

# SISTEMAS PRODUTIVOS AGROPASTORIS (SPA) EM RONDÔNIA: UMA ANÁLISE DE PAISAGENS APLICADA AO MONITORAMENTO DE MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DA TERRA

Cláudio A. de Almeida<sup>1</sup>, Nadine Dessay<sup>2</sup>, Anne-Elisabeth Laques<sup>2</sup>, Raquel Carvalho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Av. dos Astronautas, 1.758 S. J. Campos-SP 12.227-010, [claudio.almeida@inpe.br](mailto:claudio.almeida@inpe.br), [raquel.carvalho@inpe.br](mailto:raquel.carvalho@inpe.br);

<sup>2</sup>Institute de Recherche pour le Developpement - IRD, 500 rue Jean-François Breton 34000 Montpellier-France, [nadine.dessay@ird.fr](mailto:nadine.dessay@ird.fr), [anne-elisabeth.laques@ird.fr](mailto:anne-elisabeth.laques@ird.fr)

## RESUMO

Utilizando dados de uso e cobertura da terra, desmatamento e localização de unidades de processamento de leite, uma árvore de decisão foi aplicada para identificar os Sistemas Produtivos Agropastoris (SPA) predominantes no estado de Rondônia, e analisar como mudanças nesses sistemas ao longo do tempo configuraram distintas paisagens na escala regional. A partir da aplicação desta metodologia, foi possível monitorar a evolução dos SPA, evidenciando um processo de intensificação do uso da terra, onde paisagens com predomínio de sistemas menos intensificados foram substituídas por sistemas mais intensificados, com destaque para a substituição de sistemas pecuários semi-intensivos pelos intensivos, e em menor escala, substituição de sistemas pecuários por sistemas com predomínio de agricultura mecanizada. A despeito deste processo de intensificação, os resultados mostraram, no entanto, redução nas paisagens dominadas por florestas e ampliação da fronteira do desmatamento, evidenciando que a intensificação não foi suficiente para barrar o desmatamento o qual coexistiu com o processo de intensificação.

**Palavras-chave** — Uso e Cobertura da Terra, Análise de Paisagem, Intensificação, TerraClass, Desmatamento.

## ABSTRACT

Based on data on land-use and land-cover, deforestation and location of milk processing units, a decision tree was applied to identify predominant Agricultural Production Systems (SPA) in Rondônia State, and to analyze how changes in these systems over time configured different landscapes at a regional scale. This methodology allowed monitoring the evolution of the SPA putting in evidence a process of intensification of land-use through which less intensified systems were replaced by more intensified ones, with emphasis on the replacement of semi-intensive livestock systems by intensive ones, and to a lesser extent, the replacement of cells with predominance of livestock systems by those in which mechanized agriculture prevailed. However, in spite of this intensification, a reduction in landscapes dominated by forests was detected as a result of

*the expansion of the deforestation frontier, showing that intensification was not enough to stop deforestation that coexisted with the intensification process.*

**Key words** — Land Use Land Cover, Landscape Analysis, Intensification, TerraClass, Deforestation.

## 1. INTRODUÇÃO

As mudanças globais que resultam das ações humanas sobre o ambiente englobam, na atualidade, as questões científicas mais relevantes para a sociedade moderna. Dentre os vários processos relacionados às mudanças globais, mudanças de uso e cobertura da terra surgem como particularmente importantes, seja pela emissão direta de gases de efeito estufa ou pelo aumento da refletância da superfície terrestre, e também por suas implicações sobre os ciclos biogeoquímicos e perda de biodiversidade [1]. Por outro lado, o crescimento da população e dos níveis de consumo demandam a produção cada vez maior de alimentos, fibras e energia os quais se relacionam diretamente com mudanças de uso e cobertura, tendo assim não apenas implicações diretas sobre as paisagens naturais mas também em termos de mudanças globais [2]–[4]. Diante deste quadro, a intensificação é vista como crucial para assegurar a sustentabilidade socioambiental dos processos produtivos, tornando o desenvolvimento e aprimoramento de ferramentas de mapeamento e monitoramento da produção, estratégias primordiais para a produção agropecuária [5, 6, 7].

