

Dinâmica espaço-temporal da cobertura do solo da região de várzea do Lago Grande do Curuai, Pará

Lucas Garcia Magalhães Peres¹
Helen da Costa Gurgel¹
Anne-Elisabeth Laques²

¹ Universidade de Brasília – UnB
Laboratório de Geografia, Ambiente e Saúde – LAGAS
Campus Darcy Ribeiro - CEP 70910-900 – Brasília-DF, Brasil
lucasgarcamp@gmail.com
helengurgel@unb.br

² Institut de Recherche pour le Développement – IRD / UMR ESPACE-DEV
Maison de la Télédétection, 500 Rue Breton, 34000 Montpellier - France
anne-elisabeth.laques@ird.fr

Abstract. The watershed of Lago Grande do Curuai is a floodplain region subject to the floods of the Amazon River, located in the state of Pará, near the cities of Óbidos and Santarém. For the purpose to understand the space-time dynamics of the land use and coverage of the region, images of orbital sensors from the Landsat 5 and 7 satellites were classified for the years 1985, 1997 and 2014. Classes of use and coverage were determined: forest mainland, secondary vegetation (capoeira), pasture, “roça”, urban area, natural field (savanna), floodplain forest, natural pasture and hydrography. Information collected in three field studies, performed at different times (full and dry), was used to validate the classification, using Kappa index. The result of the classification shows a certain stability of the classes of use coverage in the basin. In the 30 years of analysis, there is a decrease in the areas of forest mainland, and the class in which there is greater increment is the one of secondary vegetation / capoeira, with the grasses and “roças” being stable. The flood and dry dynamics of the basin allows the use of the lowland for pasture and agricultural cultivation, reducing the need to open new areas on mainland, which would lead to the suppression of forest.

Palavras-chave: Remote Sensing, GIS, Change Detection, Flood Plain, Amazonia

1. Introdução

Estendendo-se por aproximadamente 19% da área do Bioma Amazônia (800 mil km² dos 4,2 milhões de km² de área total), as planícies de inundação da bacia amazônica possuem importância ecológica e social elevada. As planícies de inundação são compostas por dois ambientes: a várzea e a terra firme. As regiões de terra firme são as áreas não suscetíveis aos ritmos das cheias dos rios da região, segundo Rodrigues e Oliveira (1997). A várzea é a planície de inundação que oscila entre as fases terrestre e aquática (Alcântara et al, 2007). Conforme apontam Megonigal et al. (1997), as várzeas apresentam-se como grandes centros de biodiversidade e biocomplexidade.

As margens dos rios e as várzeas são ambientes frágeis, que concentram grande parte da população da região, e estão fortemente suscetíveis as variabilidades climáticas (IBAMA, 2005). Alterações no uso e cobertura da terra nas regiões de várzea, causadas principalmente pelas atividades agropecuárias, podem acarretar impactos na biodiversidade aquática (Costa et al., 2007) e na produção da pesca e na qualidade da água, afetando sobremaneira a população ribeirinha (Novo et al, 2007). Dessa forma, torna-se fundamental compreender de que forma ocorre, no espaço-tempo, o uso e a ocupação nesse tipo de ambiente. Estudos a respeito das dinâmicas temporais de uso e ocupação em várzeas amazônicas já foram desenvolvidos (Hess, 2003; Affonso, 2007; Renó; 2010), constatando diminuição na cobertura vegetal original das áreas de várzea.

Representativa das várzeas do rio Amazonas, a bacia hidrográfica do Lago Grande do Curuai engloba os diversos lagos de sua planície de inundação, os igarapés que alimentam os

