

Análise de padrões de desmatamento e trajetória de padrões de ocupação humana na Amazônia usando técnicas de mineração de dados

Érika Akemi Saito
Maria Isabel Sobral Escada
Leila Maria Garcia Fonseca
Thales Sehn Korting

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{erika, isabel, leila, tkorting}@dpi.inpe.br

Abstract. The Brazilian Amazon is known for its ecological and social diversity, and its great economic potential. Human activities in this region have contributed to the intensification of deforestation where forest areas are replaced by other cover types and land uses as cattle ranching, mining, different types of agriculture, and logging. Thus, monitoring and analysis of forest landscape dynamics are important for land use planning aiming to sustainable use and environmental conservation. This study aims to identify and analyze patterns of deforestation associated to different types and trajectories of human occupation in the Amazon region using data mining techniques and landscape ecology metrics. This study uses data from Amazon Forest Monitoring by Satellite (PRODES) database. The analysis of deforestation patterns, associated to different forms of occupation and land use, contributes to add information to deforestation data and may subsidize studies involving environmental modeling, and land management and planning to support the development of public policies for the Amazon. Trajectories were identified to indicate expansion and consolidation areas and regions that did not change the occupation pattern during the analysis period. We found that, consolidation pattern areas are mostly surrounded by the expansion trajectory areas. The regions with the trajectory of occupation expanding agricultural frontier meet mobile invading the Amazon rainforest on three fronts accompanied by deforestation.

Palavras-chave: Amazon, deforestation, human occupation, spatial data mining, Amazônia, desmatamento, ocupação humana, mineração de dados espaciais.

1. Introdução

O Brasil possui o maior bioma de floresta úmida do mundo, a Amazônia, que é conhecida por sua diversidade biológica e riquezas naturais, sendo um patrimônio ambiental, econômico e social, habitada por diversos grupos étnicos. No entanto, o desmatamento vem preocupando a sociedade de maneira geral, devido aos aspectos negativos que podem ocorrer como a redução da biodiversidade, mudanças no regime hidrológico e alterações climáticas.

Desde 1988 o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por meio do Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélite (PRODES) estima taxas anuais de desmatamento, produzindo grandes quantidades de dados espaciais de desmatamento da Amazônia Legal (Inpe, 2008). Mesmo com o acesso livre dos dados de desmatamento na internet, os mesmos têm sido pouco explorados. Com esses dados é possível analisar e identificar os principais padrões de desmatamento relacionando-os com as diferentes formas de ocupação humana e os principais usos da terra. Este tipo de análise é importante, não apenas para agregar conhecimento aos dados de desmatamento, mas também para indicar regiões críticas e contribuir com o planejamento do território e para subsidiar a formulação de políticas públicas em suas diversas concepções.

Técnicas de mineração de dados têm sido utilizadas para extrair informações de grandes bases de dados tais como do PRODES (Silva et al. (2005, 2008)). Essas técnicas permitem explorar um conjunto de dados, extraindo ou ajudando a evidenciar padrões de interesse. Silva et al. (2005, 2008) propuseram uma metodologia baseada em técnicas de mineração de dados para identificar diferentes padrões de desmatamento na Amazônia. Os autores utilizaram uma abordagem por objetos de análise representados pelos polígonos de desmatamento do PRODES. Mas, quando se deseja ter uma visão mais ampla do processo de desmatamento na

Amazônia Legal, a abordagem por objeto (polígono) não é adequada. Neste caso, o mais adequado é trabalhar com os polígonos agregados em unidades maiores, denotadas por células, que permitem representar diferentes padrões de ocupação (Azeredo et al., 2008). Na abordagem por células a área de estudo é subdividida em pequenas janelas regulares (Lang e Blaschke, 2009), nas quais métricas da paisagem podem ser utilizadas.

O objetivo deste trabalho é utilizar técnicas de mineração de dados e métricas de ecologia da paisagem para identificar e analisar padrões de desmatamento associados aos diferentes tipos e trajetória de padrões de ocupação humana em uma região da Amazônia Legal, compreendida entre os estados do Pará e Mato Grosso com dados espaciais de desmatamento acumulado do PRODES para intervalos de três anos de 1997 a 2006.

