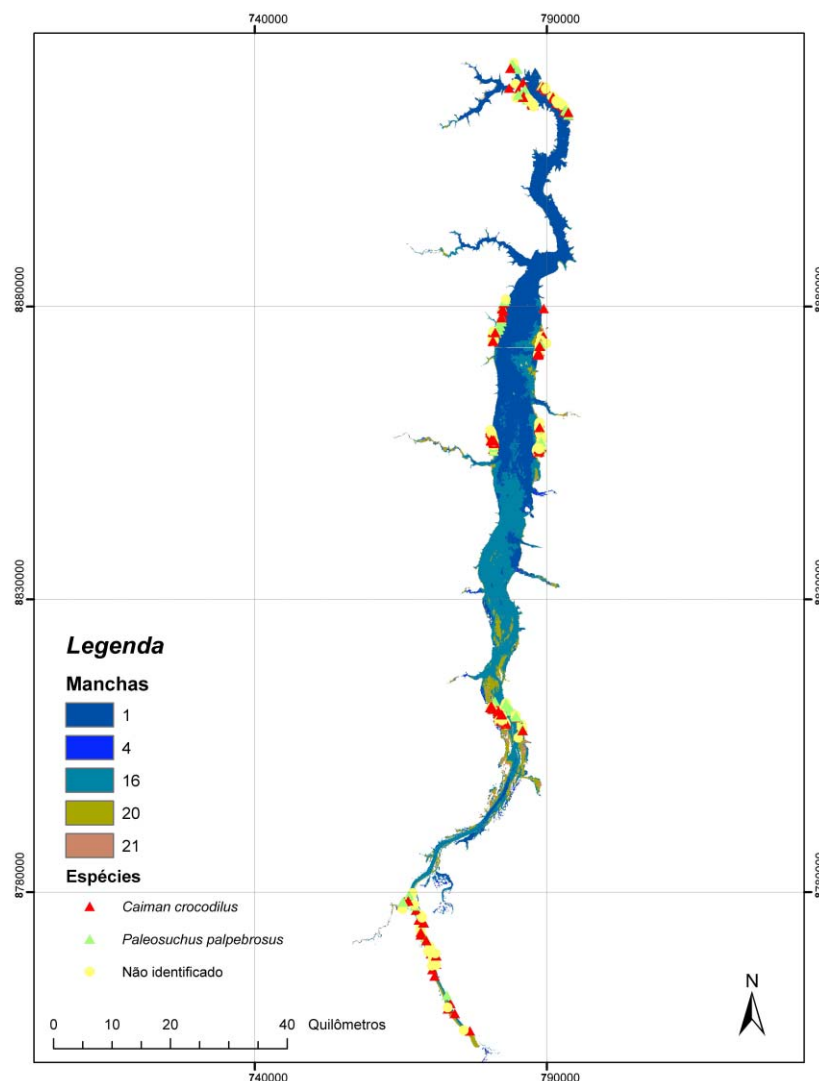
O método utilizado para a localização do animal foi o da focagem noturna à distância, seguida de aproximação e tentativa de captura (Mangini & Nicola, 2003). Tal método é amplamente utilizado para se avaliar a abundância de animais em diferentes localidades (Herron, 1994; Silveira et al., 1997).

Os pontos de visualização foram transferidos para o SIG ArcView com o objetivo de verificar a distribuição espacial dos animais observados em relação às classes identificadas pelo processo de classificação. Utilizando-se uma função de estatística local no SIG, foi possível a extração do identificador de cada classe obtida e a incorporação do mesmo no banco de dados de pontos coletados. Com o banco de dados unificado, contendo as informações de campo somadas ao identificador de cada classe, foi possível analisar a relação entre as variáveis coletadas e as classes obtidas por sensoriamento remoto.

A densidade de jacarés foi estimada pelo cálculo da área de cada mancha em uma faixa amostral de 300m calculada a partir das margens do reservatório. Os limites da faixa amostral foram definidos a partir da primeira e da última visualização dentro de cada trecho, uma vez que não existiam limites geográficos definindo os trechos. Embora o trabalho de campo tenha sido realizado entre 2002 e 2003, as cenas utilizadas no estudo foram referentes a 2004 já que não havia cenas CBERS2 disponíveis para os respectivos anos.

