

## Dinâmica do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Machado - Rondônia

Lídia Sanches Bertolo<sup>1</sup>  
 Júlio César Dalla Mora Esquerdo<sup>2</sup>  
 Alexandre Camargo Coutinho<sup>2</sup>  
 João Francisco Gonçalves Antunes<sup>2</sup>  
 Talita Nogueira Terra Parizzi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologias Espaciais - FUNCATE  
 Av. Dr. João Guilhermino, 429 - 12210-131 - São José dos Campos, SP, Brasil  
 {lidia.bertolo; talita.parizzi}@funcate.org.br

<sup>2</sup>Embrapa Informática Agropecuária  
 Av. André Tosello, 209 - Caixa Postal 6041 - 13083-886 - Campinas, SP, Brasil  
 {julio.esquerdo; alex.coutinho; joao.antunes}@embrapa.br

**Abstract.** The Amazon is one of the world's most important ecosystem and is under constant threat. In Rondônia this situation is not different, and the state has only 59% of its original forest. It is important to investigate the land use and cover change (LUCC) in order to define strategies that stimulate both environmental conservation and regional development. This paper aims to identify, spatialize and qualify the LUCC with 10-years interval, using the Machado river watershed as case study. Maps developed by TerraClass Project (2004 and 2014) were the basis to quantify LUCC. The maps were overlaid and resulted in a map of landscape's dynamic, which was valued following a matrix that qualified the land use/cover transitions according to their environmental characteristics, in a use-conservation gradient, from very negative to positive. Within 10 years, the Machado river watershed lost 4.561km<sup>2</sup> of its original forest area (12%), 3.924km<sup>2</sup> to pasture. At the same time, data showed a growth in agricultural area (+173%) close to the municipality of Vilhena and a recovery of secondary vegetation (+183%). When evaluating the dynamic's qualification is possible to observe the prevalence of changes opposed to conservation diffuse all over the watershed, with a higher concentration and intensity in Machadinho d'Oeste region. In addition, areas under legal protection comprise most of the consolidated forest fragments and show fewer dynamics. Although a preliminary study, it can be concluded that these protected areas play an important role in controlling deforestation and maintaining the forest.

**Palavras-chave:** uso da terra, TerraClass, dinâmica, desflorestamento. Land use, dynamic, deforestation.

### 1. Introdução

Considerado um dos ecossistemas mais importantes do planeta, a Amazônia vindo sendo constantemente ameaçada, colocando em risco sua enorme extensão de florestas tropicais úmidas, sua biodiversidade e seus recursos hídricos. No estado de Rondônia esta situação não é diferente, restando cerca de 59% da floresta original. Dos 213.700 km<sup>2</sup> de floresta, mais de 88.606 km<sup>2</sup> já foram desmatados (INPE, 2016).

De acordo com Ribeiro (2008), o processo de ocupação da região remete ao início da ocupação pelos portugueses, na posse de terras pelo Tratado de Tordesilhas, passando pelo ciclo da borracha, da construção da estrada de ferro Madeira-Mamoré e das linhas telegráficas no estado. No entanto, o maior incentivo à ocupação da região ocorreu a partir de 1964, durante o governo militar, que estimulou ações de desmatamento para a ocupação territorial da região que duraram até o final da década de 80, quando a recessão econômica provocou um declínio nas taxas de desflorestamento. No entanto, após o Plano Real, em 1994, a recuperação da economia e o aumento da disponibilidade de crédito rural estimularam o avanço do desflorestamento em várias regiões da Amazônia, incluindo o estado de Rondônia (Fearnside, 2005).

A responsabilidade pelos desflorestamentos, normalmente atribuída às grandes e médias propriedades rurais, foi transferida, no caso de Rondônia, aos pequenos agricultores, que têm atuado como importantes vetores de pressão nas regiões onde estão concentrados (Fearnside, 2006). Além disso, a abertura de novas rodovias, promove o desflorestamento e acaba

proporcionando o acesso a áreas remotas e até então preservadas (Soares-Filho et al. 2004). Em Rondônia, assim como na maioria dos estados da Amazônia, a principal mudança de uso e cobertura da terra tem origem na substituição da floresta tropical por pastagem plantada para pecuária (Alencar et al. 2004), uma das principais atividades econômicas do estado.

O governo federal vem criando mecanismos para reduzir o desmatamento. Em 2004 foi criado o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), que incorporou o Projeto de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal (PRODES), criou Unidades de Conservação, homologou Terras Indígenas e intensificou ações integradas de fiscalização (MMA, 2013). Além disso, a Moratória da Soja, acordo entre a sociedade civil, indústria e governo iniciado em 2008, é mais uma das muitas ações para redução do desflorestamento.