2. Materiais e Métodos

2.1. Área de estudo

A área de estudo compreende uma porção da Amazônia Legal (Figura 1), englobando grande parte do estado do Pará, e a região de fronteira com os estados do Mato Grosso e Amazonas. Esta região foi selecionada por apresentar grande diversidade de paisagens e mudanças na paisagem e regiões em diferentes estágios e históricos de desmatamento.

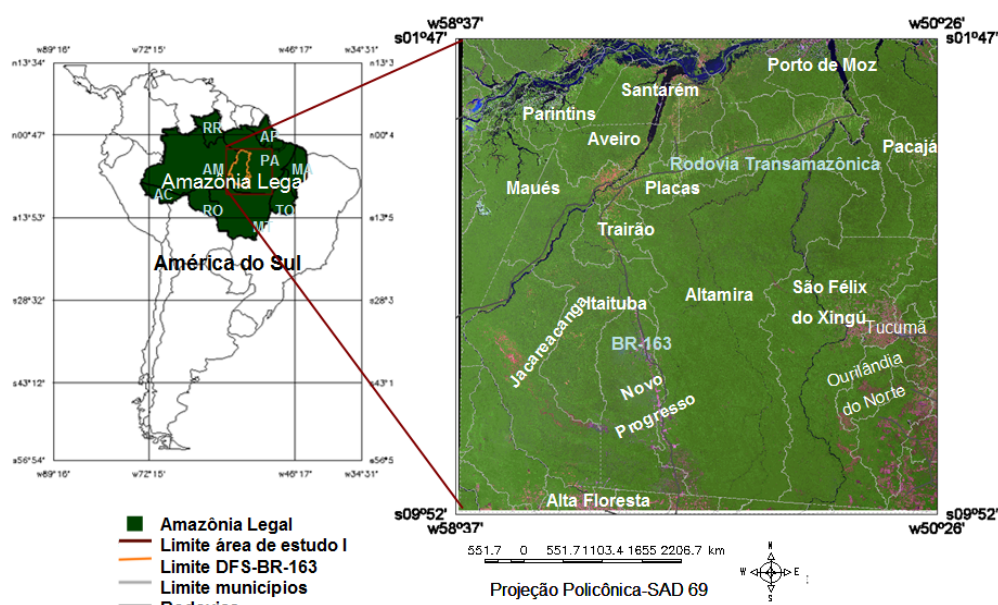


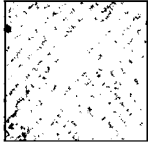
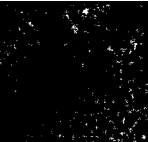




Figura 1. Apresentação da área de estudo - região da Amazônia Legal (Composição colorida sensor TM/Landsat 2000).

2.2. Materiais e métodos

A metodologia utilizada para o processamento dos dados seguiram as seguintes etapas: aquisição dos dados de desmatamento, escolha do tamanho adequado do tamanho da célula a ser utilizada no processo de mineração, extração de métricas da paisagem, treinamento, e finalmente a classificação. Foi criado um banco de dados no SPRING (Câmara et al., 1996), onde os mapas de desmatamento do PRODES e 1997 a 2006 foram armazenados e as classes de desmatamento foram reagrupadas a partir de uma rotina do LEGAL (Câmara et al., 1996), gerando mapas com classes de desmatamento até 1997, 2000, 2003 e 2006. Após a reclassificação, os mapas de desmatamento foram convertidos do formato matricial para vetorial e recortados de acordo com os limites da área de estudo. A seleção de padrões de desmatamento baseou-se na análise dos padrões existentes nos bancos de dados do PRODES para a região da Amazônia Legal e em padrões descritos na literatura (Mertens e Lambin, 1997; Ewers e Laurance, 2006; Oliveira Filho e Metzger, 2006; Escada, 2003). A Tabela 1

apresenta a tipologia do padrão de desmatamento apresentando exemplos de padrões baseados em dados do PRODES e uma breve descrição das características dos padrões.

Tabela 1. Tipologia de padrão de desmatamento associados à ocupação humana para Amazônia Legal (branco=desmatamento, preto=floresta).

