

Análise de dados sistemáticos de uso e cobertura da terra para modelagem dinâmica espacial na Amazônia

Demerval Aparecido Gonçalves
Wilson Cabral de Sousa Júnior

Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA/EIA–I
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 – Vila das Acácias CTA–IEI
12.228-900 – São José dos Campos – SP, Brasil
{demerval, wilson}@ita.br

Abstract. This paper describes the results from the analysis of two systematic data sources on land use and coverage in order to use as input in LUCC modeling. Data from MODIS Global Land Cover and PRODES Digital (Amazon Monitoring Project) were analysed under their parameters which are interesting to dynamic spatial modeling. Due to the variability of MODIS data and its low concordance (Kappa test) to PRODES data - which were confirmed in ground truth survey - the second one showed to be better as input data to dynamic spatial models on Amazon.

Keywords: Land Use and Land Cover Change, MOD12Q1, PRODES, remote sensing, dynamic spatial modeling, Amazon.

1. Introdução

A qualidade dos resultados gerados pelos modelos espaciais de alterações de uso da terra é diretamente dependente da disponibilidade de dois tipos de dados da região estudada: i) dados de mapeamento de cobertura e uso da terra; e ii) dados socioeconômicos, de infraestrutura e de planejamento. Os dados de mapeamento são mais críticos, e normalmente os estudos se orientam com base nas informações disponíveis. Os dados socioeconômicos, de infraestrutura e planejamento existem em maior quantidade e são disponibilizados por fontes oficiais do governo em nível nacional, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Agência Nacional de Águas (ANA), Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA), etc. Ressalta-se que algumas dessas instituições também disponibilizam dados de mapeamento e bases cartográficas. Este trabalho foca o primeiro tipo de dado, ou seja, os de mapeamento de cobertura e uso da terra. O objetivo é o de comparar duas bases de dados sistemáticos de uso e cobertura da terra para fins de entrada em modelos de dinâmica espacial e geração de cenários futuros de uso e ocupação. Os cenários que relacionam causas e efeitos terão níveis de incerteza baixos, se as propriedades dos mapeamentos de cobertura e uso da terra forem adequadas aos métodos utilizados. A disponibilidade de uma série histórica e a escala cartográfica são essenciais para alimentar modelos dinâmicos espaciais.

1.1. Modelagem dinâmica espacial

A ciência denominada *Land Change* concentra pesquisas interdisciplinares que identificam causas e consequências das mudanças no uso e cobertura da terra através da utilização de sensoriamento remoto, modelagem e análises geoespaciais. As principais causas observadas atualmente no mundo são a urbanização de grandes áreas e a intensificação da agricultura, causando a perda da biodiversidade, a alteração do clima, a poluição e outros impactos (ELLIS; PONTIUS, 2007). Ainda, segundo Turner II, Lambin e Reenberg (2007), a comunidade científica de *Land Change* busca propiciar melhorias relacionadas à observação e ao monitoramento das alterações da paisagem no planeta, ao entendimento dessas alterações em um sistema integrado entre o ambiente e o ser humano, aos modelos de alteração da paisagem espacialmente explícitos e à síntese e à avaliação dos resultados obtidos desses sistemas integrados. Os dados de sensoriamento remoto encontram-se relativamente abundantes para a utilização pela

comunidade científica. No entanto, produtos gerados a partir desses dados, com periodicidade e escalas bem definidas, podem ser escassos ou inexistentes para muitas regiões do Brasil.

2. Metodologia de Trabalho

O trabalho foi realizado a partir de duas fontes de dados sistemáticos de uso e cobertura da terra: *MODIS Global Land Cover* e *PRODES Digital*. O fator crítico de escolha destas fontes foi a disponibilidade e acessibilidade aos dados e informações, além de uma ampla base de usuários.