Em processos de planejamento, identificar as mudanças e a dinâmica do uso da terra é fundamental para a tomada de decisão. Entender como processos de transformação da paisagem se deram ao longo do tempo, auxilia a definição de estratégias que estimulem a conservação ambiental e, ao mesmo tempo, o desenvolvimento regional. Dessa forma, estudos ao redor do mundo partem da premissa que é necessário conhecer o histórico de uso e cobertura da terra, de forma a criar subsídios para delinear estratégias de planejamento da paisagem em escalas global, regional e local (Lambin e Geist, 2006), uma vez que essas mudanças influenciam direta ou indiretamente na diversidade biológica, no clima, nos ciclos biogeoquímicos e da água, entre outros (Salas et al. 2000, Gash et al. 1996).

Com base nessas constatações, o objetivo deste artigo foi identificar, espacializar e qualificar as mudanças ocorridas no uso e cobertura da terra, em um intervalo de 10 anos, na bacia hidrográfica do Rio Machado, no estado de Rondônia.

## 2. Material e Métodos

Rondônia, estado localizado na região oeste da Amazônia, tem um dos mais elevados índices de desflorestamento da Amazônia Legal, com acúmulo, até o ano de 2014, de mais de 88.000 km<sup>2</sup>. A bacia do rio Machado foi escolhida como área de estudo por concentrar a maior parte da rede viária e da população do estado, além de ser a região que reúne municípios com as maiores taxas de desflorestamento até 2014 (Figura 1). Além disso, ela possui a maior extensão territorial de Rondônia (75.000km<sup>2</sup>) e abrange 34 dos 52 municípios do estado.

Uma avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra na bacia do Rio Machado-RO foi conduzida a partir dos mapas disponibilizados pelo Projeto TerraClass Amazônia, uma parceria entre o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), com o objetivo de produzir mapeamentos sistemáticos sobre o uso e a cobertura da terra nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal, identificadas pelo Programa PRODES (Almeida et al. 2016). Para tanto, foram utilizados os mapas de 2004 e 2014, de forma a contemplar um intervalo de 10 anos.

Inicialmente, foram agrupadas algumas classes originais do Projeto para realizar uma análise geral das mudanças de uso mais significativas. Assim, a classe Mosaico de Ocupações foi agrupada com a classe Outros; Pasto Limpo, Pasto Sujo, Regeneração com Pasto e Pasto com Solo Exposto foram agrupadas na classe Pastagem. As demais classes foram mantidas.

Em seguida, foi construída uma malha hexagonal (unidades de 100ha) utilizando uma extensão do ArcMap 10.2 denominada *Patch Analyst* (Rempel et al. 2012). Os mapas de 2004 e 2014 foram então interseccionados com a malha hexagonal e cada hexágono recebeu a classe de uso e cobertura da terra de área dominante na unidade. A forma hexagonal tem a vantagem de minimizar a relação perímetro/área e uma malha neste formato cobre completamente a paisagem, revelando um mosaico de unidades de tamanho, forma e posição iguais (Alvares-Alfonso, 1990). O tamanho de 100 hectares representa a área mínima em que

é possível representar os padrões desta paisagem para esta escala de trabalho (Matteucci e Silva, 2005).