PRODES 2007- Amazônia Legal	Padrão de Desmatamento	Descrição Escala 1:100.000	Semântica Padrão de Ocupação
 Jarú, Ouro Preto do Oeste, - RO	Consolidado	-Manchas grandes e contínuas de desmatamento; -Forma variada; -Densidade baixa e áreas pequenas de remanescentes florestais; -Manchas compactas.	-Concentração fundiária; -Pequenos, médios e grandes estabelecimentos rurais; - Atividades econômicas: agricultura, pecuária de pequena a larga escala, empresários; -Esgotamento da floresta; - Fragmentação florestal; -Estágio avançado de ocupação.
 Xapuri - AC	Difuso	-Manchas pequenas, isoladas; -Forma variada, irregular; -Baixa a média densidade; -Distribuição uniforme.	-Áreas de ocupação espontânea; -Pequenos produtores rurais; -Atividades econômicas: agricultura e pecuária para subsistência, silvicultura, pesca e extração de madeira; -Estágio inicial de ocupação.
 Placas-PA	Espinha de Peixe	-Manchas grandes alongadas e lineares com ramificações semelhantes à vértebra de peixe; -Média densidade.	-Áreas de projeto de Assentamento rural do INCRA; -Pequenos e médios estabelecimentos rurais; -Atividades econômicas: agricultura familiar, pequena pecuária; - Estágio intermediário de ocupação.
 Nova Maringá-MT	Geométrico regular	-Manchas médias a grandes e isoladas; -Forma geométrica regular; -Baixa a média densidade.	- Médios e grandes estabelecimentos rurais. -Atividades econômicas: agricultura, principalmente monoculturas de grãos e pecuária de média a larga escala; -Estágio intermediário de ocupação.
 Rio Branco-AC	Multidirecional desordenado	-Manchas pequenas, médias e grandes; -Manchas de formas variadas, irregulares, complexidade elevada; -Média, alta densidade; -Multidirecional.	-Pode haver concentração fundiária; -Pequenos, médios e grandes estabelecimentos rurais; -Atividades econômicas: agricultura, pecuária, extração madeireira; - Estágio intermediário de ocupação direcionada a expansão, muitas vezes espontânea.
 Jacareacanga-PA	Unidirecional Linear	-Manchas médias e grandes; - Manchas de forma alongada dispostas ao longo de hidrografia ou vias de acesso; - Baixa densidade.	-Ocupação ribeirinha; -Ocupação ao longo de estradas e vias de acesso; -Pequenos e médios estabelecimentos rurais; -Atividades econômicas: agricultura familiar, pecuária, pesca. -Estágio inicial a intermediário de ocupação.

O processo de classificação de padrões de ocupação foi realizado no aplicativo *Geographic Data Mining Analyst*, GeoDMA que é um sistema de mineração de dados espaciais (Korting et al., 2008). Este sistema funciona como um *plugin* para o aplicativo TerraView (INPE, 2007), que manipula e visualiza dados armazenados em bancos de dados geográficos (Korting et al., 2009). Os dados de entrada do GeoDMA podem ser imagens e objetos (polígonos e células). O GeoDMA permite a extração de atributos espaciais, podendo optar-se pela normalização, de forma que todos tenham o mesmo nível de importância no processo de mineração. As métricas extraídas são armazenadas como novos atributos das células em tabelas não-espaciais.

No caso deste trabalho utilizamos a abordagem celular, na qual o GeoDMA fez a extração de atributos espaciais do conjunto de polígonos delimitado pelas células de 50 km x50 km. O processo de mineração, no contexto deste trabalho, constitui-se de três etapas: 1) extração de métricas da paisagem (número de manchas (NumP), *Percent LAND* (%LAND); *Class Area* (CA), *Mean Patch Size* (MPS), *Total Edge* (TE), *Edge Density* (ED), *Landscape Shape Index*

(LSI), *Mean Patch Fractal Dimension* (MPFD), *Area Weight Mean Patch Fractal Dimension* (AWMPFD), *Mean Perimeter-Area Ratio* (MPAR), *Mean Shape Index* (MSI), *Area Weight Mean Shape Index* (AWMSI), *Patch Size Standart Deviation* (PSSD) e *Patch Size Coefficient of Variation* (PSCOV) (Mcgarigal et al., 1995; Elkie et al., 1999)) para cada conjunto de polígonos de desmatamento delimitado pela célula; 2) Treinamento, quando são selecionadas as amostras de treinamento para as classes de interesse: consolidado, difuso, espinha de peixe, geométrico regular, multidirecional desordenado, unidirecional linear e floresta; 3) classificação das células utilizando um algoritmo de árvore de decisão C4.5 onde são definidos os limiares das métricas da paisagem que distinguem as classes. Como resultado obtém-se um mapa de padrões com as células classificadas.