2.1. MODIS Global Land Cover

A NASA, através do programa *Earth Observing System (EOS)*, lançou a plataforma orbital *TERRA* em dezembro de 1999. A partir de fevereiro de 2000, iniciou-se a coleta de dados através dos sensores *MODIS*, *ASTER*, *CERES*, *MISR* e *MOPITT*. Em uma altitude de 705 km e com uma órbita polar e heliossíncrona, em um tempo de revisita de 16 dias. O sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)* possui 36 bandas espectrais. Sete dessas bandas foram projetadas especificamente para atender a demanda de mapeamento da cobertura terrestre (BATISTELLA et al., 2004). Em seu trabalho, Friedl et al. (2002) descrevem a metodologia aplicada para a geração do produto *MODIS Global Land Cover (MOD12)*, que é composto pelo *Terra Land Cover 96 Day L3 Global 1 km ISIN Grid (MOD12Q1)* e pelo *MODIS Global Land Cover Dynamics (MOD12Q2)*. *MOD12Q1* é um produto com 1 km de resolução espacial originado de uma classificação supervisionada da cobertura da terra, a partir do sensor *MODIS*, a cada 96 dias. *MOD12Q2* é um produto que mede a dinâmica de alteração da cobertura da terra em escala anual, empregando vetores de alteração. Esses produtos são gerados conforme o algoritmo *MODIS land cover classification algorithm (MLCCA)*, que utiliza o algoritmo C4.5 (um algoritmo de árvore de decisão univariada) e a arquitetura *ARTMAP* (um tipo de rede neural artificial para reconhecimento de categorias e mapas multidimensionais). O algoritmo gera a classificação a partir da reflectância da superfície, do índice de vegetação, do ajuste de reflectância, da máscara de neve e gelo, da temperatura da superfície e da textura. Além desses dados do próprio *MODIS*, o algoritmo utiliza o limite terrestre e marinho e a topografia, ambos da *USGS (United States Geological Survey)*. A classificação atende ao esquema de classificação do *IGBP International Geosphere-Biosphere Programme*, que é composto por dezessete classes, conforme mostrado na Tabela 1. Esse esquema possui onze classes de vegetação natural, três classes de áreas utilizadas e três classes de cobertura sem vegetação. Existem 1.373 locais distribuídos pelo globo onde é realizada uma classificação local com sensores de maior resolução espacial. Esses locais são chamados de *System for Terrestrial Ecosystem Parameterization (STEP)* e servem como entrada para a estimativa da classificação e avaliação da qualidade dos resultados.

Conforme Friedl et al. (2002), os produtos *MODIS Land Cover* têm como objetivo principal facilitar a inferência de informação biofísica da terra nos estudos de modelagem global e regional, e os mesmos podem ser acessados e utilizados de forma gratuita. Considerando-se que o esquema de classificação pode ser adequado à região de estudo, a utilização desses produtos se mostra, inicialmente, altamente viável para os propósitos deste trabalho.

2.2. PRODES Digital

De acordo com Câmara, Valeriano e Soares (2006), o Programa de Monitoramento do Desflorestamento da Amazônia (*PRODES*) consiste de uma metodologia desenvolvida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (*INPE*), que vem gerando resultados, anualmente, desde 1988, relacionados ao mapeamento e à estimativa de desflorestamento da Amazônia

Legal. Até o ano de 2002, esta metodologia utilizava imagens de satélite impressas em papel para a identificação do desflorestamento. A partir de 2003, houve a adequação da metodologia para o uso do computador e das imagens de satélite digitais, e o programa passou a ser chamado de PRODES Digital. Concomitantemente a essa adequação, o INPE passou a disponibilizar os dados gerados à comunidade em geral. Até o ano de 2005, o PRODES Digital obtinha seus resultados executando as seguintes etapas:

- seleção de imagens *Landsat Thematic Mapper*, no período de julho a setembro;
- registro das imagens, tendo como referência as cartas topográficas com escala 1:100.000 (no caso de inexistência dessas, utilizam-se cartas com escala 1:250.000);
- aplicação do Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) para estimar a proporção de vegetação (fração-vegetação), solo (fração-solo) e sombra (fração-sombra) nos pixels das imagens;
- segmentação e classificação não supervisionada das imagens fração-sombra e fração-solo, subsequentemente;
- conversão de raster para vetor;
- execução da pré-auditoria, redefinindo classes através de fotointerpretação e suporte dos dados históricos de classificação;
- cálculo da estimativa de desmatamento em porções de regiões com cobertura de nuvens;
- cálculo da taxa anual estimada de desmatamento, considerando a época da estação seca em cada imagem Landsat;
- geração de mosaicos nas escalas 1:2.500.000, para a Amazônia Legal e 1:500.000 para os Estados; e
- disponibilização dos resultados na Internet: mapas digitais por cenas Landsat e mosaicos por Estados e planilha com informação dos cálculos em cada cena.