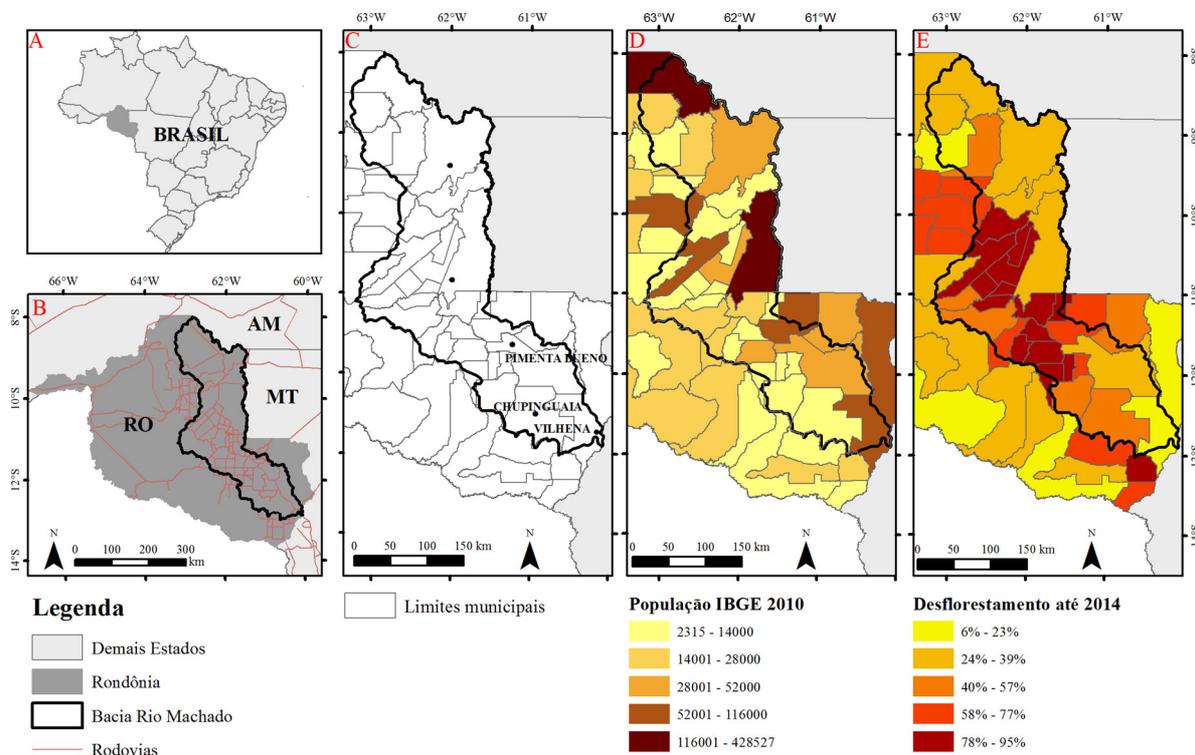


Figura 1. (A) Localização do estado de Rondônia; (B) localização da área de estudo (bacia do rio Machado) e distribuição das rodovias; (C) limites municipais; (D) população por municípios (IBGE,2010) e; (E) desflorestamento por municípios até 2014 (INPE, 2016).

Os mapas foram sobrepostos e neles aplicada uma tabulação cruzada a fim de quantificar as diferenças espaciais entre os tipos de uso ao longo do tempo. Paralelamente, foi criada uma matriz que indicou as transições e as qualificou em termos de valor ambiental (baseado em Bertolo et al. 2015 e Terra e Santos, 2012) em um gradiente de conservação ao uso, identificando as mudanças negativas e positivas (Tabela 1). As mudanças negativas foram consideradas aqui como áreas que perderam Floresta ou áreas de uso que foram substituídas por outro mais impactante. Por exemplo, a substituição da classe Floresta foi considerada uma mudança “negativa” quando a área passou a ser de Vegetação Secundária e “muito negativa” quando a área passou a ser de qualquer outra classe. Já as mudanças positivas incluem áreas que apresentaram uma recuperação de vegetação natural, ou seja, a substituição de qualquer uso antrópico por Vegetação Secundária foi considerada uma mudança “positiva”. Mudanças a partir da classe Outros não foram qualificadas devido à heterogeneidade interna da classe, bem como a dinâmica de Área Urbana para outra classe, pela improbabilidade de ocorrência.

Tabela 1. Qualificação da mudança do uso e cobertura da terra de 2004 para 2014.

Classes de uso e cobertura da terra		2014							LEGENDA
		(F)	(VS)	(P)	(A)	(AU)	(O)	(AN)	
2004	Floresta (F)							X	Mudança muito negativa
	Vegetação Secundária (VS)	-						X	Mudança negativa
	Pastagem (P)	-						X	Sem mudança
	Agricultura (A)	-						X	Mudança positiva
	Área urbana (AU)	-	-	-	-			X	X Mudança não qualificada
	Outros (O)	-	X	X	X	X		X	- Mudança inexistente
	Área não observada (AN)	-	X	X	X	X	X	X	

Uma vez qualificadas as possíveis transições entre uso e cobertura da terra, a matriz resultante foi transferida para um SIG e, a partir das informações obtidas em cada hexágono para cada ano, foi possível identificar a localização espacial, o tipo e a intensidade das mudanças ocorridas. Essas mudanças foram, ainda, sobrepostas às camadas de Unidades de Conservação e Terras Indígenas a fim de subsidiar a discussão sobre a dinâmica.

### 3. Resultados e Discussão

A Figura 2 apresenta a distribuição do uso e cobertura da terra dentro das unidades de análise de 100ha para os anos de 2004 e 2014, bem como a área de cada tipo de uso e sua distribuição percentual.

