

## Delimitação de áreas de várzea Amazônica através do método de segmentação de imagens.

César Valdenir Teixeira<sup>1,2</sup>  
Edson Eyji Sano<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Brasília - UnB  
Instituto de Geociências – IG

<sup>2</sup>Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Ibama  
Projeto Manejo dos Recursos Naturais da Várzea – PROVÁRZEA – Brasília – DF  
E-mail: cesar.teixeira@ibama.gov.br

<sup>3</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Cerrados - Brasília – DF  
E-mail: sano@cpac.embrapa.br

**Abstract.** At the Amazonian basin, the strong amplitude of variation of water level draining generates systematic floodings in vast zones called “várzea” (floodplain). These zones are located mainly in the edges of the major rivers at the Amazonian basin. This work aims to develop a methodological approach to analyze patterns and techniques to discriminate and delineate areas of Amazon floodplains using optical data (Landsat sensor). Two study areas, selected based on data availability, were located in the regions of the cities of Manaus and Iraduba – AM and also in the region of the city of Santarem – PA. For the delimitation of the areas of várzea, we used image segmentation techniques by growing region, followed by the supervised classification. The result was analysed through the statistical test of the Kappa coefficient and found and the result was good. The study had an important support of ProVárzea/Ibama (The Floodplain “Várzea” Natural Resources Management Project), specifically from the group dealing with GIS-based data management for floodplain monitoring.

**Palavras-chave:** classification of images, the floodplain, Landsat, classificação de imagens, planície de inundação, Landsat.

### 1 Introdução

O bioma da Amazônia apresenta extensa área territorial, é considerada a maior reserva de diversidade biológica do mundo, contendo um quinto da água doce líquida e corrente disponível e um terço das florestas latifoliadas (Valois, 2003). De acordo com a classificação proposta por Ab'Saber (2002), o bioma da Amazônia possui os seguintes compartimentos: Terra Firme, Igarapé, Igarapé e Várzea. A Várzea corresponde a áreas periodicamente inundadas pelas águas brancas ou turvas de rios, como o Solimões, o Amazonas ou o Madeira. Estes rios percorrem terras ricas em minerais e suspensões orgânicas. A fertilidade destas águas brancas e dos solos aluvionares trazidos pelas mesmas faz com que a flora e fauna desta parte da Amazônia seja uma das mais ricas e produtivas. Os rios são ricos em peixes e há várias espécies de mamíferos aquáticos e aves aquáticas. A alta produtividade da Floresta Amazônica de várzea tornou possível o povoamento da região. Os habitantes residem ao longo das margens dos rios - são as chamadas populações ribeirinhas.

A planície de inundação não é só importante em escala regional, mas representa um papel importante nos processos diretos e indiretos de mudanças globais, ficando evidente que o aproveitamento dos recursos naturais deste ecossistema será inevitável e o monitoramento da dinâmica da planície de inundação não é tarefa fácil devido à enorme dimensão da área afetada. É neste aspecto que reside a importância do uso do sensoriamento remoto orbital para extração de informações.

O sensoriamento remoto tem contribuído muito para o estudo dos mais diversos ambientes do planeta, ajudando a ampliar a compreensão das estruturas ecossistêmicas e de suas interações. Um dos principais interesses no uso de imagens de satélite em ambientes aquáticos é verificar a variação espacial e temporal da composição da água (Jensen, 2000).

Outro interesse é o estudo da dinâmica do desmatamento na Amazônia, principalmente devido à dimensão desta região e à dificuldade de acesso. Uma das maiores dificuldades encontradas pelos usuários de dados de sensoriamento remoto reside, entretanto, na disponibilidade de método rápido e preciso para obter mapas de uso e cobertura da terra através da utilização de métodos de classificação digital (Vasconcelos e Novo, 2004).

Outro interesse mostra o uso de imagens e técnicas de sensoriamento remoto para mapear a variação no tempo e no espaço da área ocupada pelos diferentes habitats dos ecossistemas alagáveis da região Amazônica, trabalho este elaborado no âmbito do Projeto LBA (*Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia*) (Novo et al., 2005).