A partir de 2005, passaram a ser utilizadas imagens de outras plataformas para minimizar a frequente falta de informação causada pela ocorrência de nuvens em parte das imagens Landsat. Outra alteração realizada a partir de 2005 foi a utilização de imagens MrSid ortorretificadas como referência na etapa de registro. Os dados PRODES, sobretudo os mapas que indicam anualmente o local dos desmatamentos, são uma relevante alternativa como entrada de dados espaciais em modelos construídos para a Amazônia, pois são dados que possuem as resoluções temporal e espacial compatíveis com as necessidades dos modeladores, e, ainda, são dados gerados continuamente a partir de uma metodologia que está sendo constantemente melhorada.

2.3. Região de estudo

A parte brasileira das bacias hidrográficas dos rios Purus, Madeira e Madeirinha foi escolhida como região de estudo desta pesquisa, sobretudo pelo fato dessa região ser recoberta, em sua maioria, pela floresta amazônica e o processo de antropização no local já ter se iniciado, delineado pelo arco do desmatamento. No entanto, sobretudo a bacia do rio Purus, contém uma grande área florestada, focos de desmatamento em porções servidas por rodovias federais e estaduais, principais eixos de antropização, e atividades agropecuárias que vêm se

diversificando cada vez mais. A bacia do rio Purus compreende uma área de 350.000 km². As áreas das bacias do rio Madeira e Madeirinha, também ilustradas na figura 1, totalizam 515.000 km² e 54.500 km², respectivamente. Esse cálculo foi efetuado a partir da delimitação das bacias estabelecida pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2007).

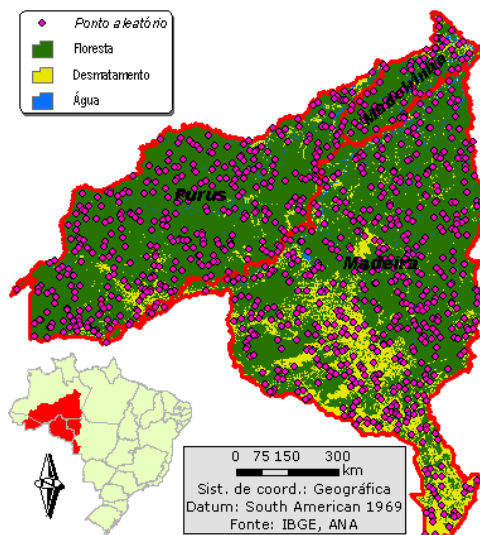


Figura 1: Localização da área de estudo com pontos aleatórios da análise.

2.4. Dados de cobertura e uso da terra

Foram utilizadas duas séries de dados de cobertura e uso da terra neste trabalho, uma delas foi elaborada através dos dados do Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia (PRODES) (Figura 3.2). O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) disponibiliza gratuitamente em seu portal na Internet (INPE, 2007a), a usuários cadastrados, dados espaciais de desmatamento da Amazônia Legal. Os dados estão disponíveis nos formatos geotiff (.tif), shapefile (.shp) e grade regular (.spr) e podem ser baixados (*download*) de toda a área da Amazônia Legal ou através de consultas pelo recorte da grade das imagens WRS (*Worldwide Reference System*) do satélite *Landsat* (órbita/ponto) e pelo recorte dos Estados. São disponibilizadas, ainda, as imagens utilizadas na metodologia de classificação e cálculo e as planilhas com as estimativas anuais da taxa de desmatamento.

Neste trabalho foi utilizada a imagem temática classificada, em formato geotiff, com resolução espacial de 60 metros, que representa a união de todo o histórico anual de desmatamento da Amazônia Legal. Esta imagem possui 56 classes temáticas, mostradas na Tabela 3.2, e a partir delas, foram gerados oito mapas temáticos (dos anos 1997 e de 2000 a 2006) com as classes Floresta (1), Desmatamento (2) e Água (3). A imagem temática foi recortada com base na área de trabalho, delimitada pelas bacias hidrográficas dos rios Purus, Madeira e Madeirinha, e seu sistema de coordenadas e o elipsóide foram mantidos (geográfica e *South American Datum* 1969, respectivamente).