lagos partindo da terra firme, e é submetida ao pulso sazonal do rio Amazonas (Bonnet et al, 2008). A região do Lago Grande do Curuai já foi foco de diversos estudos (Bonnet et al, 2008; Barbosa, 2005; Trentin, 2009); entretanto, seus esforços foram concentrados na análise hidrológica e pluviométrica dos lagos da região. Diante desse contexto, o objetivo desta pesquisa é analisar a dinâmica espaço-temporal de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Lago Grande do Curuai, utilizando técnicas de processamento de imagens oriundas de sensores orbitais. Para a identificação das dinâmicas foram utilizadas imagens dos satélites *Landsat 5* e *Landsat 7*, referentes aos anos de 1985, 1997 e 2014.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Lago Grande do Curuai está localizada 850 km acima da foz do rio Amazonas, inserida nos municípios de Juruti (cujá sede municipal localiza-se dentro da bacia), Óbidos e Santarém, no estado do Pará (Figura 1). Sua extensão aproximada é de 3.807,54 km². Os dois principais ambientes da bacia hidrográfica do Lago Grande do Curuai são a região de várzea, suscetível as inundações, e a terra firme. A alternância entre períodos de águas baixas e águas altas determina o calendário de atividades econômicas da região, sendo a pesca, a agricultura de subsistência e a pecuária as práticas mais importantes. No entorno do lago existem 147 comunidades, totalizando aproximadamente 20 mil habitantes (IBGE, 2011).

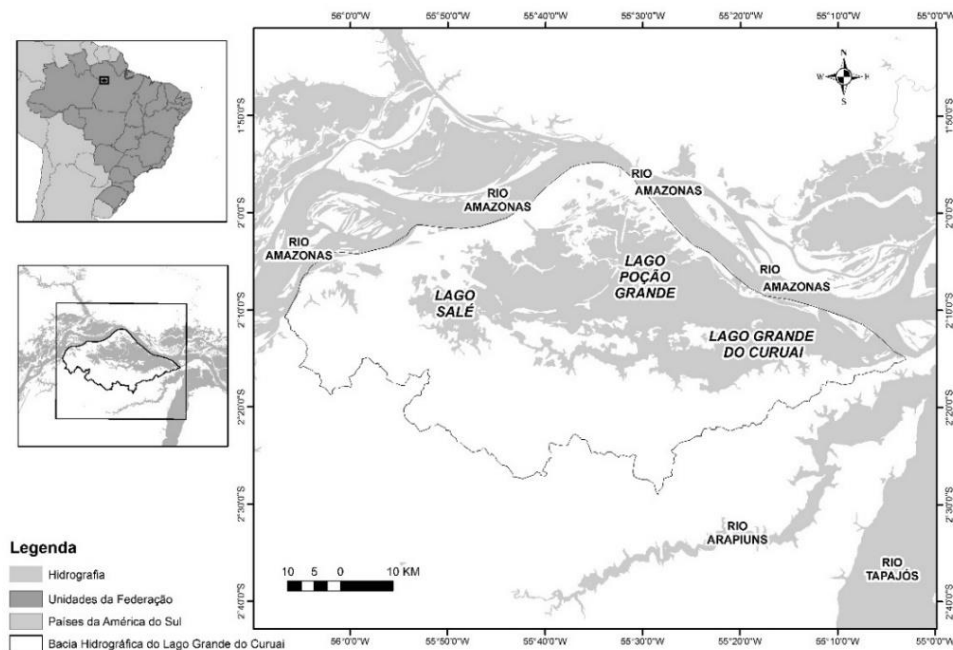


Figura 1: Localização da área de estudo.

A fitofisionomia da bacia hidrográfica do Lago Grande do Curuai engloba basicamente áreas de vegetação secundária e de remanescentes florestais explorados pelas atividades extrativistas. Nas áreas mais preservadas, ao sul da bacia, é possível encontrar árvores de grande porte, características de floresta ombrófila densa. Ocorrem áreas de manchas de cerrado de expressivo tamanho ao leste da bacia, manchas essas decorrentes de diferenças litológicas com o restante da região de estudo.

2.2 Metodologia para classificação de uso e cobertura da terra

Para a realização desse trabalho, foram utilizadas imagens dos satélites *Landsat 5* e *Landsat 7*, das datas apresentadas na Tabela 1, compreendendo o intervalo os anos de 1985, 1997 e 2014. As imagens foram adquiridas através do portal do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), sendo todas do mês de outubro, época em que há uma menor cobertura de nuvens. O período também coincide com o momento da vazante, procurando assim reduzir os efeitos da variação do nível da água neste estudo. No pré-processamento das imagens foi necessário fazer o registro das mesmas e o mosaico, pois, para recobrir a área de estudo, foram utilizadas duas cenas, referentes as órbitas-ponto 228-61 e 228-62. Os procedimentos foram realizados no *software* ENVI 4.7.