3. Resultados e Discussão

O processo de classificação resultou em 52 classes de ambientes, sendo que, utilizando-se o critério de eliminação de classes com menos de 1% da área total do reservatório, cinco classes foram consideradas na análise dos possíveis habitats aquáticos. A Figura 2 mostra o mapa final de classes (manchas) de habitats obtidos pela classificação das imagens, com os pontos de visualização de jacarés. As manchas 1 e 16 apresentaram as maiores áreas (361 km² e 283 km², respectivamente), enquanto que as demais (4, 20 e 21) somaram 104 km². As classes não consideradas totalizaram 75 km², representando cerca de 9% do reservatório. Estas classes encontram-se distribuídas em pequenas manchas representando diferentes tipos de vegetação e solos, encontrados em ilhas e margens do reservatório.



Figuras 2 – Manchas de habitat identificadas no reservatório, obtidas pela classificação não supervisionada de imagens CBERS2, e pontos de visualização de jacarés.

As classes obtidas pelo processo de classificação não-supervisionada refletem manchas diferenciadas e visualmente identificáveis, as quais relacionaram-se, principalmente, à presença de sedimentos na água e profundidade do canal. As manchas 1 e 16, por exemplo, representam áreas de maior profundidade, apresentando as maiores extensões (361 km² e 283 km², respectivamente) e estando distribuídas na parte central do reservatório. A Figura 3 apresenta um detalhe do reservatório nas proximidades do aeroporto da cidade de Palmas, onde é possível verificar a variação das manchas classificadas ao longo do gradiente margem – centro do reservatório.

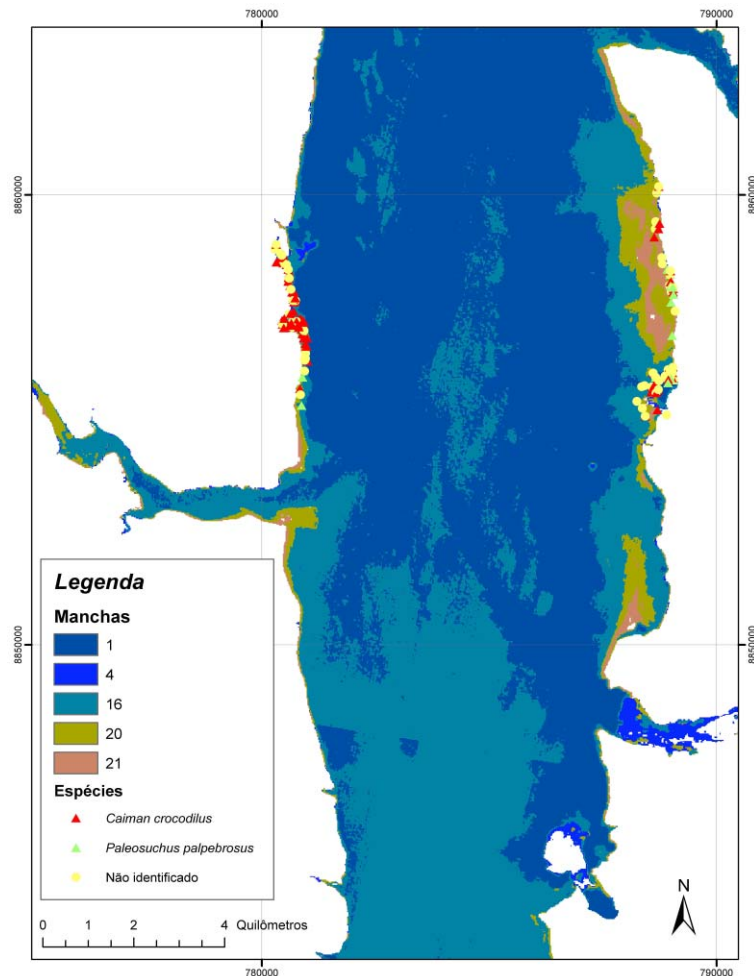


Figura 3 – Detalhes do mapa de habitats aquáticos (manchas) na região do aeroporto de Palmas, Tocantins.