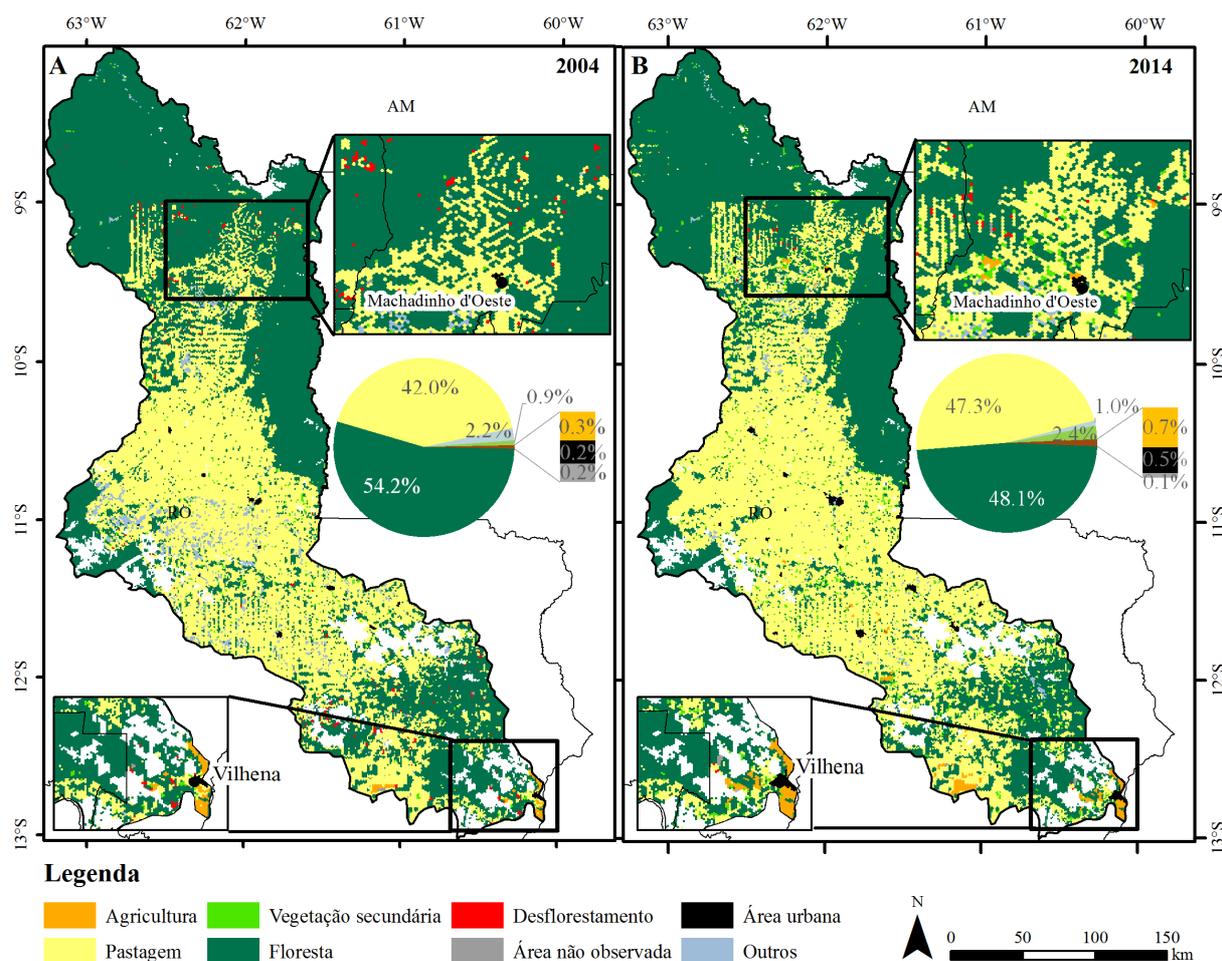


Figura 2. Mapas de uso e cobertura da terra de 2004 (esquerda) e 2014 (direita) da área de estudo e suas distribuições percentuais.

Pode-se notar a dominância da classe Floresta na paisagem em 2004 (54,2%), com 12% a mais de área frente à Pastagem (42%), enquanto que em 2014, a diferença entre as classes foi menos de 1%. Essa constatação é corroborada pela tabulação cruzada (Tabela 2), onde é possível identificar que 10,2% da Floresta existente em 2004 (3.924km<sup>2</sup>) foram substituídos por Pastagens, seguindo a tendência que vem acontecendo em grande parte da Amazônia (Ballester et al. 2003). Ainda, foi possível observar a “espinha-de-peixe”, padrão espacial de desflorestamento associado ao processo de colonização da região, à pequenas propriedades (Alencar et al. 2004) e à proximidade a vias de acesso, considerados como alguns dos principais vetores condicionantes do desflorestamento na Amazônia (Alves et al. 1999, Ballester et al. 2003) (Figura 1 e Figura 2).

Tabela 2. Quantificação da mudança de uso e cobertura da terra de 2004 para 2014.

Classes de uso e cobertura da terra	Área (km <sup>2</sup> ) em 2014							Total	LEGENDA
	(F)	(VS)	(P)	(A)	(AU)	(O)	(AN)		
Área (km <sup>2</sup> ) em 2004									
Floresta (F)	34086	434	3924	48	5	128	22	38647	Mudança muito negativa
Vegetação Secundária (VS)	-	371	223	3	5	3	1	606	Mudança negativa
Pastagem (P)	-	863	28256	258	153	378	39	29947	Sem mudança
Agricultura (A)	-	-	-	181	2	2	-	185	Mudança positiva
Área urbana (AU)	-	-	-	-	149	-	-	149	Mudança não qualificada
Outros (O)	-	40	1347	1	15	185	-	1588	- Mudança inexistente
Área não observada (AN)	-	10	89	14	-	-	3	116	
Total	34086	1718	33839	505	329	696	65	71238	