Tabela 1: Imagens Landsat utilizadas.

Satélite/Sensor	Data da cena	Órbita	Ponto	Resolução	Fonte
Landsat 5/TM	05/10/1985	221	61/62	30 m	USGS
Landsat 5/TM	06/10/1997	221	61/62	30 m	USGS
Landsat7/+ETM	29/10/2014	221	61/62	30 m	USGS

No caso da imagem *Landsat 7*, além das correções geométricas, foi necessária uma etapa adicional de pré-processamento. Devido a um defeito em um dos coletores de dados do satélite, a partir de maio de 2003 cerca de 22% da área das cenas possuem “*gaps*”, que são faixas com ausência de dados nas cenas do satélite (Embrapa, 2014). Para correção desses “*gaps*” é necessária a utilização do algoritmo “*Landsat Gapfill*”, do *software* ENVI 4.7. Entre duas cenas com diferentes resoluções temporais, cada faixa de *gaps* distribuída nas imagens não está rigorosamente alinhada na mesma posição geográfica da cena seguinte, pois ocorre uma variação entre as imagens. Logo, é possível realizar a correção do *gap fill* com cenas *Landsat 7* de datas mais próximas. Para essa correção de *gap*, foram utilizadas imagens *Landsat 7* de 23 de outubro de 2012.

A classificação espectral das imagens foi feita pelo método da Máxima Verossimilhança. O método considera a ponderação das distâncias médias, utilizando parâmetros estatísticos de distribuição dos pixels dentro de uma determinada classe (Meneses, 2012). As classes foram determinadas a partir das observações feita em três trabalhos de campo (realizados em maio e novembro de 2014 e maio de 2015) e tendo em consideração as limitações de resolução espectral das imagens *Landsat*. A partir da ferramenta “*Region of Interest*”, os pixels de referência foram coletados no ENVI, sendo determinadas áreas de treinamento distintas para a várzea e a terra firme. Para a terra firme, as classes foram: floresta de terra firme, vegetação secundária (capoeira), pasto, roça, área urbana e campo natural (cerrado). Para a várzea, as classes serão: floresta de várzea, pasto natural e hidrografia. Ainda foram consideradas as classes residuais: nuvem e sombra de nuvem.

Posteriormente a classificação, foram realizadas correções dos resultados obtidos, através de filtros, onde foi empregada a ferramenta do ENVI denominada “*Majority Filter*”. Por fim, foram confeccionadas duas máscaras: uma máscara de resíduos e uma máscara de maior nível d’água. Na máscara de resíduos, os arquivos referentes a nuvens e sombras de nuvens das três datas foram agrupados em um só arquivo. A máscara de maior nível d’água foi obtida a partir do resultado das classificações, onde se constatou que o ano de 1985 possuía maior lâmina d’água na várzea. Os resíduos e a lâmina d’água foram então subtraídos das classificações resultantes das três datas. Essa etapa foi feita de forma a dirimir a influência dos resíduos e do nível d’água no cálculo das métricas das demais classes. Assim, a classe de “*Hidrografia*” e de

“Resíduos” não adentraram no cálculo das métricas de paisagem. Por consequência da aplicação das máscaras, a área analisada teve uma redução de 3.807,54 km² para 2.614,47 km², em função da subtração de 1.656,35 km² de resíduos e hidrografia. Para validação das imagens, foi utilizado o índice Kappa, proposto por Landis e Koch (1977). Os dados de referência que foram utilizados para validação da classificação foram os pontos coletados nos três trabalhos de campo, no caso da classificação mais recente (2014), e as áreas de coleta de amostras das classes, no caso das imagens de 1997 e 1985. A Figura 2 apresenta o fluxograma dos procedimentos metodológicos adotados no presente trabalho.



Figura 2: Metodologia para classificação de uso e cobertura da terra.