A partir dos resultados obtidos nas classificações foram analisadas trajetórias de mudanças no período compreendido entre os anos de 1997 a 2006, obtendo-se, assim, a dinâmica de ocupação. Neste trabalho, as trajetórias de mudança analisadas foram as de consolidação e expansão, bem como as áreas onde não houve mudança de padrão de ocupação. As trajetórias de consolidação se caracterizam pela mudança, no período de tempo analisado, de um estágio de ocupação inicial (geométrico regular ou unidirecional linear) ou intermediário (multidirecional desordenado ou espinha de peixe) para um estágio intermediário ou avançado (consolidado). Nessas trajetórias há intensificação do desmatamento em áreas que já apresentavam em 1997 algum tipo de ocupação. O processo de expansão representa as novas frentes de desmatamento e é representado por células que apresentaram áreas de floresta intacta em 1997 ou padrão difuso no ano inicial e, em algum momento, apresentou outro tipo de padrão de ocupação.

A validação dos mapas de ocupação foi feita a partir de células sorteadas aleatoriamente e distribuídas por toda a área de estudo, excluindo-se aquelas utilizadas no treinamento. Foi utilizada uma matriz de confusão, onde os resultados obtidos a classificação com o GeoDMA foram confrontados com a classificação realizada a partir da interpretação visual, considerada como verdade terrestre. Para analisar e avaliar os resultados obtidos foram utilizados dados auxiliares como os limites e datas das terras indígenas (Funai, 2010), unidades de conservação (Embrapa, 2003), projetos de assentamento do INCRA, entre outros.

4. Resultados e discussões

A Figura 2 apresenta a árvore de decisão gerada pelo algoritmo C 4.5 que apresentam os limiares das principais métricas da paisagem selecionadas pelo algoritmo: %LAND, PSSD, MPFD, AWMPFD, PCSOV, MPS, MSI, AWMSI, LSI, e MPAR.

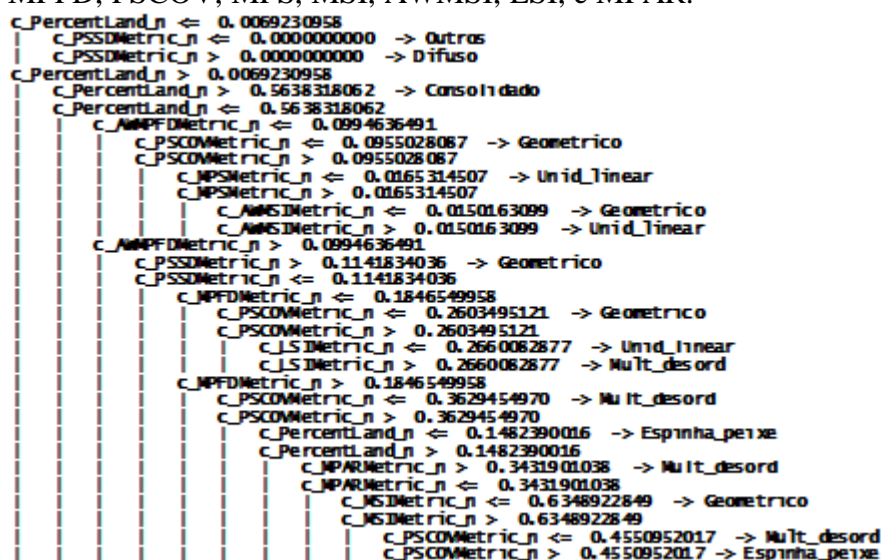


Figura 2. Árvore de decisão da área de estudo I - região da Amazônia Legal.

Os mapas de padrão de ocupação são apresentados na Figura 3. Para a validação dos mapas foram sorteadas aleatoriamente 59 células distribuídas por toda a região de estudo, e considerando a interpretação de um intérprete como verdade terrestre, os mapas de ocupação foram avaliados utilizando-se a matriz de confusão, obtendo-se os seguintes coeficientes kappa: 0,87 (1997), 0,81 (2000), 0,79 (2003) e 0,75 (2006).