A extração de informações desta região através destas técnicas pode servir de subsídio para elaboração de políticas públicas voltadas à sustentabilidade dos recursos naturais da várzea. Um dos programas nacionais para fomentar a conservação e o desenvolvimento sustentável das várzeas da Amazônia é o Projeto Manejo dos Recursos Naturais da Várzea - ProVárzea - do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Ibama, o qual foi criado com o objetivo de estabelecer bases científicas, técnicas e políticas para a conservação e o manejo ambiental e social sustentável dos seus recursos naturais, notadamente os recursos pesqueiros ao longo da calha dos rios Solimões/Amazonas.

Assim, o objetivo geral do estudo foi desenvolver uma abordagem metodológica para analisar padrões e técnicas para discriminar áreas de várzea na Amazônia com a utilização de técnicas de processamento digital como segmentação e classificação.

## **2 Metodologia de Trabalho**

### **2.1 Áreas de estudo**

Foram selecionadas duas áreas de estudo ao longo da calha dos rios Solimões/Amazonas. A área do Baixo Amazonas localiza-se no município de Santarém – PA e nos municípios vizinhos ao longo do rio Amazonas, começando em uma área denominada Lago Grande de Curuaí, passando pela área urbana de Santarém, onde há o encontro dos rios Amazonas e Tapajós, e finalizando na região denominada Aritapera/Tapará (Figura 1). Ela situa-se entre os paralelos 1° 50' e 2° 40' de latitude sul e meridianos 54° 20' e 56° 10' a oeste de Greenwich. Esta área apresenta uma geologia composta pela Formação Alter-do-Chão e aluviões holocênicos. A geomorfologia é composta pelos Patamares do Tapajós e o Planalto do Uatumã-Jari, com predomínio dos Latossolos Amarelos e Podzólicos.

A área do Médio Solimões localiza-se no encontro entre os Rios Negro e Solimões, aproximadamente entre os paralelos 03° 00' e 03° 30' de latitude sul e entre os meridianos 59° 50' e 60° 25' a oeste de Greenwich. Nessa região de Manaus/Itanduba, tem-se a Formação Solimões e os terraços holocênicos. Em termos geomorfológicos, tem-se o Planalto Dissecado dos Rios Negro-Uatumã.

As duas áreas são caracterizadas por apresentarem um clima quente e úmido do tipo Am, segundo Köppen. A precipitação média anual é de 2.500 mm e a temperatura média anual de 26 °C (SUDAM, 1984). No geral, é constituída pela Planície Amazônica com cobertura pedológica de Neossolos Flúvicos, Gleissolos e Organossolos. Suas fitofisionomias vegetais principais são a Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas (Db) e a Floresta Ombrófila Densa Aluvial Dossel emergente (Dae). Na região de Santarém, têm-se ainda as Formações Pioneiras com influência fluvial e/ou lacustre e as herbáceas sem palmeiras (Pah). Nas áreas de Manaus e Itanduba, tem-se a Floresta Ombrófila Aberta Aluvial (Aa) e a Floresta Ombrófila Densa de terras baixas e dossel emergente (Dbe).