Considerando que diferentes sistemas de produção têm impactos distintos sobre a paisagem [5], [8]–[10], o desenvolvimento de ferramentas de mapeamento e monitoramento da produção agropecuária possibilita, por exemplo, identificar regiões onde se faz necessária a adoção de políticas públicas voltadas para o incremento da produtividade, e também como ferramenta de avaliação dos impactos destas políticas sobre as paisagens naturais. [11]. Desta forma, ferramentas capazes de captar eventuais mudanças na paisagem são poderosos instrumentos de monitoramento dos sistemas produtivos.

Neste trabalho, considerando-se o conceito polissêmico de paisagem no qual mudanças resultam da interação dinâmica e constante entre o homem e o ambiente, [11],[14], a metodologia desenvolvida por Almeida [13] foi

utilizada para investigar como mudanças nos **Sistemas Produtivos Agropastoris (SPA)** predominantes no estado de Rondônia (RO), configuraram distintas paisagens ao longo do período entre 2004 e 2014. Utilizando dados de desmatamento, de uso e cobertura da terra e localização de unidades de processamento de leite, **SPA** foram identificados e monitorados ao longo de uma década. Além da delimitação espacial desses sistemas, esta investigação possibilitou acessar a sua evolução quantitativa, contribuindo para a discussão sobre a importância da análise de paisagens como ferramenta de monitoramento de mudanças e de eventuais impactos ambientais dos diferentes sistemas produtivos na escala regional

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Com o propósito de investigar as mudanças na paisagem, resultado das interações homem-ambiente no estado de Rondônia, foi construído um banco de dados espaciais contendo (i) uma grade de células de 10 x 10 km recobrendo todo estado de RO; (ii) número de polígonos de desflorestamento em cada célula [14]; (iii) percentual de uso e cobertura da terra para cada célula [15]; e (iv) distância média (em km) de cada célula analisada a unidades de processamento de leite [16]. Tendo como base esse banco de

dados foram empregadas na identificação dos **SPA** predominantes em cada célula entre 2004 e 2014.

Para a classificação dos **SPA** foi utilizada uma árvore de decisão (Figura 1) a qual permitiu a identificação de nove sistemas:

- (i) **Forest Domain (FD)** - Célula estritamente ocupada por florestas sem presença de produção agropecuária;
- (ii) **Initial Front (IF)** - Célula com presença de pequena produção agropecuária (<5% da área da célula);
- (iii) **Strict Agriculture (SA)** - Célula estritamente ocupada por agricultura mecanizada;
- (iv) **Dominant Agriculture (DA)** - Célula predominantemente ocupada por agricultura mecanizada;
- (v) **Coexistence Agriculture (CA)** - Célula com coexistência de agricultura mecanizada e atividade pecuária;
- (vi) **Semi-Intensive Beef (SIB)** - Célula com predomínio de atividade pecuária não intensificada, voltada para a produção de carne;
- (vii) **Semi-Intensive Beef+Milk (SIBM)** - Célula com predomínio de atividade pecuária não intensificada, voltada para a produção mista de carne e leite;
- (viii) **Intensive Beef (IB)** - Célula com predomínio de produção pecuária de corte intensificada;
- (ix) **Intensive Beef+Milk (IBM)** - Célula com predomínio de atividade pecuária intensificada, voltada para