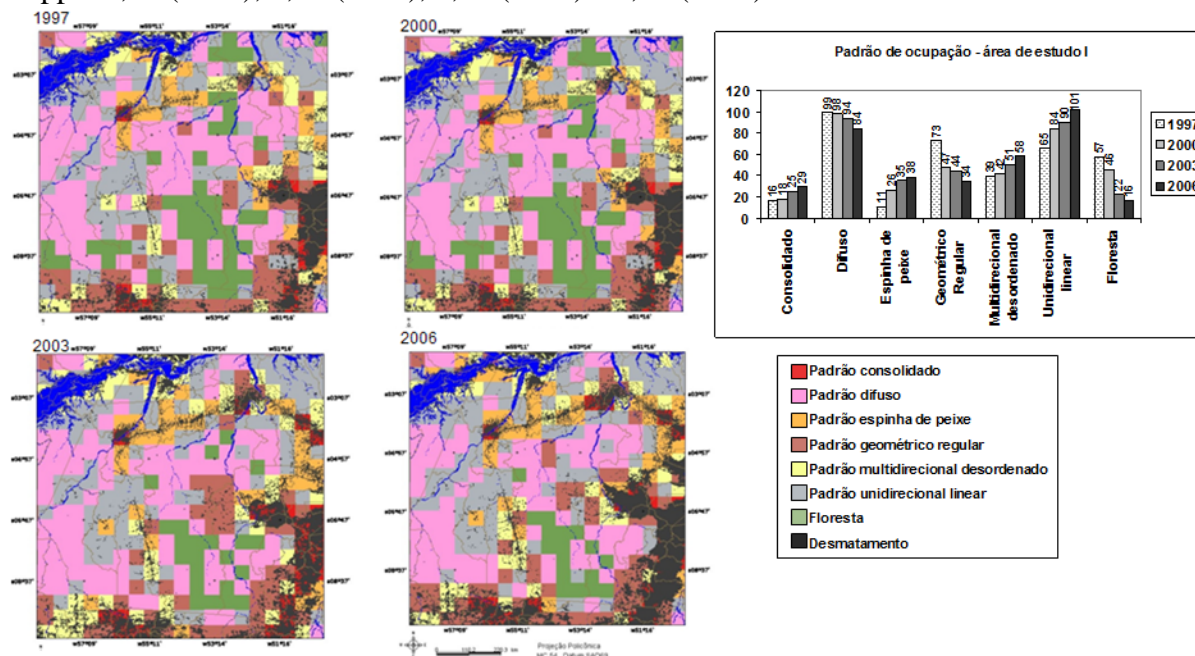


Figura 3. Mapas de padrão de ocupação para o desmatamento acumulado 1997, 2000, 2003 e 2006.

O padrão de ocupação difuso foi mais freqüente variando entre 99 células a 94 células do período de 1997 a 2003, sendo que em 2006 a maior freqüência apresentada foi para o padrão unidirecional linear (101 células). Os padrões de ocupação consolidado, espinha de peixe, multidirecional desordenado e unidirecional linear tenderam a aumentar com o passar do tempo, exceto os padrões de ocupação difuso, geométrico regular e as áreas de florestas apresentaram a tendência de diminuir com o passar dos anos. A partir da combinação dos mapas de ocupação foi montado o mapa de trajetória de padrão de ocupação apresentado na Figura 4.