Outro importante resultado foi a dinâmica da Vegetação Secundária, que manteve 61,2% (371km<sup>2</sup>) de sua área estável, perdeu 36,8% (223km<sup>2</sup>) para áreas de Pastagens (mudança negativa) e, ao mesmo tempo, aumentou sua área de cobertura em 183%, principalmente devido à regeneração em áreas de Pastagem (863km<sup>2</sup>) (Tabela 2 e Figura 3). Diversos pesquisadores vêm estudando essa dinâmica e concluíram que, em alguns casos, ela pode ser produto de confusão nos mapeamentos, dada a alta similaridade espectral entre as classes pasto sujo e vegetação secundária. As áreas podem, ainda, se tratar de pastagens abandonadas e que, após alguns anos, são queimadas e abertas novamente (Rignot et al. 1997, Salas et al. 2002). Ao mesmo tempo, pode-se notar que dos 1.718km<sup>2</sup> de Vegetação Secundária existentes em 2014, 434km<sup>2</sup> são resultantes de áreas de Floresta em 2004 (Tabela 2), o que indica o desflorestamento de áreas e seu abandono no período de dez anos.

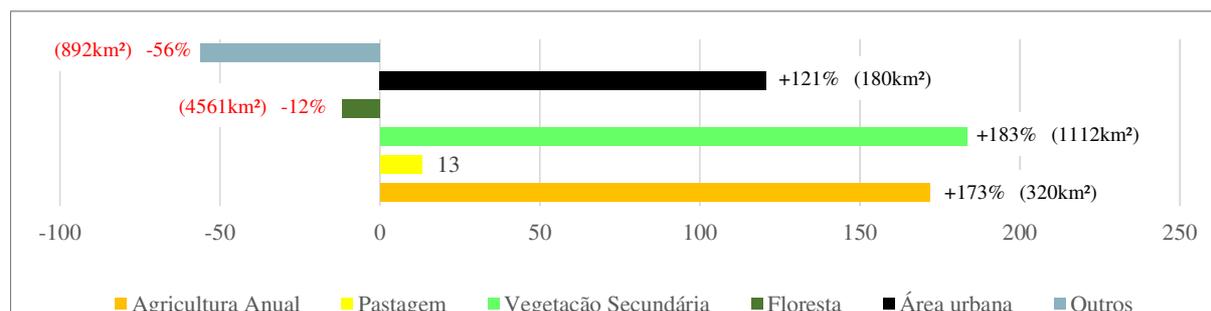


Figura 3. Percentual de mudança de área por classe de uso e cobertura da terra entre 2004 e 2014.

A Agricultura, apesar de não apresentar uma área expressiva no contexto geral da bacia em 2004 (185km<sup>2</sup>), apresentou um aumento significativo (173%), alcançando uma extensão de 505km<sup>2</sup> (Tabela 2), concentrando-se no município de Vilhena, ao sul da bacia (Figura 2).

A classe Outros apresentou uma dinâmica um pouco confusa, mantendo apenas 11,6% (185km<sup>2</sup>) de sua área original, 1347km<sup>2</sup> substituídos por Pastagem, e um decréscimo geral de 56%. Entretanto, uma parte significativa da dinâmica dessa classe temática pode ter sua origem em erros no mapeamento, em função do caráter subjetivo relacionado ao conceito desta classe.

Ao analisar o sentido da mudança na Figura 4, pode-se notar a predominância de mudanças contrárias à conservação da biodiversidade em diversas regiões da bacia (10%), mas com uma maior concentração e intensidade (vermelho escuro) na região de Machadinho d'Oeste, município que ocupou o 15º lugar na lista de municípios brasileiros que mais desmataram em 2007 (MMA, 2008).

Pode-se perceber, também, uma concentração de mudanças negativas de menor intensidade (laranja) no centro-sul da bacia, onde áreas de Vegetação Secundária foram suprimidas. Mais ao sul, na região de Vilhena, ocorreram mudanças não tão expressivas em termos de área, mas sim em termos de desenvolvimento econômico da região. Nessa porção do estado de Rondônia está ocorrendo a expansão da agricultura (Figura 2) e, quando são

analisados os anos de 2004 e 2014, fica evidente que ela se deu predominantemente sobre áreas de Pastagens: dos 505km<sup>2</sup> de Agricultura existente em 2014, 51% (258km<sup>2</sup>) foram advindos de Pastagens e apenas 9% (48km<sup>2</sup>) de áreas de Florestas (Figura 2 e Tabela 2).