3. Resultados e Discussão

O resultado da acurácia da classificação apresentou-se satisfatório. Para o ano de 2014, a classificação de terra firme resultou num coeficiente *Kappa* de 0,8595, com acurácia global de 88,55%; para a classificação da várzea, foi gerado um coeficiente *Kappa* de 0,9477, com acurácia global de 96,07%. A classificação da terra firme de 1985 teve coeficiente *Kappa* de 0,707 e acurácia global de 76%. Já a classificação da várzea de 1985 teve coeficiente *Kappa* de 0,8913 e acurácia global de 92%. Para o ano de 1997, a classificação de terra firme apontou coeficiente *Kappa* de 0,77 e acurácia global de 82%; a classificação da várzea atingiu um coeficiente *Kappa* 0,88 e uma acurácia global de 91%. Após o processamento das imagens, foi feito um mapa temático com as classificações, apresentado na Figura 3. Inicialmente, através de uma observação visual, percebe-se que de uma forma geral uma variação das áreas de floresta de terra firme e um incremento das classes vegetação secundária/capoeira e pasto.

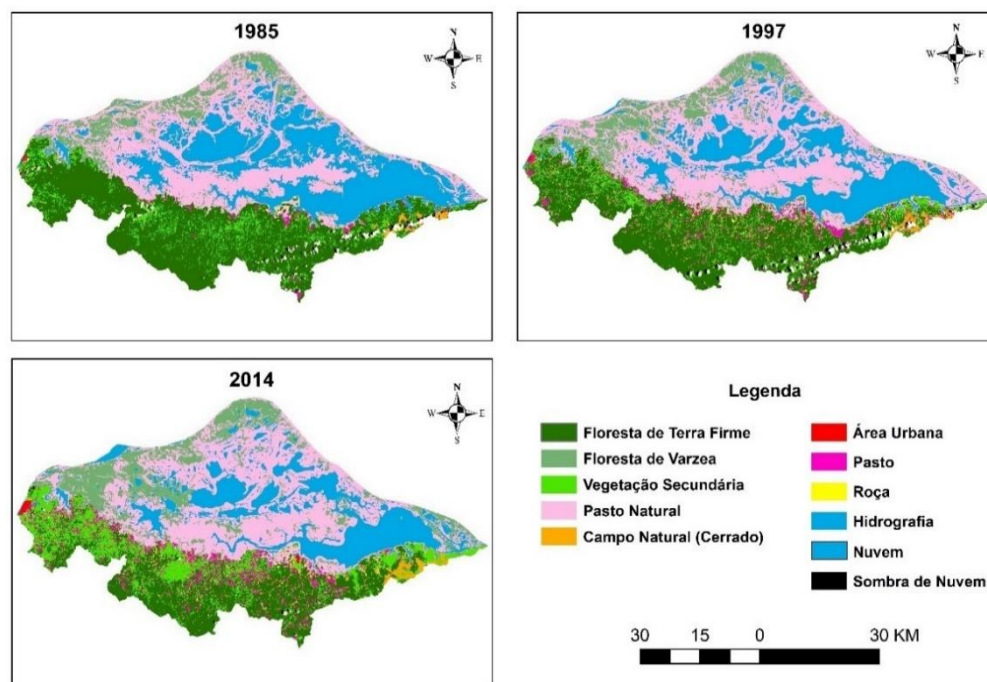


Figura 3: Uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Lago Grande do Curuai.

Tendo como base a classificação resultante, foi realizada o cálculo das áreas das classes, por meio da extensão *Patch Analyst* do *ArcGIS*. Na classe “Floresta de Terra Firme”, ocorre uma diminuição entre 1985 e 2014 em mais de 30 mil hectares. Em 1985, as áreas de “Floresta de Terra Firme” correspondem a aproximadamente 86 mil hectares (33% da área), valor que é reduzido para aproximadamente 58 mil hectares em 2014 (22% da área). A diminuição de florestas no ambiente das planícies de inundação também foi apontada por Hess (2003) e Renó (2008). O aumento em termos de área das classes de atividades antrópicas é moderado na série estudada; os pastos aumentam em área de 12 mil hectares (4,65% da área em 1985) para 16 mil hectares (6,17% da área em 2014); as roças se mantêm estáveis, de 4,4 mil hectares (1,69% da área em 1985) para 4,3 mil hectares (1,68% da área em 2014), conforme pode ser visto na Figura 4.

