

## Metodologias de fusão de imagens ópticas e de radar para identificar alvos representativos na várzea Amazônica.

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 “varzea” (floodplain). This work aims to develop a methodological approach to analyze patterns and techniques to discriminate representative areas of Amazon floodplains using combined, optical (Landsat sensor) and radar (R99B Brazilian Air Force), remotely sensed data providing the delimitation and the identification of representative targets of these areas. Two study areas, selected based on data availability, were located in the regions of the cities of Manaus and Iranduba – AM. For the identification of representative targets in the varzea, we used two image fusion techniques - principal components and IHS transform. The result of this process were hybrid images that have joined a good spatial and spectral resolutions, so we can identify with precision the targets selected. The results were compared with field data. 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: synergism, the floodplain, Landsat, R99B/SAR, sinergismo, planície de inundação, Landsat, R99B/SAR.

### 1. Introdução

O bioma da Amazônia ocupa quase 58% do território nacional, com uma imensa necessidade de mapeamento e monitoramento dos seus recursos naturais renováveis e não-renováveis. A integração desta área com o restante do país é cada vez mais estratégica devido ao seu enorme potencial em recursos naturais e sua baixa densidade demográfica (Paradella *et al.*, 1996). Com 6.112.000 km<sup>2</sup> na América do Sul, a bacia Amazônica ocupa mais da metade do território brasileiro com divisores topográficos constituídos pelo Planalto das Guianas, Cordilheira dos Andes e Planalto Brasileiro. A referida bacia situa-se, predominantemente, em topografia plana, formada por rochas cristalinas do Pré-Cambriano e baixo platô de sedimentos terciários-quadernários (Cunha, 2003). Os principais rios desta bacia são os rios Solimões/Amazonas que, ao longo de seus 3.000 km de extensão em terras brasileiras, drenam dois tipos de ambientes: a várzea, como é chamada a área de planície inundada anualmente, e a terra firme, terras altas que consistem em extensões do platô do período terciário que alcançam as bordas do rio. Estes dois ambientes se alternam ao longo das margens do rio, e nele residem populações ribeirinhas (Lima, 2005).

Na bacia Amazônica, a forte variação do nível d'água gera inundações regulares de vastas zonas, denominadas localmente de várzea (Sioli, 1994). As várzeas amazônicas são também definidas como áreas periodicamente inundadas por ciclos anuais regulares de rios de água branca, ricas em sedimentos (Surgik *et al.*, 2005), segundo a classificação proposta por Sioli (1968). Os solos dessas áreas, que caracterizam os rios de água branca como o rio

Amazonas, submersos quase metade do ano, são ricos em nutrientes e constantemente renovados (Pereira, 2004).

A várzea é um dos ecossistemas mais ricos da Bacia Amazônica em termos de produtividade biológica, biodiversidade e recursos naturais. Meio de vida para mais de 1,5 milhões de ribeirinhos, a várzea ocupa cerca de 300.000 km<sup>2</sup> ao longo da calha dos rios Amazonas e Solimões e seus principais tributários, tamanhos equivalente a 6% da superfície da Amazônia Legal. Seus rios e lagos, bem como outros corpos de água da Amazônia, abrigam 25% das espécies de peixes de água doce do mundo. Estima-se que existam cerca de 3.000 espécies de peixes nessas áreas, das quais 200 são exploradas comercialmente. O recurso pesqueiro representa a síntese das interações entre os diversos componentes desse ecossistema, além de ser a base da dieta e principal fonte de renda da população ribeirinha, proporcionando mais de 70 mil empregos diretos na região (Santos, 2004). A vegetação terrestre é predominantemente florestal, embora, em certas áreas, ocorram formações campestres, como acontece entre lagos e restingas, ou mesmo nas margens de alguns rios. Nos lagos, ocorre uma vegetação flutuante formada por macrófitas. A vegetação florestal e as macrófitas influenciam significativamente a vida aquática, fornecendo alimentos (frutos, folhas e sementes) e abrigo, principalmente para peixes e mamíferos aquáticos. Estes, em troca, realizam a dispersão de sementes, contribuindo para a regeneração da vegetação florestal da várzea (Santos, 2004).