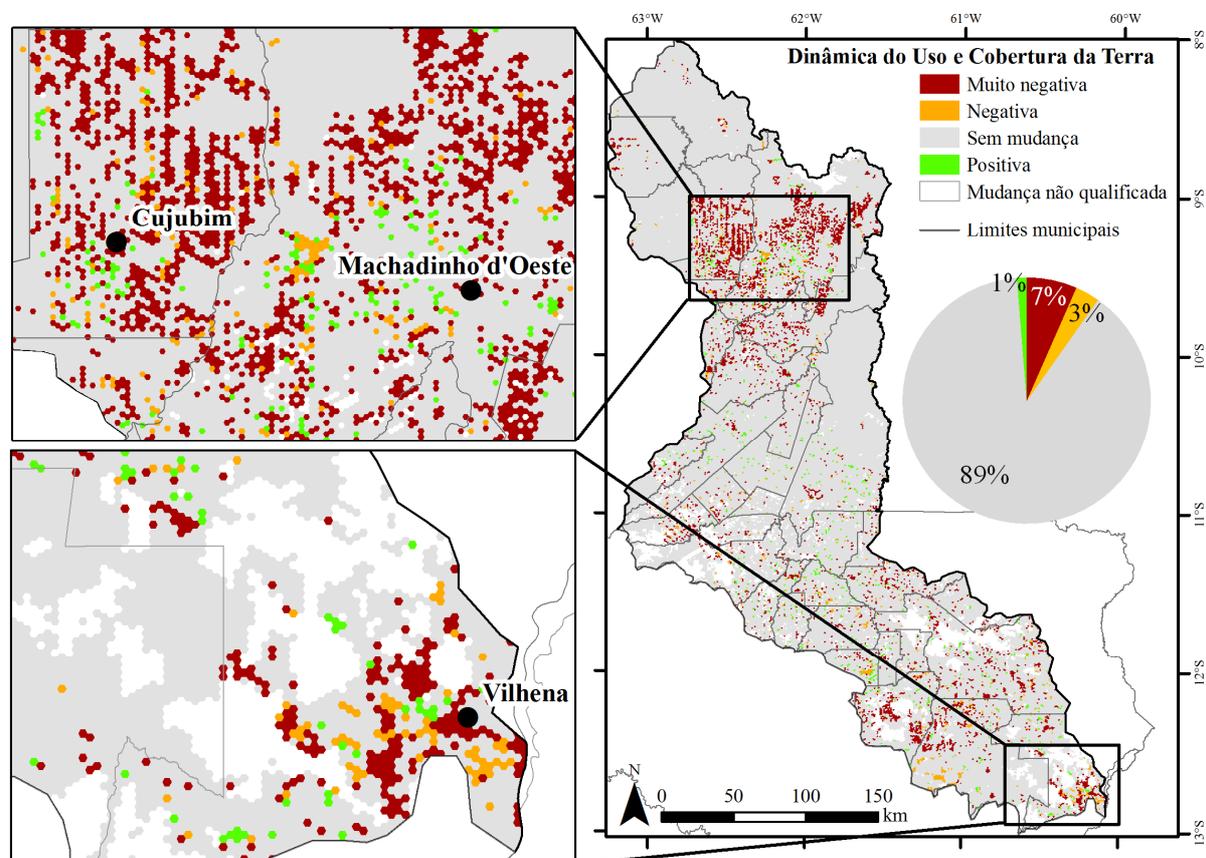


Figura 4. Mapa da dinâmica valorada na área estudada, resultante da sobreposição dos mapeamentos de 2004 e 2014.

Do centro para o sul da bacia do rio Machado, a dinâmica de mudança do uso e cobertura da terra entre os anos estudados ocorreu com uma magnitude mais baixa e mais pulverizada. No entanto, a área concentra os municípios com a maior taxa de desflorestamento do estado, alguns com mais de 80%, conforme ilustrado pela Figura 1E, e isso pode ser confirmado quando são visualizados os poucos fragmentos de floresta isolados em meio a áreas de pastagem (Figura 2).

A Figura 5A indica que as maiores concentrações de florestas consolidadas estão localizadas em áreas onde existe algum tipo de proteção legal, o que acaba de alguma forma dificultando o avanço do desflorestamento. Ao Norte e Centro-Leste, um mosaico de unidades de conservação (UC) de Proteção Integral e de Uso Sustentável e Terras Indígenas ilustra muito bem essa afirmação. Mais ao Sul da bacia é possível notar a importância da terra indígena no município de Chupinguaia e à Oeste destacam-se uma UC de Proteção Integral e uma Terra Indígena.

É interessante notar alguns fragmentos de floresta em meio à uma área com mudanças negativas pulverizadas e com usos consolidados na região de Machadinho d'Oeste, centro-norte da bacia. Ao sobrepor as unidades de conservação ao mapa do uso e cobertura da terra de 2014 e da dinâmica (Figuras 5A e 5B), verifica-se o papel das mesmas na manutenção de fragmentos florestais, conferindo uma heterogeneidade de usos que, neste caso, é favorável à conservação.