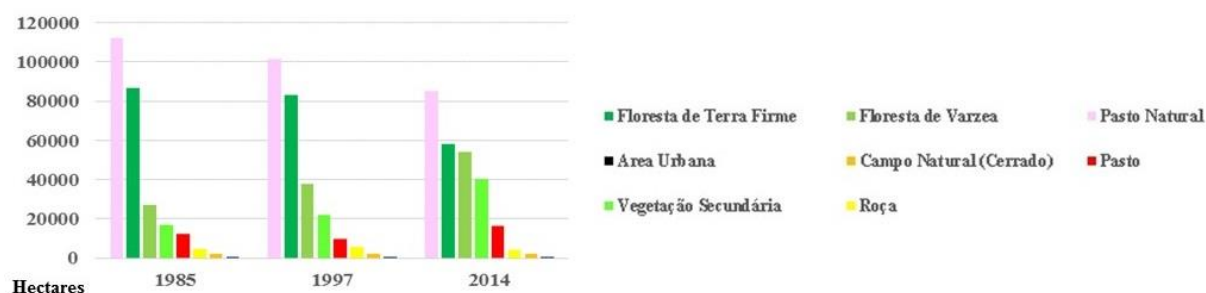


Figura 4: Áreas das classes identificadas nos anos de 1985, 1997 e 2014.

A vegetação secundária é a classe que tem mais incremento, mais que dobrando de tamanho em 30 anos (de 6,38% em 1985 para 15,45% em 2014). Segundo Brown e Lugo (1990), a vegetação secundária é aquela formada a partir de distúrbios antrópicos na vegetação original; a vegetação secundária tanto pode ser resultante de atividades antrópicas, representando uma forma de perturbação na cobertura florestal original, como também um estágio inicial de recuperação de áreas que foram desmatadas. Quanto a classe “Floresta de Várzea”, ocorre um incremento da mesma em quase 20 mil hectares (passando de 10,29% da área em 1985 para 20,63% do total da área em 2014). Para identificação das conversões mais significativas entre as classes, foi realizada tabulação cruzada, apresentada nas Tabela 2 e 3. Esse método gera uma planilha onde as áreas transformadas são apresentadas em porcentagem (Singh, 1989).

Tabela 2: Tabulação Cruzada 1985-1997.

Dados em porcentagem (%)		Classes em 1997 (%)								Total da Classe	Mudança na Classe
		Área Urbana	Campo Natural	Floresta de Terra Firme	Floresta de Várzea	Pasto	Pasto Natural	Roça	Vegetação Secundária		
Classes em 1985 (%)	Área Urbana	79,54	0,0	0,0	0,00	19,63	0,21	0,10	0,52	100,00	0,00
	Campo Natural (Cerrado)	0,00	69,78	4,57	0,04	15,57	0,54	5,62	3,88	100,00	30,22
	Floresta de Terra Firme	0,02	0,02	77,28	0,51	4,61	0,19	3,38	13,99	100,00	22,53
	Floresta de Várzea	0,00	0,00	0,06	70,06	0,02	29,79	0,02	0,05	100,00	29,94
	Pasto	0,42	0,90	34,00	0,12	27,31	5,23	11,26	20,76	100,00	72,69

Pasto Natural	0,02	0,00	0,06	14,23	0,51	84,93	0,07	0,18	100,00	15,07
Roça	1,07	1,34	51,06	0,78	11,77	2,58	11,77	19,63	100,00	88,23
Vegetação Secundária	0,09	0,06	60,41	0,38	7,10	0,09	3,79	28,08	100,00	71,92

Tabela 3: Tabulação Cruzada 1997-2014.

Dados em porcentagem (%)		Classes em 2014 (%)							Total da Classe	Mudança na Classe	
		Área Urbana	Campo Natural	Floresta de Terra Firme	Floresta de Várzea	Pasto	Pasto Natural	Roça			Vegetação Secundária
Classes em 1997 (%)	Área Urbana	98,24	0,04	0,29	1,09	0,32	0,02	0,00	0,00	100,00	1,76
	Campo Natural (Cerrado)	0,00	90,46	2,50	0,00	0,87	0,02	1,38	4,77	100,00	9,54
	Floresta de Terra Firme	0,12	0,12	59,48	0,02	7,74	0,10	2,31	30,11	100,00	40,52
	Floresta de Várzea	0,00	0,00	0,43	73,24	0,06	25,31	0,07	0,89	100,00	26,76
	Pasto	2,16	3,65	12,69	0,05	44,32	6,94	7,40	22,79	100,00	55,68
	Pasto Natural	0,01	0,01	0,00	23,14	0,65	76,10	0,07	0,02	100,00	23,90
	Roça	0,74	2,90	29,62	0,16	22,92	1,10	14,74	27,82	100,00	85,26
	Vegetação Secundária	0,62	0,69	28,74	0,05	14,95	0,78	3,19	50,98	100,00	49,02