Um dos programas nacionais mais expressivos para fomentar a conservação e o desenvolvimento sustentável das várzeas da Amazônia é o Projeto Manejo dos Recursos Naturais da Várzea - ProVárzea - do Ibama - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 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. Desde 2001, tem contribuído na elaboração de políticas públicas e no desenvolvimento de sistemas de conservação e manejo sustentáveis dos recursos naturais da várzea. Um de seus objetivos específicos é a construção de um SIG (Sistema de Informações Geográficas), que é a ferramenta tecnológica utilizada para a gestão do espaço geográfico da área da várzea. Com essa tecnologia, o ProVárzea/Ibama, juntamente com suas instituições, projetos parceiros e a sociedade em geral, tem acesso a informações geograficamente referenciadas da várzea, utilizando-as como subsídios para a tomada de decisões políticas, administrativas, ambientais e sociais acerca daquela região.

No componente SIG, destaca-se o 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). Trabalhos usando sensoriamento remoto que podem ser destacados são os de Frappart *et al.* (2005) e de Hess *et al.* (2003) que mostraram a determinação de variações nas áreas inundáveis utilizando combinações de imagens de radar de abertura sintética (SAR - *Synthetic Aperture Radar*).

Assim, o objetivo geral do estudo foi desenvolver uma abordagem metodológica para analisar padrões e técnicas para discriminar áreas de várzea na Amazônia usando a combinação de imagens ópticas e de radar. Para alcançar tal objetivo, foi necessário comparar o desempenho de técnicas de fusão de imagens para identificar as principais classes de cobertura de terra em áreas de várzea da Amazônia, após validação em campo com dados coletados através de GPS (*Global Positioning System*).

## 2 Metodologia de Trabalho

### 2.1 Área de estudo

A área de estudo localiza-se no Médio Solimões, mais precisamente no encontro entre os rios Negro e Solimões, aproximadamente entre os paralelos  $03^{\circ} 00'$  e  $03^{\circ} 30'$  de latitude sul e entre os meridianos  $59^{\circ} 50'$  e  $60^{\circ} 25'$  a oeste de Greenwich. Nessa região de Iranduba e Manaus, afloram os sedimentos da Formação Solimões e terraços holocênicos. Em termos geomorfológicos, tem-se o Planalto Dissecado dos Rios Negro-Uatumã.