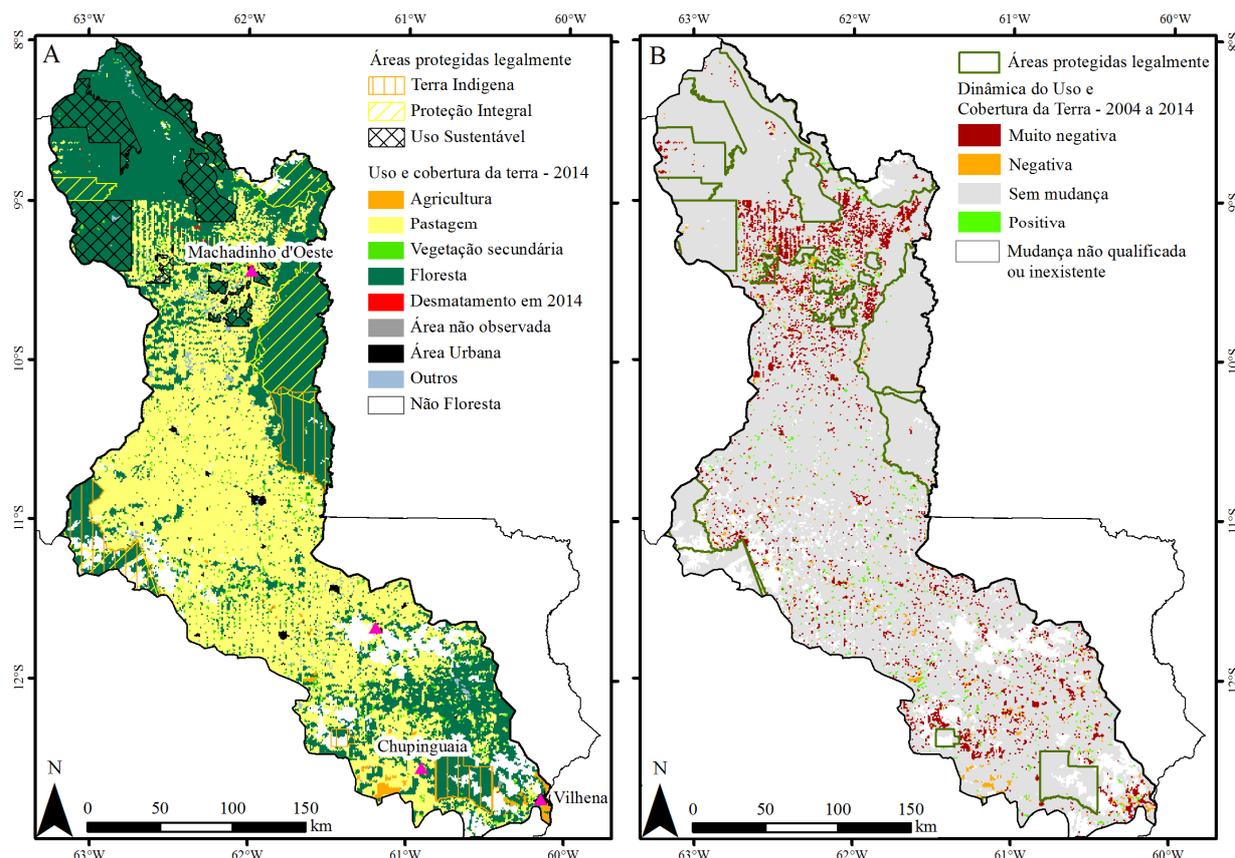


Figura 5. Localização das áreas protegidas legalmente sobrepostas ao mapa de uso e cobertura da terra de 2014 (A) e à espacialização da dinâmica (B) na bacia do Rio Machado.

#### 4. Conclusões

A partir dos produtos do projeto TerraClass Amazônia foi possível espacializar, quantificar e indicar a direção e intensidade das mudanças do uso e cobertura da terra na bacia do rio Machado, em Rondônia, considerando o intervalo entre 2004 e 2014. Ao sobrepor as unidades de conservação e terras indígenas às mudanças, foram encontrados indicadores de sua eficácia na contenção do avanço do desflorestamento da região. É importante destacar que este foi um estudo preliminar sobre as mudanças de uso e o papel de alguns tipos de proteção legal na conservação. Estudos mais detalhados devem ser realizados para enriquecer esse debate e subsidiar a tomada de decisão e o planejamento da bacia hidrográfica.

#### 5. Referências bibliográficas

- Alencar, A.; Nespstad, D.; McGrath, D.G.; Moutinho, P.; Pacheco, P.; Dias, M.C.; Soares-Filho, B. **Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica**. Manaus: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM), 2004. 89 p.
- Almeida, C.A.; Coutinho, A.C.; Esquerdo, J.C.D.M.; Adami, M.; Venturieri, A.; DINIZ, C.G.; DESSAY, N.; Durieux, L.; Gomes, A. R. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. *Acta Amazonica*, v. 46, n. 3, p. 291-302, 2016.
- Alvares-Alfonso, R. M. **Estudio y valoración del paisaje: territorio de Valderejo Santander**. Cantabria: Universidad de Cantabria, 1990.
- Alves, D.; Pereira, J. L. G.; De Sousa, C. L.; Soares, J. V.; Yamaguchi, F. Characterizing landscape changes in central Rondônia using Landsat TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, v. 20, n. 14, p. 2877-2882, 1999.
- Alves, D.S. Space-time dynamics of deforestation in Brazilian Amazônia. *International Journal of Remote Sensing*, v. 23, n. 14, p. 2903-2908, 2002.