As conversões mais significativas entre as classes foram as de vegetação secundária e de roça; 71,92% e 88,23%, respectivamente, das áreas em 1985 haviam sido substituídas por outra cobertura em 1997. A Floresta de Terra Firme teve uma conversão de 29,94%. Entre 1997 e 2014, as maiores transições são entre as classes de pasto e roça (72,69% e 88,23%), indicando grande transitoriedade dessas classes entre 1997 e 2014, em especial para a classe de Vegetação Secundária, o que seria um indicativo do abandono dessas áreas. A Floresta de Terra Firme teve uma taxa de conversão de 22,53% entre 1985 e 1997 e 40,57% de taxa de conversão entre 1997 e 2014, o que indica uma intensificação do processo nos últimos anos.

4. Conclusões

Com a exposição dos resultados, podemos concluir que a bacia hidrográfica do Lago Grande do Curuai possui uma dinâmica antrópica moderada quando analisada no intervalo apresentado. O histórico de ocupação da região e os sistemas produtivos empregados podem trazer explicações sobre esses resultados. A região do Lago Grande do Curuai tem ocupação historicamente ribeirinha, com as populações estabelecidas ao longo do curso d'água e empregando técnicas de agrícolas distintas de outros locais de ocupação mais recente do Bioma Amazônia.

Enquanto nas margens das estradas imperou a distribuição de terras e a retirada total da vegetação para abertura de pastagens e áreas de agricultura, nas áreas de várzea são praticadas técnicas de agricultura rotativa, que ocorre de forma dispersa no território e produzem um processo de ocupação pouco consolidado (Prattes, 2011). Conforme Richers (2010), a agricultura produzida nas regiões das planícies de inundação difere-se bastante do restante da Amazônia, sendo menos impactante ambientalmente, pois demanda menores áreas de cultivo, estando adaptada as desfavoráveis condições edáficas da Amazônia, consistindo na utilização da área e posterior abandono, o que permite a regeneração florestal; em geral, as áreas abandonadas são posteriormente integradas no ciclo produtivo, o que diminui a necessidade de abertura de novas áreas. Isso pode esclarecer por que a classe de maior incremento ser a de vegetação secundária, e as áreas de pasto e roça ocorrem de maneira dispersa e com fragmentos de tamanho reduzido. Tal observação também foi feita nos trabalhos de campo.

É importante ressaltar também o caráter dinâmico da natureza na área de estudo. O regime de cheia e de seca da planície de inundação onde está inserida a bacia do Lago Grande do Curuai permite que, a cada seis meses, as áreas que não estão inundadas sejam utilizadas para pastagem e agricultura. Sendo assim, essa dinâmica cheia-seca permite um aporte considerável de áreas aptas a práticas agropastoris em várzea, o que diminuiria a pressão em terra firme de abertura de novas áreas e consequente diminuição da cobertura vegetal natural.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FRB (Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité (FRB), ao IRD (Institut de Recherche pour le Développement), ao laboratório LAGAS da Universidade de Brasília, a CAPES, a Federação das Associações de Moradores e Comunidades do Assentamento Agroextrativista da Gleba Lago Grande (FEAGLE) e a Casa Familiar Rural da Vila de Curuai pelo financiamento e apoio para o trabalho de campo. Esse trabalho faz parte integrante dos projetos Clim-FABIAM, LMI-OCE e JEAI-GITES.

Referências Bibliográficas

Affonso, A. G.; Novo, E. M. L. M.; Melack, J. M.; Hess, L. L. Identificação e quantificação do desflorestamento nas áreas alagáveis nos municípios à margem do Rio Solimões / Amazonas nos estados do Pará e Amazonas. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13. (SBSR). 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 3235-3242. CD-ROM; On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. (INPE-14678-PRE/9652). Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.24.18.53>>. Acesso em: 08 fev. 2015.