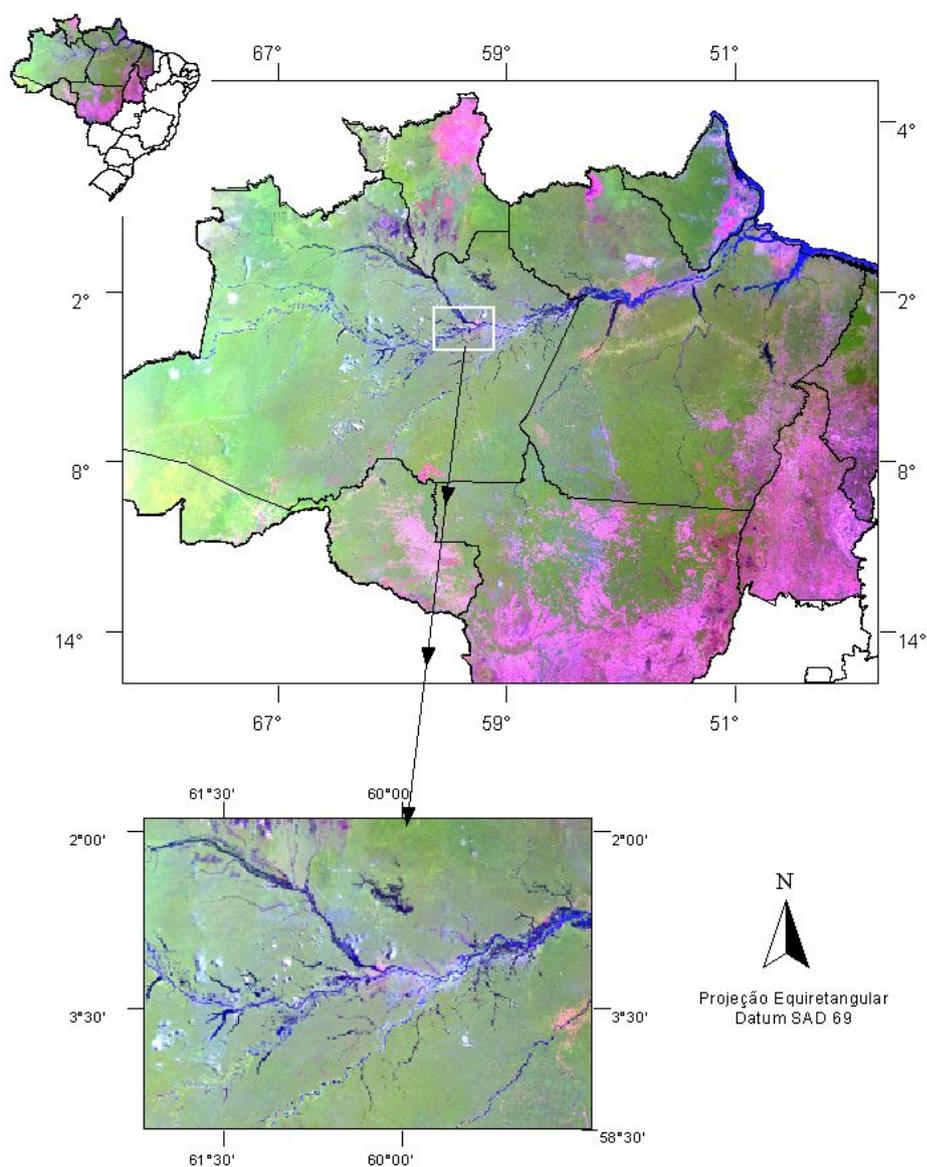


Figura 1 – Localização da área de estudo na região de Manaus/Iranduba-AM. A imagem corresponde à composição colorida RGB das bandas 5, 4 e 3 do Landsat ETM+.

## 2.2 Processamentos

Foram selecionadas as imagens ópticas 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). Foram também selecionadas imagens de radar do sensor R99B/SAR, banda X, polarização HH, modo fino com resolução espacial de 3 metros (datas de passagem da aeronave em 28 de fevereiro de 2003 na região de Iranduba e Manaus).

Para a identificação de classes representativas de cobertura de terra em áreas de várzea, foram aplicadas as seguintes técnicas de processamento digital de imagens: composições IHS das bandas 3, 4, 5 e 8 do sensor ETM+, e fusão de imagens do sensor ETM+ com as imagens do radar R99B/SAR da Força Aérea Brasileira, utilizando como processamentos, a transformação IHS e os componentes principais. Nenhum tipo de contraste foi efetuado nas imagens, somente o georreferenciamento inicial das imagens.

A transformação IHS (Jensen, 1996) é bastante utilizada para combinar três imagens multiespectrais com uma quarta imagem com resolução espacial maior, que pode ser uma banda pancromática ou uma banda de radar. Nesse caso, faz-se a substituição da componente intensidade do IHS pela quarta imagem (Figura 2).

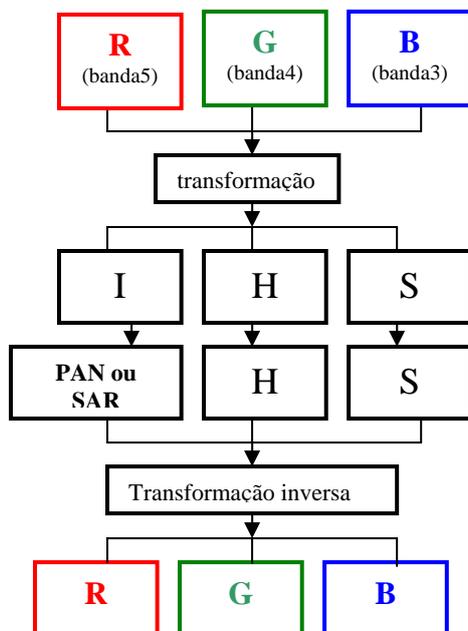


Figura 2. Esquema do procedimento da transformação RGB – IHS.