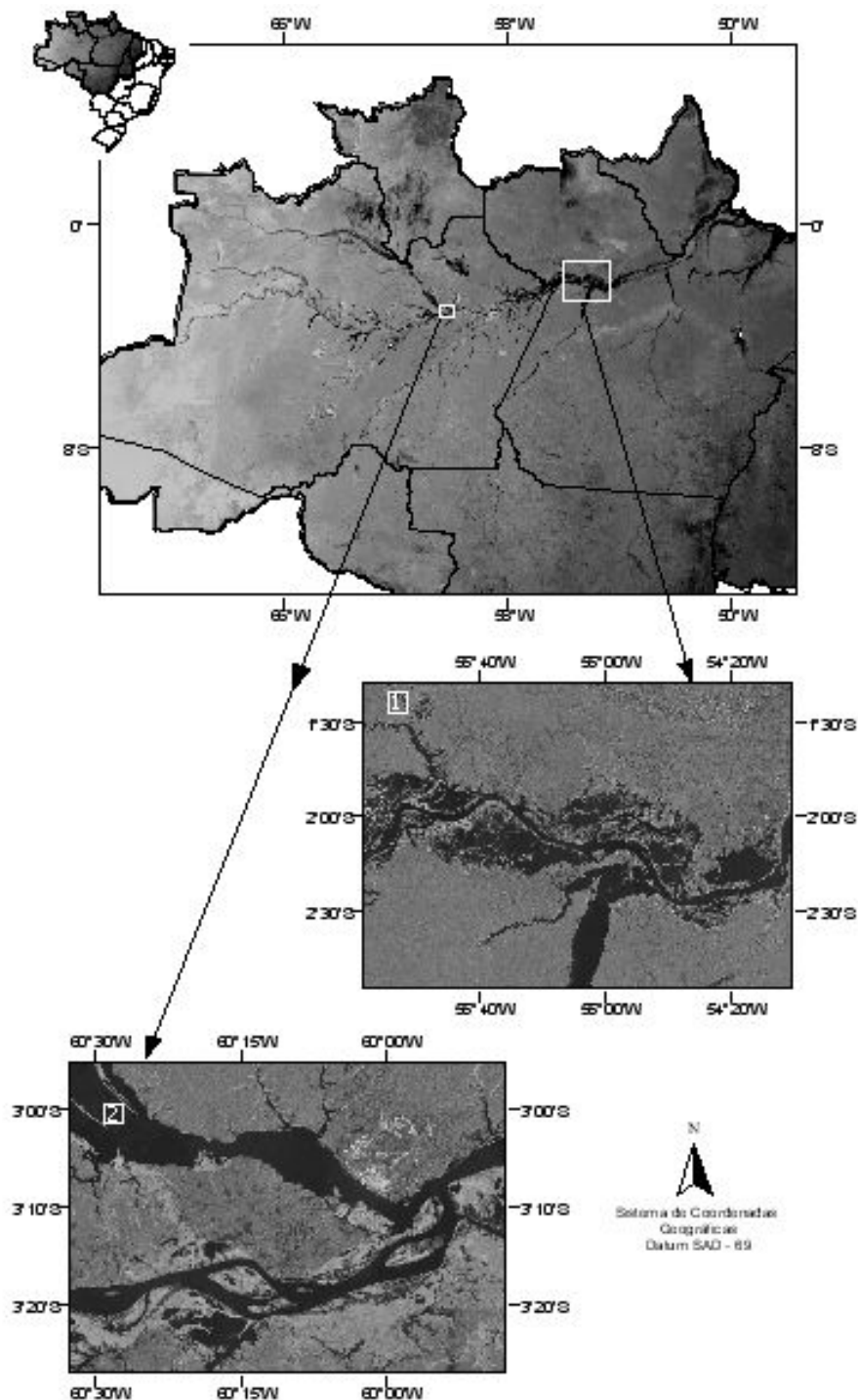


Figura 1 – Localização das áreas de estudo na região Amazônica. (1) = região de Santarém-PA, baixo Amazonas; (2) = região de Manaus/Iranduba-AM, médio Solimões.

## 2.2 Processamentos

Foram selecionadas as imagens ópticas do sensor Landsat TM, bandas 3, 4 e 5, (órbitas/pontos 227-61 e 227-62 de 16 de outubro de 2003; e 228-61 e 228-62 de 08 de novembro de 2003) e do sensor Landsat ETM+, bandas 3, 4, 5 e 8 (órbita/ponto 231-62 de 30 de agosto de 2002 e órbitas/pontos 227-61 e 227-62 de 05 de outubro de 2002).

Para delimitação da várzea, foi utilizada a ferramenta de extração de feições (*fx – feature extraction*), disponível no *software* ENVI©. Esse módulo é usado para extrair informações de

imagens de alta resolução espacial, com base em características espaciais e espectrais. Essa extração combina o processo de segmentação de imagens por crescimento de regiões com o de classificação. Essa ferramenta foi concebida para ser útil e intuitiva, e permite que seja personalizada para uma aplicação específica.

A segmentação é o processo de particionamento de uma imagem em segmentos do agrupamento de pixels vizinhos com características semelhantes em termos de brilho, textura, cor, etc. Estes segmentos idealmente correspondem aos objetos do mundo real. O *software* ENVI© emprega, como base de segmentação, um algoritmo muito rápido e exige apenas um parâmetro de entrada (nível de escala). Os valores resultantes do processamento podem variar entre 0 (melhor segmentação) e 100 (todos os pixels são atribuídos a um segmento). Em seguida, fez-se a classificação supervisionada, onde foi utilizado um novo classificador chamado “*Support Vector Machine*” (SVM) que foi desenvolvido especialmente para obter bons resultados de classificação sobre imagens complexas e ruidosas. O SVM é um sistema de classificação derivado da teoria de aprendizagem por análise estatística. Ele separa as classes através de uma superfície de decisão que maximiza a margem de separação entre as classes (SULSOFT, 2007).