A outra série de dados de cobertura da terra foi extraída dos dados do produto *MODIS/TERRA LAND COVER TYPE YEARLY L3 GLOBAL 1KM SIN GRID V004 (MOD12Q1)* através do *Earth Observing System (EOS) Data Gateway* da NASA (NASA, 2007). Neste portal de dados, a NASA, disponibiliza, para usuários cadastrados e convidados e, de forma gratuita e não gratuita, inúmeros produtos originados de sensores remotos que possibilitam o estudo da terra, da criosfera, da atmosfera, dos oceanos, entre outros.

Os dados do produto *MOD12Q1* são distribuídos gratuitamente e no formato *Hierarchical*

Data Format - Earth Observing System (HDF-EOS) na projeção *Integerized Sinusoidal (ISIN)*. Foi utilizado o software *MODIS Reprojection Tool (MRT)* (WEISS, 2006) para extrair a camada *Land_Cover_Type_1 (IGBP)* das imagens h11v09, h11v10, h12v09 e h12v10 e criar um mosaico temático para os anos de 2001, 2002, 2003 e 2004, com resolução espacial de 910 metros. Os parâmetros de entrada para o software *MRT* foram as imagens *HDF*, o tipo do arquivo de saída foi o *geotiff*, o tipo de reamostragem foi o *nearest neighbor* e a projeção de saída foi em coordenadas geográficas e elipsóide *World Geodetic System 1984 (WGS84)*.

2.5. Compatibilização dos dados

Foram gerados mapas temáticos com as classes Floresta (1), Desmatamento (2) e Água (3) a partir dos dados PRODES e *MOD12Q1* para os anos de 2001, 2002, 2003 e 2004. Os mapas originados dos dados PRODES tiveram sua resolução espacial degradada, se compatibilizando com os dados *MOD12Q1*.

A Tabela 1 mostra as classes originais do produto *MOD12Q1*, o histograma dos mapas para cada ano e, na coluna *Recode*, o valor que a classe recebeu no processo de agrupamento.

Tabela 1: Classes do *MOD12Q1 (IGBP)* recodificadas.

Id	Classe	Hist. 2001	Hist. 2002	Hist. 2003	Hist. 2004	Recode
0	<i>Background</i>	1.404.855	1.404.855	1.404.855	1.404.855	0
1	Floresta de coníferas perenes	1.617	2.155	2.177	1.997	1
2	Floresta de folhosas perenes	980.331	997.621	988.742	978.724	1
3	Floresta de coníferas decíduas	5	24	27	19	1
4	Floresta de folhosas decíduas	1.331	596	353	336	1
5	Floresta mista	1.498	2344	1.703	1.044	1
6	Campo sujo	361	309	238	377	1
7	Campo limpo	1.683	1.048	777	786	1
8	Cerradão	15.594	10.830	10.458	11.715	1
9	Cerrado	88.164	77.635	86.890	95.108	1
10	Vegetação rasteira	10.425	8.837	9.632	9.785	1
11	Campo úmido	1013	1.815	2.070	2.852	1
12	Agricultura	320	168	117	75	2
13	Urbano	285	285	285	285	2
14	Agricultura/veg. natural	2.068	1.159	1.129	1.368	2
15	Neve e gelo	3	3	0	0	2
16	Estéril	350	130	222	135	2
17	Água	14.531	14.620	14.759	14.973	3

A Tabela 2 mostra as classes originais do produto PRODES, o histograma do mapa e, nas colunas que indicam o ano, o valor que a classe recebeu no processo de agrupamento.

Foram lançados 1000 pontos aleatórios na região das bacias dos rios Purus, Madeira e Madeirinha e, para os anos de 2001, 2002, 2003 e 2004 foram construídas quatro as matrizes de contingência dos mapas originados do PRODES e *MOD12Q1*. A partir dessas matrizes foi calculado o coeficiente de concordância *Kappa*, que é feito por meio da equação 1.

Tabela 2: Classes do PRODES recodificadas anualmente. Elaborada a partir de INPE (2007b).