A fusão por componentes principais inicia-se com a transformação das bandas multiespectrais (sem limitação do número de bandas) em um mesmo número de componentes não correlacionadas. A primeira componente principal (CP1) é substituída pela banda pancromática que antes passa por um processo de equalização de média e variância para que fique o mais parecida possível com a CP1. Em seguida, é realizada uma transformação inversa (Pinho *et al.*, 2005).

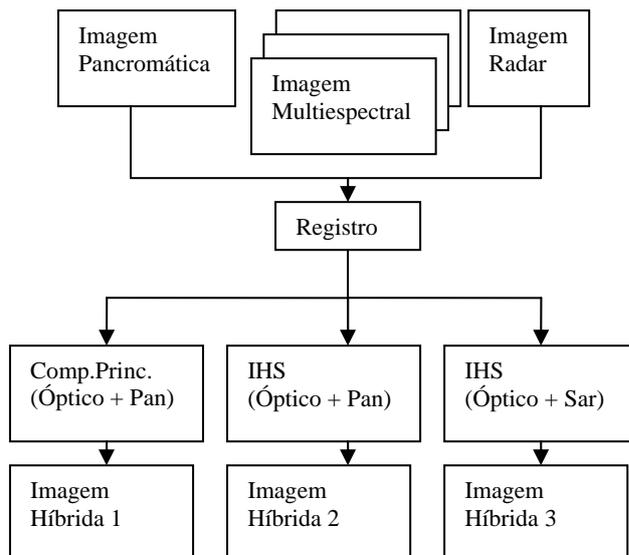


Figura 3. Fluxograma mostrando os procedimentos de geração de imagens híbridas por meio de fusões (adaptado de Leonardi *et al.*, 2005).

### 3. Resultados e Discussão

Com as imagens Landsat, a composição colorida 5R4G3B e a banda pancromática ou a imagem de radar (R99B/SAR), foram efetuadas a fusão IHS e a fusão por transformação por componentes principais. Como resultado destes processamentos, obteve-se imagens híbridas que uniram a boa resolução espectral das imagens ópticas e ótima resolução espacial de da imagem de radar e da pancromática, abaixo vemos na figura 4 os resultados deste processamentos encontrado para o alvo identificado como várzea.

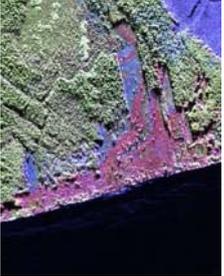
Alvo identificado	Imagens Fusionadas		
	RGB+R99B (Transformação IHS)	RGB+PAN (Transformação IHS)	RGB+PAN (Componentes Principais)
Várzea			

Figura 4– Imagens resultantes dos processamentos de fusões com as identificação de um dos principais alvos selecionados.

A resultado desta avaliação foi elaborada a partir de uma visual das cores da imagem multiespectral original e das imagens fusionadas. A interpretação visual para ter um melhor grau de confiabilidade requer do usuário conhecimentos prévios de vários fatores sobre as características das imagens utilizadas e, mais importante, requerem conhecimentos da área "in loco". Neste sentido foram agendadas várias saídas de campo com objetivo de verificar as

áreas selecionadas e coletar as coordenadas através de GPS para confirmação e comparação com os procedimentos realizados.

Em especial, temos o resultado da transformação IHS entre a imagem Landsat e a R99B-SAR, que mostrou nitidamente a diferenciação entre os tipos de alvos avaliados em trabalho de campo. Na Figura 5, são mostrados os resultados dos alvos identificados em trabalho de campo em seus respectivos processamentos.

Todos os dados utilizados neste trabalho bem com o resultados derivados do mesmo serão incorporados ao Sistema de Informações Geográficas do projeto ProVárzea/Ibama, estando disponíveis para o uso público.