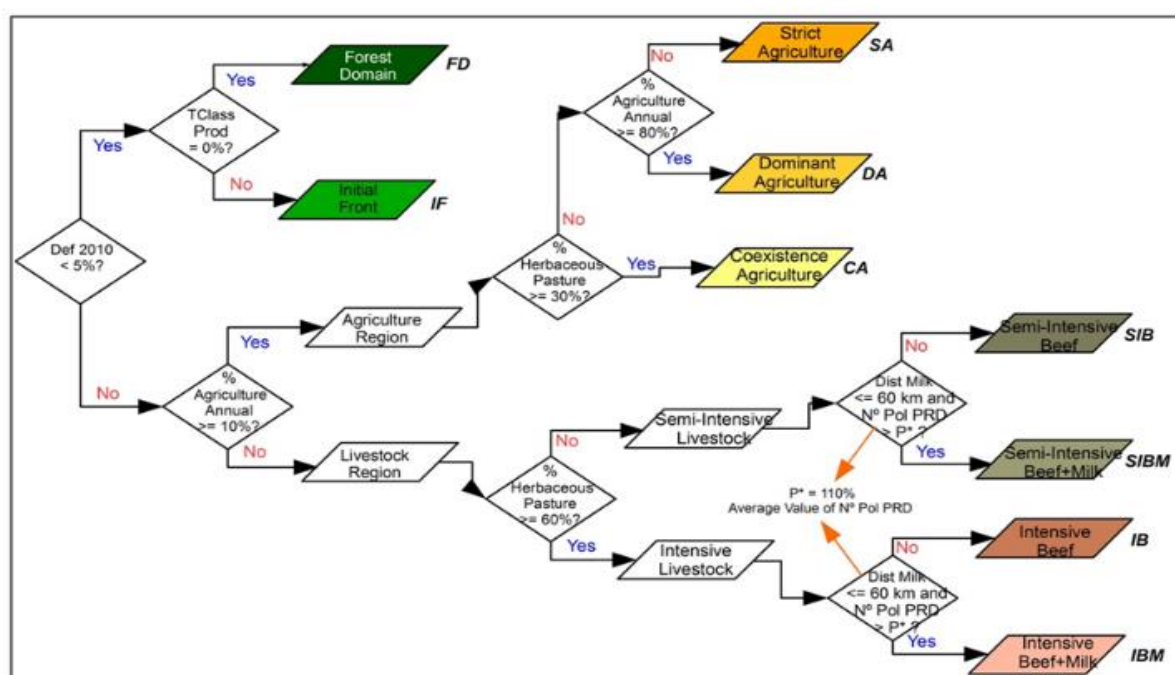


Figura 1. Árvore de decisão para identificação dos sistemas produtivos agropecuários em Rondônia a nível celular. Fonte: Almeida (2016)

dados foi possível extrair atributos de composição e configuração da paisagem os quais serviram como base para a construção de métricas para estudo da paisagem [17], as

a produção mista de carne e leite.

Utilizando-se desta árvore de decisão, os dados de 2004, 2010 e 2014 foram classificados, o que permitiu

identificar mudanças nos SPA e, a partir daí, compreender como se deu a evolução das paisagens no estado de RO ao longo deste período.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra a distribuição espacial dos sistemas de uso da terra identificados em Rondônia em 2004, 2010, e 2014.

ressalta a importância dessas áreas como estratégia não só de proteção da biodiversidade e dos recursos naturais mas também de ordenamento territorial. Entretanto, cabe ressaltar que mesmo nestas regiões, a ocorrência significativa de desmatamentos já é perceptível, demonstrando a pressão da expansão da fronteira agrícola sobre estas paisagens.