Id	Classe	Nº de células	2001	2002	2003	2004
1	Dummy Value	0	0	0	0	0
2	FLORESTA	210.184.543	1	1	1	1
3	RESIDUO	285.049	1	1	1	1
4	d1997_0	23.684.901	2	2	2	2
5	d2000_0	0	0	0	0	0
6	d2000_2	4.531.641	2	2	2	2
7	d2000_3	162.219	2	2	2	2
8	d2001_0	1.184.157	2	2	2	2
9	d2001_3	91.996	2	2	2	2
10	d2001_4	20.487	2	2	2	2
11	d2002_0	1.487.807	1	2	2	2
12	d2002_1	55.688	1	2	2	2
13	d2002_4	1.180	1	2	2	2
14	d2002_5	2	1	2	2	2
15	d2003_0	1.877.644	1	1	2	2
16	d2003_1	47.270	1	1	2	2
17	d2003_2	37	1	1	2	2
18	d2003_5	59	1	1	2	2
19	d2003_6	0	0	0	0	0
20	d2004_0	1.901.663	1	1	1	2
21	d2004_1	9.184	1	1	1	2
22	d2004_2	0	0	0	0	0
23	d2004_3	0	0	0	0	0
24	d2004_6	0	0	0	0	0
25	d2004_7	0	0	0	0	0
26	d2005_0	1.792.163	1	1	1	1
27	d2005_1	11.494	1	1	1	1
28	d2005_2	22	1	1	1	1
29	d2005_3	0	0	0	0	0
30	d2005_4	0	0	0	0	0
31	d2005_7	0	0	0	0	0
32	d2005_8	0	0	0	0	0
33	desmatamento	692.214	1	1	1	1
34	dsf_nv_01	17.594	1	1	1	1
35	dsf_nv_02	0	0	0	0	0
36	dsf_nv_03	0	0	0	0	0
37	dsf_nv_04	0	0	0	0	0
38	dsf_nv_05	0	0	0	0	0
39	dsf_nv_06	0	0	0	0	0
40	dsf_nv_out	0	0	0	0	0
41	hidrografia	0	0	0	0	0
42	hidrografia2004	3.500.621	3	3	3	3
43	n1997	0	0	0	0	0
44	n2000	0	0	0	0	0
45	n2001	0	0	0	0	0
46	n2002	0	0	0	0	0
47	n2003	0	0	0	0	0
48	n2004	107	1	1	1	1
49	n2005	70.130	1	1	1	1
50	n2006	1.316.006	1	1	1	1
51	nao_floresta	0	0	0	0	0
52	nao_floresta2004	16.154.216	2	2	2	2
53	nao_floresta2_2003	57.330	2	2	2	2
54	nao_floresta2_2004	157.557	2	2	2	2
55	residuo2003	6.036	1	1	2	2
56	residuo2004	400.202	1	1	1	2

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{n^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})} \quad (1)$$

em que:

K = coeficiente *Kappa* de concordância;

n = número de observações;

r = número de linhas da matriz de erro;

x_{ii} = número de observações na linha i e coluna i , respectivamente;

x_{i+} = total marginal da linha i ; e

x_{+i} = total marginal da coluna i .

3. Resultados e Discussão

O coeficiente de concordância Kappa para os dados de 2001 é 0,05, e para os demais anos, é 0,06. As Tabelas 3, 4, 5 e 6 mostram as matrizes de contingência utilizadas para o cálculo. De acordo com a classificação do coeficiente Kappa proposto por Landis e Koch (1977), os valores calculados têm eficiência classificada como má. Esse baixo coeficiente pode ser atribuído, basicamente, à grande quantidade de área definida como floresta pelos dados originados do *MOD12Q1*, as quais são definidas pelo PRODES como desmatamento.

Tabela 3: Tabela de contingência PRODES x *MOD12Q1* de 2001.

		PRODES				
MODIS		Classe	1 Floresta	2 Desmatamento	3 Água	Total
		1 Floresta	812	167	6	985
		2 Desmatamento	1	0	0	1
		3 Água	5	5	4	14
		Total	818	172	10	1.000

Tabela 4: Tabela de contingência PRODES x *MOD12Q1* de 2002.

		PRODES				
MODIS		Classe	1 Floresta	2 Desmatamento	3 Água	Total
		1 Floresta	804	176	5	985
		2 Desmatamento	0	0	0	0
		3 Água	5	5	5	15
		Total	809	181	10	1.000

Tabela 5: Tabela de contingência PRODES x *MOD12Q1* de 2003.