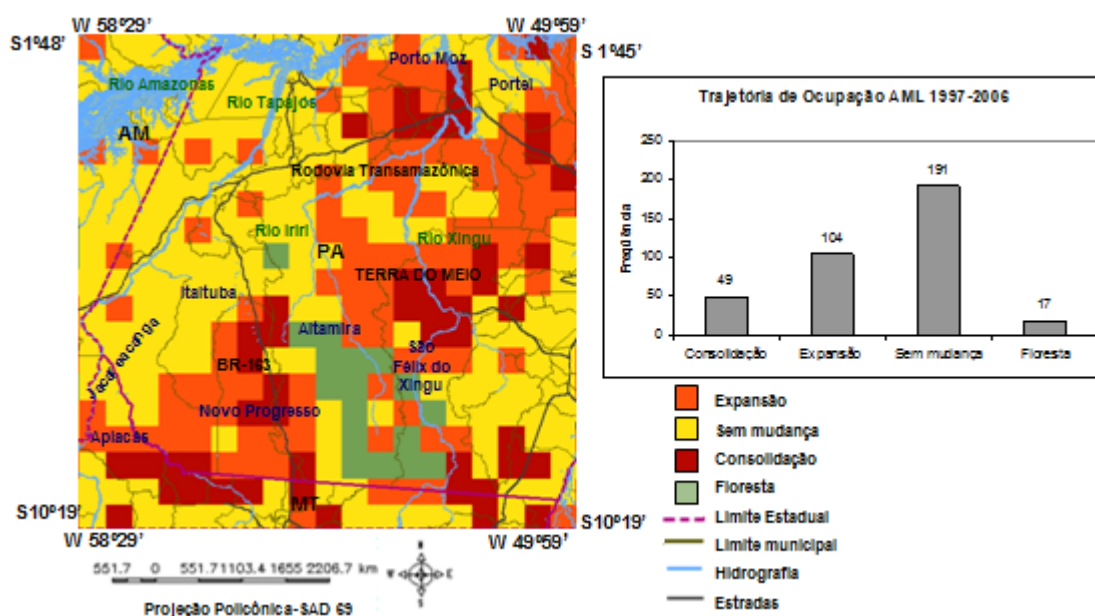


Figura 4. Mapa de trajetória de ocupação 1997-2006.

O gráfico mostra que 29% das células tiveram trajetórias de expansão, ocorrendo principalmente a sudoeste e nordeste da área de estudo nos municípios de São Félix do Xingu, Altamira, Novo Progresso, Jacareacanga, Porto de Moz, Portel, Peixoto de Azevedo, e Apiacás no estado do Mato Grosso. São áreas onde ocorreu a expansão da fronteira agropecuária na Amazônia na última década associadas à dinâmica do mercado de terras, ao avanço da soja, da pecuária e da exploração madeireira.

Nas áreas com trajetória de expansão podemos verificar três novas frentes de expansão do desmatamento, como mostra a Figura 4: 1) na região a partir do sudeste do Pará em direção à Terra do Meio (entre os rios Xingu e Iriri); 2) no norte do Mato Grosso e no sudoeste do Pará, ao longo da rodovia BR-163 e; 3) no o sul do estado do Amazonas. Essas áreas de nova fronteira são apontadas por Becker (2004); Escada et al. (2005); Castro (2004); Grupo de Trabalho Interministerial (2006).

Pode-se observar no mapa de trajetórias, que as áreas de consolidação muitas vezes estão próximas ou circundadas por células com trajetória de expansão. Padrão similar foi observado por Alves (2001) mostrando que novos desmatamentos tendem a ocorrer em regiões próximas de áreas já desmatadas. As áreas em consolidação são, em geral, extensões das áreas que apresentam ocupação consolidada como a região de São Félix do Xingu, a região de Altamira, e região sudeste do Pará. A região do município de Novo Progresso, próxima do eixo da BR-163 também apresenta uma dinâmica de consolidação. Embora em seu entorno seja observada a presença de uma nova frente de expansão do desmatamento, bastante dinâmica, as áreas de ocupação mais antigas, ao longo da BR-163, começam a se consolidar no período de 1997 a 2006.

Cerca de 52% das células mantiveram o mesmo padrão de ocupação no período de análise. Destas células, 31% corresponderam ao padrão difuso, 23% ao padrão unidirecional linear, 16% ao multidirecional desordenado, 15% ao geométrico regular, 6% ao padrão espinha de peixe e 5% floresta. Grande parte das células que não apresentaram mudanças corresponderam ao padrão difuso, esse padrão está associado à ocupação ribeirinha bastante presente na região, ao longo dos rios Tapajós, Iriri e Xingu. Outros padrões como o multidirecional desordenado e o unidirecional linear, em menor proporção, também podem representar esse tipo de ocupação, porém em estágios mais avançados, em que há uma maior densidade de ocupação e maior proporção de áreas desmatadas. O pequeno número de células de floresta demonstra que a maior parte da região apresenta algum tipo de ocupação, ainda que muitas delas com baixa densidade populacional e baixo impacto na floresta. Esse cenário deve ser considerado na elaboração de políticas públicas para a região, como na criação de Unidades de Conservação, no ordenamento territorial, e no desenvolvimento de obras de infra-estrutura.