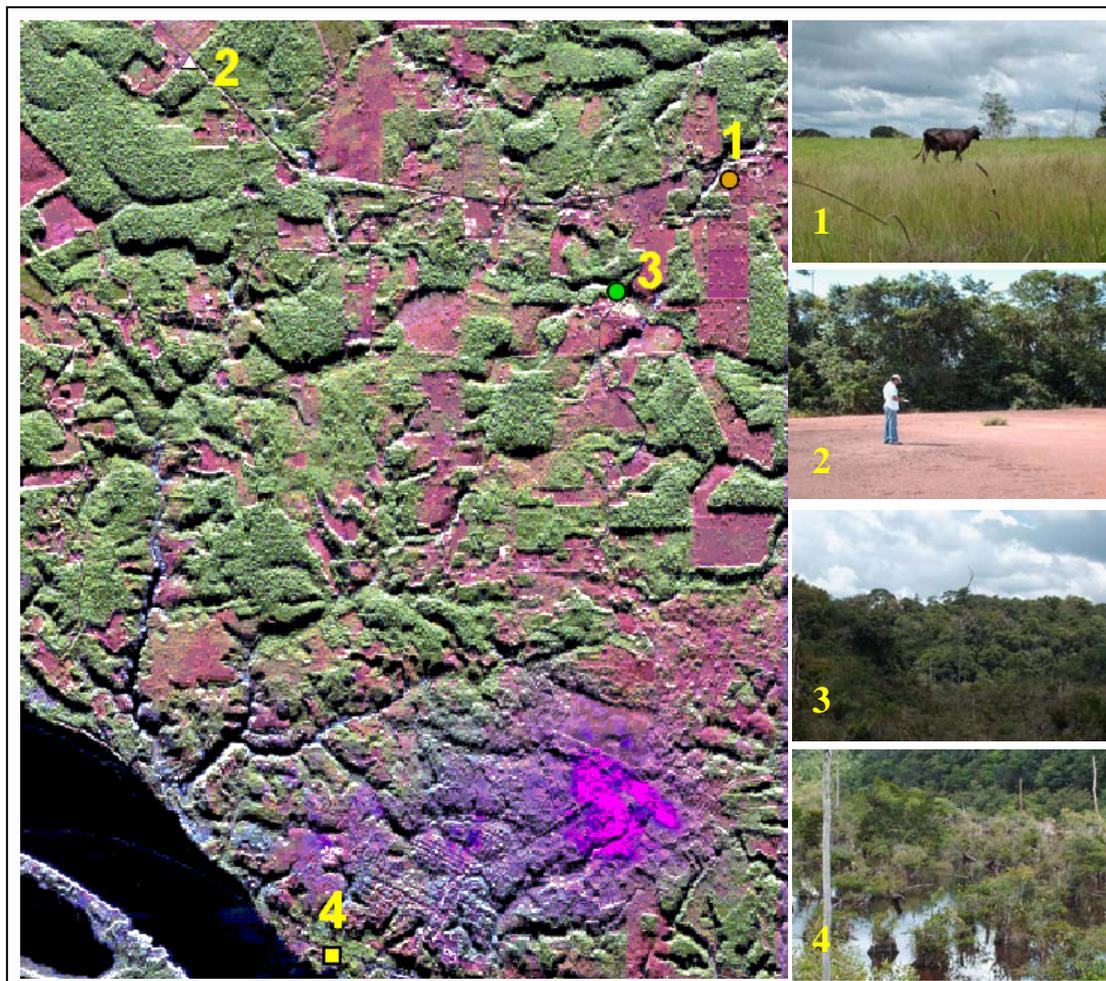


Figura 5 – Resultado de uma fusão IHS de imagens Landsat (bandas 3, 4 e 5) com a R99B/SAR, com validação em campo (1) pastagem (2) solo exposto (3) floresta e (4) várzea. Área de estudo: região de Manaus e Iranduba-AM.