		PRODES				
MODIS		Classe	1 Floresta	2 Desmatamento	3 Água	Total
		1 Floresta	801	179	5	985
		2 Desmatamento	0	0	0	0
		3 Água	5	5	5	15
		Total	806	184	10	1.000

Tabela 6: Tabela de contingência PRODES x *MOD12Q1* de 2004.

		PRODES				
MODIS		Classe	1 Floresta	2 Desmatamento	3 Água	Total
		1 Floresta	787	191	5	983
		2 Desmatamento	0	1	0	1
		3 Água	6	5	5	16
		Total	793	197	10	1.000

Em uma avaliação visual dos dois dados originais do ano 2004, foi possível indicar que a grande disparidade são as regiões que o produto *MOD12Q1* indica como pertencente à classe *Savannas* e que o PRODES indica como desmatamento. Nota-se que os mapas gerados a partir dos dados PRODES possuem uma quantidade maior de pixels classificados como

desmatamento que os mapas gerados pelo *MOD12Q1*, mesmo considerando a classe *Savannas* como desmatamento. São 215.426 pixels com valor de desmatamento indicados pelo PRODES contra 96.971 pixels indicados pelo produto *MOD12Q1* (soma das classes 9 e 12 a 16).

4. Conclusões

A comparação dos dados de cobertura da terra gerados sistematicamente pela NASA (*MOD12Q1*) e pelo INPE (PRODES) mostrou um coeficiente de concordância muito baixo. Considerando a metodologia empregada para a geração de cada um dos produtos analisados, pode-se afirmar que os dados gerados pelo PRODES são os que mais se aproximam da realidade e inclusive, são amplamente utilizados pela comunidade científica em modelagens. Pois, a resolução espacial é maior e a escala de trabalho é regional, diferentemente dos dados *MOD12Q1*, onde a resolução espacial é menor e a escala de trabalho é global. Portanto, os dados do produto *MOD12Q1* merecem um cuidado especial antes de servir de entrada aos modelos espaciais de alterações de uso da terra, sobretudo na região amazônica, mais especificamente a região das bacias dos rios Purus, Madeira e Madeirinha.

Referências

- ANA. *Bases de Dados Georreferenciadas*. 2007. Biblioteca virtual. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/solicitacaoBaseDados.asp>>. Acesso em: 15 Ago 2007.
- BATISTELLA, M. et al. *Satélites de Monitoramento*. Jan 2004. Disponível em: <<http://www.sat.cnpem.embrapa.br/index.html>>. Acesso em: 10 Mar 2007.
- CÂMARA, G.; VALERIANO, D. de M.; SOARES, J. V. *Metodologia para o Cálculo da Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Setembro 2006. Relatório técnico, atualizado por Marisa da Motta. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/metodologia.pdf>>. Acesso em: 15 Jul 2007.
- ELLIS, E.; PONTIUS, R. Land-use and land-cover change. In: *Encyclopedia of Earth*. Cutler J. Cleveland (Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment), 2007. Disponível em: <<http://www.eoearth.org>>. Acesso em: 15 Ago 2007.
- FRIEDL, M. A. et al. Global land cover mapping from MODIS: algorithms and early results. *Remote Sensing of Environment*, Elsevier, v. 83, p. 287–302, November 2002. ISSN 0034-4257.
- INPE. 11 2007. Internet. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/queimadas>>.
- INPE. *Projeto PRODES - Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite*. Julho 2007. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>>.
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Journal of the International Biometrics Society*, International Biometric Society, v. 33, n. 1, p. 159–174, Mar 1977.
- NASA. *Earth Observing System Data Gateway*. Julho 2007. Disponível em: <<http://deleenn.gsfc.nasa.gov/imswww/pub/imswelcome/>>. Acesso em: 15 Jul 2007.
- TURNER II, B. L.; LAMBIN, E. F.; REENBERG, A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 104, n. 52, p. 20666–20671, december 2007. Disponível em: <<http://www.pnas.org/content/104/52/20666.full>>.
- WEISS, J. M. *MODIS Reprojection Tool Users Manual*. Release 3.3a. Sioux Falls - SD, January 2006. Disponível em: <<http://lpdaac.usgs.gov/landdaac/tools/modis/index.asp>>. Acesso em: 15 Jul 2007.