Com relação às áreas de floresta, aquelas que se mantiveram preservadas, localizam-se na FLONA Altamira, e nas aldeias indígenas Baú, Menkragnoti e Kayapó. De acordo com o Instituto Raoni (2005) que atua na proteção destas reservas indígenas, fatores como a baixa densidade populacional, e a eficiente proteção contra a invasão, tornam essas áreas efetivas com relação aos propósitos de conservação.

5. Conclusão

O GeoDMA demonstrou ser útil para extrair, a partir de dados de desmatamento do PRODES, diferentes tipos de padrão de ocupação dando uma visão geral dos principais padrões associados a diferentes atores sociais que ocupam a região. Com a análise multitemporal foi possível traçar trajetórias e observar as principais dinâmicas de ocupação da área de estudo.

Foram identificadas três principais trajetórias de ocupação: expansão, consolidação e regiões em que não houve alteração no tipo de padrão de ocupação. As áreas com trajetória de

consolidação muitas vezes estão próximas ou circundadas pela trajetória indicativa de expansão. As regiões com trajetória de ocupação em expansão coincidem com a fronteira agrícola móvel que invade as áreas da floresta intacta ou regiões com ocupação ainda incipiente, em três frentes de expansão do desflorestamento: no sudeste do Pará em direção à Terra do Meio, no norte do Mato Grosso, em direção à rodovia BR-163 e no o sul do estado do Amazonas.

Detectou-se poucas células de floresta intacta, esse pequeno número demonstra que a maior parte da região apresenta algum tipo de ocupação, embora, muitas vezes de baixo impacto sobre a floresta. Esse cenário se contrapõe ao dos grandes “vazios demográficos” da Amazônia bastante divulgados na década de 70, e deve ser considerado na elaboração de políticas públicas e no ordenamento territorial da região.

Agradecimentos

A primeira autora deste artigo agradece a Capes pela bolsa de mestrado, e a CNPq e FAPESP pelo apoio financeiro.

Referências

- Alves, D. S. O processo de desmatamento na Amazônia. Modelos e cenários para a Amazônia: o papel da ciência. **Parcerias Estratégicas**, n. 12, p.259-275, set. 2001.
- Azeredo, M.; Escada, M. I. S.; Câmara, G. **Mineração de dados espaciais utilizando métricas de paisagem**. São José dos Campos: INPE, Relatório final da disciplina CAP-359, 2008.
- Becker, B. K. **Amazônia: Geopolítica na virada do III milênio**. Rio de Janeiro: Garamond, 2004. 172 p. (ISBN 85-7617-042-6).
- Câmara, G.; Souza, R. C. M.; Freitas, U.M.; Garrido, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n.3, p. 395-403, 1996.
- Castro, E. R.; Monteiro, R.; Castro, C. C. Atores sociais na fronteira mais avançada do Pará: São Félix do Xingu e a Terra do Meio. **Núcleo de altos estudo amazônicos**, 68 p., out. 2004. Disponível em: <<www.ufpa.br/naea/gerencia/ler_publicacao.php?id=252>>. Acesso em out. 2010.
- Elkie, P.C.; Rempel, R.S.; Carr, A.P. **Patch Analyst user's manual: a tool for quantifying landscape structure** (NWS Technical Manual TM-002). Thunder Bay, Ontario: Ontario Ministry of Natural Resources, Northwest Science & Technology, 1999, 22 p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Dados espaciais do Zoneamento Ecológico-Econômico da Área de Influência da Rodovia BR-163**, 2003. Disponível em: <<http://zeebr163.cpatu.embrapa.br/index.php>>.
- Escada, M. I. S. **Evolução de padrões da terra na região centro-norte de Rondônia**. Tese de doutorado do Curso da Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, São José dos Campos: INPE, 2003, 264 p. (INPE-10209-TDI/899).
- Escada, M. I. S.; Vieira, I. C. G.; Kampel, S. A.; Araújo, R.; Veiga, J. B.; Aguiar, A. P. D.; Veiga, I.; Oliveira, M.; Pereira, J. L. G.; Carneiro-Filho, A.; Fearnside, P. M.; Venturieri, A.; Carriello, F.; Thales, M.; Carneiro, T. S.G.; Monteiro, A. M.; Câmara, G. Processos de ocupação nas novas fronteiras da Amazônia (o interflúvio do Xingu/Iriri). **Estudos Avançados**, v. 19, n.54, p.9-23, 2005.
- Ewers, R. M.; LAURANCE, W. F. Scale-dependent patterns of deforestation in the Brazilian Amazon. **Environmental Conservation**, v. 33, n.3, p. 203-211, 2006.
- FUNAI. Fundação Nacional do índio. **Dados espaciais de terras indígenas**, 2010. Disponível em: <<http://www.funai.gov.br/>>. Acesso em: Set. 2010.