Alcântara, E.; Stech, J. L.; Barbosa, C. C. F.; Novo, E. M. L. M.; Shimabukuro, Y. E. Integração de dados de alta frequência temporal e imagens MODIS/TERRA para o estudo da turbidez na Planície de Curuai. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 6549-6556. CD-ROM; On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. (INPE-14680-PRE/9654). Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/10.11.04.08>>. Acesso em: 23 out. 2014.

Barbosa, C. C. F. **Sensoriamento remoto da dinâmica de circulação da água do sistema planície de Curuai/Rio Amazonas**. 2005. 286 p. (INPE-14614-TDI/1193). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2005. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2006/02.22.15.03>>. Acesso em: 29 mar. 2015.

Bonnet, M.-P, Barroux, G., Martinez, J.M, Seyler, F., Moreira-Turcq, P., Cochonneau, G., Melack, J.M., Boaventura, G., Maurice-Bourgoin, L., Leon, J.G., Roux, E., Calmant, S., Guyot, J.L., Seyler, P. (2008). Flooding hydrology in an Amazonian floodplain lake (Lago Grande de Curuai), **Journal of Hydrology**, v. 349, n. 1-2, p. 18-30.

Brown, S.; Lugo, A. E. Tropical Secondary Forests. 1990. **Journal of Tropical Ecology**, 6(1):1-32.

Costa, M. P. F.; Telmer, K.; Novo, E. M. L. M. **Spectral light attenuation in Amazonian waters**. São José dos Campos: INPE, 2006-12-13. (INPE ePrint sid.inpe.br/ePrint@80/2006/12.12.17.56). Disponível em: <http://urlib.net/sid.inpe.br/ePrint@80/2006/12.12.17.56>. Acesso em: 10 dez. 2015.

Embrapa Monitoramento por Satélite. **Satélites de Monitoramento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013. Disponível em: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 12 nov. 2014

Hess, L. L.; Melack, J. M.; Novo, E. M. L. M.; Barbosa, C. C.; Gastil, M. Dual season mapping of wetland inundation and vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, p. 404-428, 2003.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Base de informações do Censo Demográfico 2010: resultados do universo por setor censitário**. Documentação do Arquivo. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. **Diversidade socioambiental nas várzeas dos rios Amazonas e Solimões: perspectivas para o desenvolvimento da sustentabilidade**. Manaus: 2005.

Landis, J.R.; Koch, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, 33(1):159-174, 1977.

Megonigal, J.P., Conner, W.H., Kroeger, S., Sharitz, R.R. (1997) Aboveground production in southeastern floodplain forests: a test of the subsidy-stress hypothesis. **Ecology** 78: 370–384.

Meneses, P.R., Almeida, T. de. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. 1 ed. Brasília: UnB/CNPq, v.1, 2012

Novo, E. M. L. M.; Affonso, A. G.; Melack, J. M. Multi-sensor approaches to assess the relationship between wetland deforestation and Amazon floodplain lake eutrophication. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 3483-3490.

Prates, R. C.; Bacha, C. J. C. O Processo de Desenvolvimento da Amazônia e o Seu Desmatamento. **Economia e Sociedade (UNICAMP. Impresso)**, v. 20, p. 601-636, 2011.

Renó, V.F. **Avaliação do desflorestamento da várzea do Baixo Amazonas com imagens Landsat obtidas em 1975/1981 e 2008**. 2010, 99p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010.

Richers, B. T. T. Agricultura migratória em ambientes de várzea na Amazônia Central: Ameaça ou sistema integrado?. **Uakari** (Belém. Online), v. 6, p. 27-37, 2010.

Rodrigues, T. E.; Oliveira, R. C. Solos de várzeas da Amazônia: uso e potencialidade. In.: **Amazônia: agricultura sustentável**. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. p. 215-221.

Singh, A. Digital change detection techniques using remotely-sensed data. **International Journal of Remote Sensing**, v.10, p. 89-1003, 1989

Trentin, A. B.; Kramer, G.; Barbosa, C. C. F.; Rudorff, C. M.; Pereira Filho, W.; Novo, E. M. L. M. Geostatística aplicada ao estudo da relação entre profundidade e turbidez no Lago Grande de Curuai/PA. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 4505-4512. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. (INPE-16056-PRE/10665). Disponível em: <http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.20.10>. Acesso em: 08 fev. 2015.