#### 4. Conclusões

Para a identificação de classes de cobertura de terra, houve trabalhos de campo onde foram coletadas coordenadas de algumas classes para comparação após os processamentos. As classes selecionadas foram pastagem, solo exposto, floresta e várzea. Todas elas foram identificadas nas imagens disponíveis dos sensores Landsat e R99B/SAR. Posteriormente, foram realizadas, todas as técnicas de fusão de imagens propostas no trabalho, transformação IHS e componentes principais.

O desempenho apresentado por esses métodos de fusão avaliados nas imagens disponíveis pode ser classificado como extremamente proveitosos, pois podem ser utilizados para diversos tipos de avaliação, como por exemplo, a delimitação de diversos tipos de atributos como várzeas, áreas agrícolas, áreas urbanas e outros

A partir da comparação dos dados de campo com as imagens processadas, mostraram bons resultados, comprovando que, quanto melhor a resolução espacial aliada a uma boa resolução espectral, melhor será a discriminação dos alvos.

## 5. Referências Bibliográficas

- Cunha, S.B. Bacias Hidrográficas. In: **Geomorfologia do Brasil**, 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.
- Frappart, F.; Seyler, F.; Martinez, J-M.; Leon, J.G.; Cazenave, A. Floodplain water storage in the Negro River basin estimated from microwave remote sensing of inundation area and water levels. **Remote Sensing of Environment**, v. 99, p. 387-399, 2005.
- Hess, L.L.; Melack, J.M.; Novo, E.M.L.M.; Barbosa, C.C.F.; Gastil, M. Dual-season mapping of wetland inundation and vegetation for the central Amazon basin. **Remote Sensing of Environment**, vol. 87, 2003. p. 404-428,
- Jensen, J.R. Remote sensing of water. In: Jensen, J.R. (ed). **Remote Sensing of the Environment: an Earth Resource Perspective**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2000, p. 379-406.
- Leonardi, S.S.; Ortiz, J.O.; Fonseca, L.M.G. Comparação de técnicas de fusão de imagens para diferentes sensores orbitais. **Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia-GO. abril 2005. INPE. p. 4111-4113.
- Lima, D. **Diversidade socioambiental nas várzeas dos rios Amazonas e Solimões: perspectivas para o desenvolvimento da sustentabilidade**. Edição Ibama/ProVárzea, 416 p. Manaus, 2005.
- Paradella, W.R.; Ahen, F.; Kux, H.J.H.; Novo E.M.L.M.; Costa, M.P.F.; Shimabukuro; Y.E.; Alves, D.S.; Valeriano, D.M. O uso de radar orbital em aplicações ambientais na amazônia brasileira: A avaliação do Radarsat no programa ADRO. **Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - INPE**, pág. 331-340, Salvador – Brasil, 14 a 19 de abril de 1996.
- Pereira, H.S. **Iniciativa de co-gestão dos recursos naturais da várzea – Estudo do Amazonas – Documentos técnicos n.02 - Edição Ibama/ProVárzea**, 132 p. Manaus, 2004.
- Pinho, C.M.D.; Renno, C.D.; Kux, H.J.H. Avaliação de técnicas de fusão aplicadas à imagem Quickbird. **Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia-GO. abril 2005, INPE. p. 4225-4232
- Santos, M.T. **Iniciativas de desenvolvimento sustentável das comunidades da várzea do rio Amazonas/Solimões**. Manaus: Ibama/ProVárzea, 2004. 28 p.
- Sioli, H. Hydrochemistry and geology in the Brazilian Amazon region. **Amazoniana**, vol. 1, p. 267-277, 1968.
- Sioli, H. The Amazon and its main affluents: hydrography, morphology of the river courses, and river types, 127-165. In: SIOLI, H. (ed.), **The Amazon, Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and its Basin**. Junk Publ., Dordrecht. 1994.
- Surgik, A.C.S; Benatti, J.H.; Treccani, G.D.; Gama, A.S.P.; Mcgrath, D.G. **A questão fundiária e o manejo dos recursos naturais da várzea: análise para elaboração de novos modelos jurídicos**. Ibama/ProVárzea, 104 p. Manaus, 2005.