Os resultados da segmentação, seguida de interpretação visual, foram comparados estatisticamente com dados de campo. Para avaliar a exatidão de mapas resultantes de classificações de imagens de satélite, é importante verificar a acurácia da classificação, que pode ser expressa como a probabilidade de uma certa classe estar correta em relação à realidade (Machado, 2002). Foram utilizados dois métodos para medir a exatidão do mapeamento a partir da matriz de erro: a exatidão global (EG) (Equação 1) e o coeficiente Kappa (Equação 2). Congalton (1991) relatou que o uso do coeficiente Kappa (k) é satisfatório na avaliação da precisão de uma classificação temática, gerados a partir de imagens de satélite, como medida de validação estatística, sendo considerado praticamente uma exigência a aplicação de métodos similares em trabalhos desta natureza.

$$EG = \frac{A}{N} * 100 \quad (1)$$

Onde: EG = Exatidão Global;  
A = Acerto geral (pontos amostrais com acerto);  
N = Numero de pontos amostrais.

$$Kappa = \frac{\sum_{i=1}^m x_i - \sum_{i=1}^m x_{i+} x_{+i}}{n^2 \sum_{i=1}^m x_{i+} x_{+i}} \quad (2)$$

Onde: Kappa = coeficiente Kappa de concordância;  
n = numero de observações (pontos amostrais);  
m = numero de linhas da matriz erro;  
x<sub>i</sub> = observações na linha i e coluna i;  
x<sub>i+</sub> = total marginal da linha i;  
x<sub>+i</sub> = total marginal da coluna i.

### 3. Resultados e Discussão

Estudos anteriores envolvendo delimitação de áreas de várzeas da Amazônia utilizaram sistemas sensores, de forma isolada. Para este estudo foi realizada uma análise qualitativa dos resultados obtidos pelas técnicas de classificação e segmentação de imagens, utilizando a ferramenta de extração de feições, disponível no ENVI©. Com o objetivo de simplificar o processo, as classes escolhidas para a realização dos processamentos das imagens foram: água, floresta (mata densa), várzea (áreas inundáveis), solo exposto (inclui áreas agrícolas e pastagens) e áreas urbanas.

Os processamentos com as imagens do Landsat, foram realizadas as segmentações com nível de escala entre 50 a 70 e o junção entre 60 a 80, utilizado para agregar pequenos segmentos, seguido da classificação SVM, com seleções de amostra baseados em conhecimento de campo. A cobertura de nuvens e sombras nas imagens era inferior a 5% do total das áreas de estudo, portanto, não houve prejuízo significativo no resultado final.

Na Tabela 1 é mostrado o cálculo de exatidão de mapeamento, onde pode-se avaliar o grau de concordância individual entre a classificação e os dados de referência terrestre, que são pontos de amostragem de campo ao longo das áreas de estudo anotados com coordenadas GPS.

Tabela 1. Cálculo das exatidões de mapeamento das regiões de Manaus-AM e Santarém-PA.

Sensor	Localidade - Região	nº de Pontos Coletados em Campo	Exatidão Global	Coefficiente Kappa
Landsat	Manaus-AM	36	71,0	0,60
	Santarém-PA	38	71,6	0,58

Em conformidade com os dados obtidos por Brites *et al.* (1996) e Ponzoni e Rezende (2002), o índice de exatidão global foi maior que o do coeficiente Kappa. Para estes autores, isso pode acontecer, pois a exatidão global considera apenas a diagonal da matriz de erro, ignorando a ocorrência de concordância casual entre as classes, além de haver uma tendência desse índice superestimar a exatidão de mapeamento.

De acordo com Landis e Koch (1977), a avaliação a partir do coeficiente Kappa pode ser realizada com base nos valores distribuídos entre 0 e 1. Assim, os valores obtidos para o coeficiente Kappa estão enquadrados na exatidão Moderada/Boa, com valores que vão de 0,40 até 0,60. Na Figura 4, apresenta-se a imagem resultante que apresentou o melhor índice de exatidão de mapeamento.