A mancha 16 representa água com maior presença de sedimentos, já que sua distribuição aparece concentrada na porção mais à montante do reservatório. A diferenciação das manchas 1 e 16 poderia ser explicada pelo fato de que a presença de sedimentos modifica completamente a resposta espectral da água (Jensen, 2000), sendo possível o ajuste de modelos de regressão entre a concentração de sedimentos e a radiância detectada nos sensores remotos (Novo, 1991). Foi constatado no levantamento de campo que os sedimentos acumulavam-se em regiões marginais à calha principal do curso d'água.

As manchas 20 e 21 aparecem em locais próximos às margens, representando áreas de baixa profundidade (e.g. bancos de areia). De forma geral, parece haver um gradiente de profundidade partindo da mancha 1 (mais profunda) à mancha 21 (mais rasa). Já a mancha 4, que possui a menor extensão (0,8 km²), aparece em regiões próximas às margens e ilhas, bem como em locais de confluência com tributários. Esta mancha representa a vegetação inundada, seca, como as matas de galeria e buritizais. Além disso, sobrepondo a distribuição da mancha 4 na composição colorida, nota-se que a mesma aparece adjacente às matas localizadas no entorno do reservatório, que é um forte indicativo de que essas manchas representam esse tipo de vegetação.

As bandas utilizadas mostraram-se adequadas para a identificação preliminar de habitats aquáticos. Melhores resultados poderiam ser obtidos pela classificação supervisionada, com verificação da verdade terrestre na obtenção das amostras para classificação e avaliação do mapa final.

Na Tabela 1 são mostradas as áreas de cada mancha e faixas amostradas. Um total de 56,5 km² foi amostrado, ou seja cerca de 7% da área total do reservatório, sendo que a mancha com maior área amostrada foi a 16 (água com presença de sedimentos). As maiores frequências de visualização de jacarés foram encontradas nas manchas 16, 1 e 20, nesta ordem, correspondentes às maiores classes do reservatório e faixas amostradas.

Tabela 1 – Frequência absoluta de jacarés observados no reservatório em cada mancha de habitat aquático.

<i>Mancha</i>	<i>Área total (km²)</i>	<i>Fração do reservatório (%)</i>	<i>Área amostrada (km²)</i>	<i>Fração de área amostrada (%)</i>	<i>Total de observações</i>
1	361	44	10,2	3	109
4	17	2	0,8	5	49
16	283	34	18,3	6	271
20	73	9	10,6	15	96
21	14	2	2,0	14	48
Outras	75	9	14,6	19	107
Total	823	100	56,5	7	680

Na Figura 4, observa-se que as maiores densidades de jacarés foram observadas nas manchas 4 (vegetação seca alagada) e 21 (ambientes arenosos rasos), as quais oferecem condições adequadas ao hábito de vida dos crocodilianos (Herron, 1994).

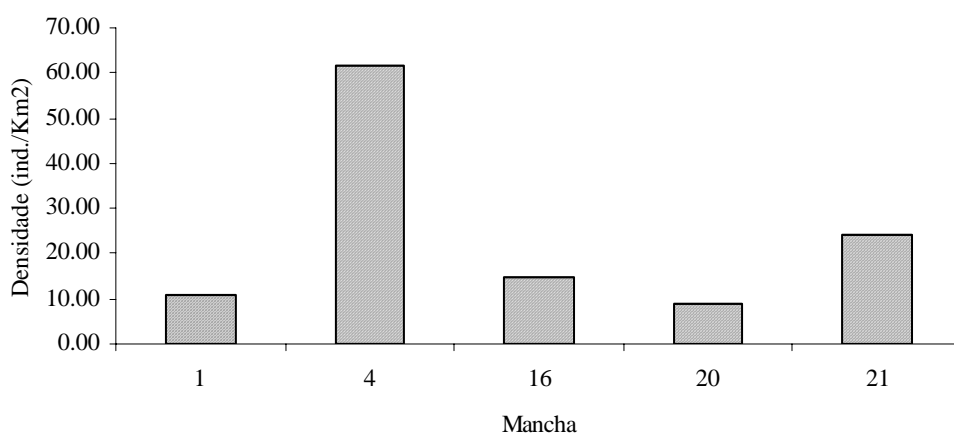


Figura 4 – Densidade de jacarés observados em cada mancha de habitat identificada.