- Ballester, M.V.R.; Victoria, D. DE C.; Coburn, R.; Victoria, R.L.; Richey, J.E.; Logsdon, M.G.; Mayorga, E.; Matricardi, E. A Remote Sensing/GIS-based physical template to understand the biogeochemistry of the Ji-Paraná River Basin (Western Amazônia). **Remote Sensing of the Environment**, v. 87, n. 4, p. 429-445, 2003.
- Bertolo, L. S.; Santos, R. F.; Agar, P. M.; de Pablo, C. T. Land-use changes assessed by overlay or mosaic methods: Which method is best for management planning? **Ecological Indicators**, v. 55, p. 32-43, 2015.
- Fearnside, P.M. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, rates and consequences. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 680-688, 2005.
- Fearnside, P. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 3, p. 395-400, 2006.
- Ferraz, S.F. B.; Vettorazzi, C.A.; Theobald, D.M.; Ballester, M.V.R. Landscape dynamics of Amazonian deforestation between 1984 and 2002 in central Rondônia, Brazil: assessment and future scenarios. **Forest Ecology and Management**, v. 204, p. 69-85, 2005.
- Gash, J.H.C.; Nobre, C.A.; Robert, J.M.; Victoria, R.L. **Amazonian deforestation and climate**. Wiley, Chichester, 1996, 595p.
- IBGE. Censo demográfico - Características da população e dos domicílios: resultados por município, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/>>. Acesso em: 03.out.2016.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Projeto PRODES: Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite. São José dos Campos: INPE, 2016. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>. Acesso em: 15.set.2016.
- Krusche, A. V.; Ballester, M.R.V.; Victoria, R.L.; Bernardes, M. C.; Leite, N.K.; Hanada, L.; Marcondes, R.; Victoria, D.C.; Toledo, M.A.; Ometto, J.P.H.B.; Moreira, M.Z.; Gomes, B.M.; Bolson, M.A.; Neto, S.G.; Bonelli, N.; Deegan, L.; Neill, C.; Thomas, S.; Aufdenkampe, A.; Richey, J.E. Efeitos das mudanças do uso da terra na biogeoquímica dos corpos d'água da bacia do rio Ji-Paraná, Rondônia. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 2, p. 197-205, 2005.
- Lambin, E. F.; Geist, H. J. **Land-Use and Land-Cover Change: local processes and global impacts**. Springer Science & Business Media, 2006.
- Matteucci, S. D.; Silva, M. Selección de métricas de configuración espacial para la regionalización de un territorio antropizado. **GeoFocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica**, v. 5, p. 180-202, 2005.
- Markewitz, E; Davidson, E.A.; Figueiredo, A.R. de O.; Victoria, R. L.; Krusche, A.V. Control of cation concentrations in stream waters by surface soil processes in an Amazonian watershed. **Nature**, v. 410, p. 802-805, 2001.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. MMA divulga lista dos municípios que mais desmataram em 2007. 2008. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/informma/item/4590-mmadvulga-lista-dos-municipios-que-mais-desmataram-em-2007>>. Acesso em 04.out./2016.
- MMA. **Plano de Ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm): 3ª fase (2012-2015) pelo uso sustentável e conservação da Floresta**. Ministério do Meio Ambiente e Grupo Permanente de Trabalho Interministerial. Brasília: MMA, 2013. 174 p.
- Rempel, R.S.; Kaukinen, D.; Carr, A.P. **Patch Analyst and Patch Grid**. Ontario, Ontario Ministry of Natural Resources, Centre for Northern Forest Ecosystem Research, 2012.
- Ribeiro, M. B. **As relações entre agropecuária e o desmatamento no estado de Rondônia**. 2008. 111 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente), Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, Rondônia, 2008.
- Rignot, E.; Salas, W.A.; Skole, D.L. Mapping deforestation and secondary growth in Rondônia, Brazil, using imaging radar and thematic mapper data. **Remote Sensing of the Environment**, v. 59, p. 167-179, 1997.
- Salas, W.A.; Ducey, M.J.; Rignot, E.; Skole, D. Assessment of JERS-1 SAR for monitoring secondary vegetation in Amazonia: I. Spatial and temporal variability in backscatter across a chrono-sequence of secondary vegetation stands in Rondônia. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 7, p. 1357-1379, 2002.
- Soares-Filho, B.; Alencar, A.; Nepstad, D.; Cerqueira., G.; Dias, M.C.V.; Rivero, S.; Solórzano, L.; Voll, E. Simulating the response of land-cover changes to road paving and governance along a major Amazon highway: the Santarém-Cuiabá corridor. **Global Change Biology**, v. 10, p. 745-764, 2004.
- Terra, T.N.; Santos, R.F. Measuring cumulative effects in a fragmented landscape. **Ecological Modelling**, v. 228, p. 89-95, 2012.