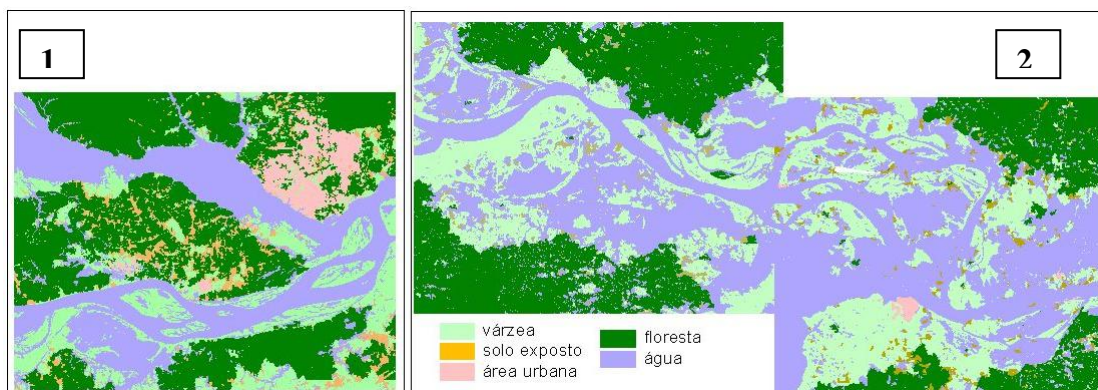


Figura 2. Resultado do processamento das imagens do sensor Landsat para as áreas de estudo (1) = região de Iranduba e Manaus-AM; (2) = região de Santarém-PA.

#### 4. Conclusões

Para delimitação das áreas de várzea, os resultados obtidos com o sensor óptico Landsat foram classificados como “moderado/boa”, após a validação da exatidão do mapeamento através de testes estatísticos e a comparação com os dados coletados através de trabalhos de campo.

A várzea ou áreas periodicamente inundáveis na Amazônia é um dos ecossistemas mais importantes na Bacia Amazônica e também tem um papel vital para as populações que vivem neste local, assim, todos os estudos que venham a contribuir para o desenvolvimento sustentável é de grande ajuda para seu controle e preservação.

#### 5. Referências Bibliográficas

Ab'saber, A.N. Base para os estudos dos ecossistemas da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, vol. 16, n. 45, 2002.

Brites, R.S.; Soares, V.P.; Ribeiro, C.A.A.S. Comparação de desempenho entre três índices de exatidão aplicados a classificação de imagens orbitais. **Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, agosto, 1996, Salvador. INPE, CD-ROM.

Congalton, R.G.; Green, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices**. New York: Lewis Publishers, 1999. 133 p.

Jensen, J.R. Remote sensing of water. In: Jensen, J.R. (ed). **Remote Sensing of the Environment: an Earth Resource Perspective**. Prentice-Hall Inc., Upper Saddle River: Prentice Hall, 2000 p. 379-406.

Landis, J.; Koch, G.G. The measurements of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 3, 1977. p. 159-179.

Machado, M.L. **Caracterização de agroecossistemas cafeeiros da zona da mata de Minas Gerais, usando sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas**. Dissertação de Mestrado: Universidade Federal de Lavras MG, 2002. 137 p.

Novo, E.M.L.M.; Ferreira, L.G.; Barbosa, C.; Carvalho, C.; Sano E.E.; Shimabukuro, Y.; Huete, A.; Potter, C.; Roberts, D.A.; Hess, L.L.; Melack, J.J.; Yoshioka, H.; Klooster, S.; Kumar, V.; Myneni, R.; Ratana, P.; Didan, K. E Miura, T. Técnicas avançadas de sensoriamento remoto aplicadas ao estudo de mudanças climáticas e ao funcionamento dos ecossistemas amazônicos. **Acta Amazonica**, 35(2): 259-272, 2005.

Ponzoni, F.J.; Rezende, A.C. Influências da resolução espacial de imagens orbitais na identificação de elementos da paisagem em Altamira-PA. **Revista Árvore**, 26(4): 403-410, 2002.

SUDAM / Projetos de Hidrologia e Climatologia da Amazônia. **Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira**, Belém: 1984. 125p.

SULFOFT. Guia do ENVI em português. 07/2007. Disponível em: <<http://www.sulsoft.com.br>>. Acesso em: 5 abr. 2008.

Valois, A.C.C. **Benefícios e estratégias de utilização sustentável da Amazonia**. - Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003, 75 p.

Vasconcelos, C.H.; Novo, E.M.L.M.; Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens—fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat-5, na região do reservatório de Tucuruí – PA. **Acta Amazonica**, 34(03):487-493, 2004.