Embora a densidade de animais presentes na mancha 1 tenha sido baixa em relação às demais, o que era esperado já que esta mancha representa águas profundas e distantes das margens, os animais observados nesta classe encontraram-se agrupados em uma pequena área de buritizal alagado (registrada no trabalho de campo e verificada na imagem de satélite) que não foi detectada na classificação. Como não pôde ser distinguido pela classificação, o buritizal alagado foi incluído na mancha 1. Na Figura 3, a localização do buritizal pode ser observada na margem direita do reservatório, sob o agrupamento de observações, na parte central da figura.

4. Conclusões

O uso de imagens CBERS2 juntamente com o método de classificação não supervisionada foi considerado uma alternativa eficiente, rápida e de baixo custo para o mapeamento preliminar de habitats aquáticos em reservatórios de grande porte. A delimitação de manchas de habitat neste estudo somente pode ser realizada mediante o uso do sensoriamento remoto. Esta metodologia pode ser utilizada como um instrumento de diagnóstico em estudos de fauna, direcionando ações futuras de monitoramento e conservação de espécies. Apesar dos resultados satisfatórios, a classificação não distinguiu algumas pequenas manchas de habitat observadas no campo.

A densidade de jacarés foi maior em áreas caracterizadas por vegetação ripária alagada após o enchimento do reservatório e que provavelmente ofereciam melhores condições de habitat para os animais em relação às demais manchas.

Referências Bibliográficas

- Eastman, J.R. **IDRISI for Windows**: version 32, release 2.0. Clark University, Worcester, MA, USA, 2001.
- ESRI, **ArcView GIS 3.2**: User Guide. Redlands: ESRI Press, 1996, 345p.
- Herron, J.C. Body size, spatial distribution, and microhabitat use in the Caimans, *Melanosuchus niger* and *Caiman crocodilus*, in a Peruvian lake. **J. Herpetol.**, v.28, p.508-513. 1994.
- Jensen, J.R. **Remote sensing of the environment**: an earth resource perspective. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2000. 544p.
- Mangini, P.R.; Nicola, P.A. Captura e marcação de animais silvestres. In: Cullen Jr, L.; Rudran, R. & Valladares-Padua, C. (Orgs.). **Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre**. Curitiba: Editora UFPR. 2003. p.91-124.
- Novo, E.M.L.M. **Sensoriamento Remoto**: princípios e aplicações. São José dos Campos: Edgard Blücher, 1993. 308p.
- Novo, E.M.L.M.; Steffen, C.A.; Braga, C.Z.F. Results of a laboratory experiment relating spectral reflectance to total suspended solids. **Remote Sensing of Environment**, v. 36, n.1, p.67-72. 1991.

- Pereira Cabral, J.B. Utilização de técnicas de segmentação e correlação de Spearman em imagens TM para o estudo da concentração de sedimentos em suspensão no reservatório de Barra Bonita – São Paulo-Brasil. **GeoFocus**, n.3, p.235-267. 2003.
- Roberts, A.; Kirman, C.; Lesack, L. Suspended sediment concentration estimation from multi-spectral video imagery, **International Journal Remote Sensing**, 16, 13, pp. 2439-2455. 1995.
- Ross, J.P. **Crocodiles: Status Survey and Conservation Action Plan**. 2nd ed. IUCN - The World Conservation Union. Gland: IUCN. 1998.
- Silveira, R.; Magnusson, W.E; Campos, Z. Monitoring the distribution, abundance and breeding areas of *Caiman crocodilus crocodilus* and *Melanosuchus niger* in the Anavilhanas Archipelago, Central Amazonia, Brazil. **J. Herpetol.**, v.31, p.514-520. 1997.
- Thorbjarnarson, J.B. **Crocodiles: An Action Plan for their Conservation**. IUCN - The World Conservation Union. Gland: IUCN. 1992.