GTI. Grupo de Trabalho Interministerial. **Plano de desenvolvimento regional sustentável para a área de influência da rodovia BR-163 Cuiabá-Santarém**. Brasília: Coordenação da Casa Civil da Presidência da República, jun. 2006, 184 p.

INPE. Instituto De Pesquisas Espaciais. **GeoDMA, Geographical Data Mining Analyst**, 2007. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/geodma/?lingua=portugues>>. Acesso em: Jan. 2009.

INPE. Instituto De Pesquisas Espaciais. **Relatório PRODES 2008**, 2008. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/Relatorio_Prodes2008.pdf>. Acesso em: Fev. 2009.

INPE. Instituto De Pesquisas Espaciais. **Banco de Dados Digital do PRODES**, 2010. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodes.php>>. Acesso em: Jan. 2010.

Instituto Raoni. **Controle dos limites das reservas contra invasões ilegais**. 2005. Disponível em: <<<http://www.raoni-institute.org/index2.php?lang=pt&page=reservation>>> Acesso em: out. 2010.

Korting, T. S.; Fonseca, L. M.; Escada, M. I. S.; Silva, F. C.; Silva, M. P. S. GeoDMA: a novel system for spatial data mining. **IEEE International Conference on Data Mining Workshops**, 2008.

Korting, T. S.; Fonseca, L. M.; Escada, M. I. S.; Câmara, G. GeoDMA- Um sistema para mineração de dados de sensoriamento remoto. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009, p. 7813-7820.

Lang, S.; Blaschke, T. **Análise da Paisagem com SIG**. Tradução, KUX, H. São Paulo: Oficina de textos, 2009, 424 p. ISBN 978-85-86238-78-9.

Mcgarigal, K.; Marks, B. J. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Whashington: United State Department of Agriculture, **Pacific Northwest Research Station General Technical Report PNW-GTR-351**, 132 p., ag. 1995.

Mertens B.; Lambin, E. F. Spatial modeling of deforestation in southern Cameroon. Spatial disaggregation of diverse deforestation processes. **Applied Geography**, v. 17, n.2, p. 143-162, 1997.

Oliveira Filho, F. J. B.; Metzger, J. P. Threshold in landscape structure for three common deforestation patterns in the Brazilian Amazon. **Landscape Ecology**, n. 21, p. 1061-1073, 2006.

Sampaio, L. S.; Costa, R. G. C. Estradas e suas relações sociambientais. In: PORRO, R. Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação. Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2009, 825 p. ISBN (978-85-7383-455-0)

Silva, M. P. S.; Câmara, G.; Escada, M. I. S.; Souza, R. C. M.; Valeriano, D. M. Mining patterns of change in remote sensing image databases. **15 IEEE Internacional Conference on data mining**, 2005.

Silva, F. C.; Korting, T. S.; Fonseca, L. M. G.; Escada, M. I. S. Deforestation pattern characterization in the Brazilian Amazonia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 6207-6214. CD-ROM; On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.18.01.06>>. Acesso em: Fev. 2009.

Silva, M. P. S.; Câmara, G.; Escada, M. I. S.; Souza, R. C. M. Remote-sensing image mining: detecting agents of land-use change in tropical forest areas. **International Journal of Remote Sensing**, v.29, n.16, p. 4803-4822, ag. 2008.