Em se tratando das paisagens dominadas por pecuária

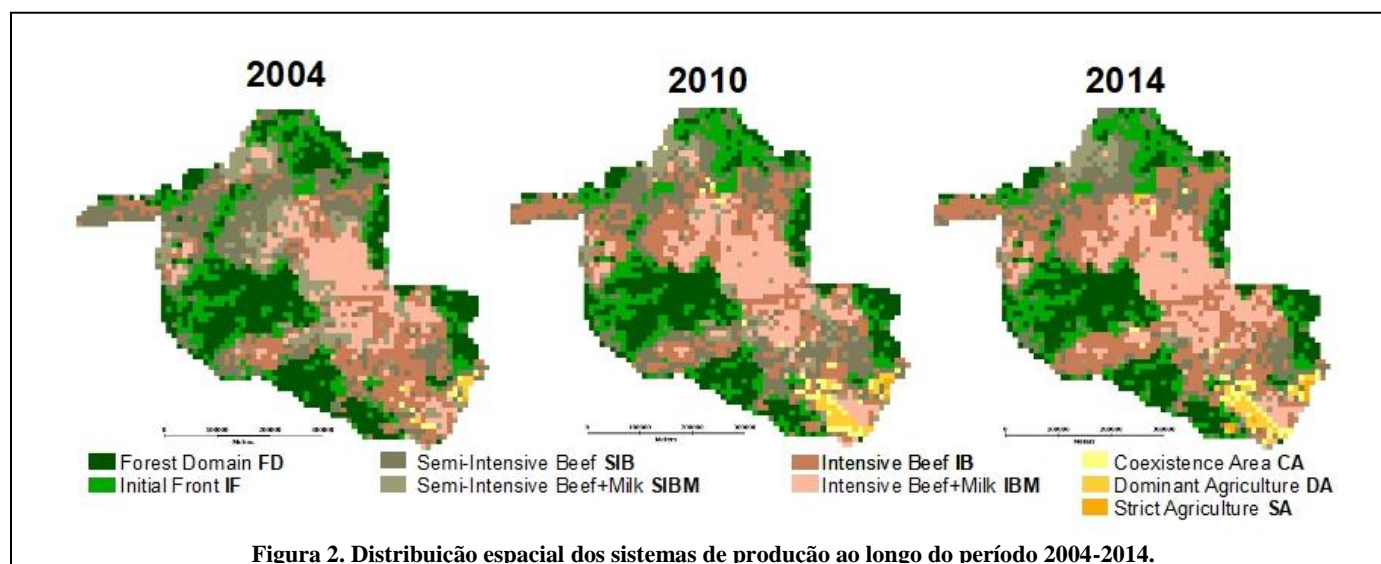


Figura 2. Distribuição espacial dos sistemas de produção ao longo do período 2004-2014.

Considerando os SPA, é possível distinguir entre paisagens com predomínio de florestas nativas (FD+IF), paisagens dominadas pela pecuária (SIB+SIBM+IB+IBM) e paisagens dominadas pela agricultura mecanizada (SA+DA+CA). Paisagens dominadas por florestas se restringiram às bordas do estado de Rondônia, sendo necessário destacar que, no período estudado, houve redução no número total de células classificadas como FD e um aumento daquelas classificadas como IF, indicando avanço da fronteira de desmatamento nestas paisagens. De outra forma, enquanto as paisagens dominadas por pecuária se distribuíram amplamente na região central do estado, paisagens com domínio de agricultura se concentraram no sudeste de Rondônia.

A Figura 3 mostra graficamente a evolução da predominância em número de células ligadas aos SPA, para os três anos analisados. A análise desta evolução demonstra que distintas paisagens foram configuradas em função da rede de infraestrutura e existência de áreas protegidas, mostrando também que nas paisagens com domínio de pecuária houve expansão dos sistemas intensivos em detrimento dos semi-intensivos. No que diz respeito às paisagens dominadas por agricultura, observa-se que a expansão desses sistemas se deu particularmente no primeiro período estudado.

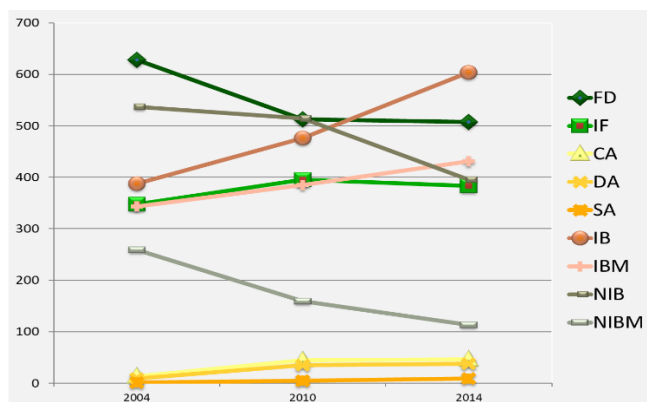
As paisagens dominadas por florestas, se concentraram em regiões periféricas, ou seja, naquelas mais distantes da rede de infraestrutura, as quais também coincidem com uma maior concentração de áreas protegidas Federais e Estaduais, um padrão já descrito na literatura [18] o qual

na porção central de RO, tal consolidação se deu pela expansão dos sistemas intensivos os quais predominaram próximos às principais rodovias, enquanto os sistemas semi-intensivos que também compõem essa paisagem, se distribuíram próximos às regiões de domínio florestal. Embora tenha havido uma predominância de sistemas intensivos na consolidação dessas paisagens, os resultados reforçam o papel histórico da pecuária como vetor de desmatamento na região amazônica [19], [20].

Em se tratando da paisagem dominada por agricultura na região sul do estado, percebe-se uma tendência de expansão para região central, nas imediações da BR-364, indicando um avanço da produção de grãos sobre a pecuária [21], o que pode ser explicado pela proximidade desta região com frentes de expansão de agricultura mecanizada a partir do norte do MT, na divisa com RO.

### 4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste artigo reforçam o potencial de aplicação da análise de paisagens nas investigações sobre mudanças de uso e cobertura da terra permitindo, desta forma, monitorar de maneira detalhada e sistemática tais mudanças o quê, conforme anteriormente enfatizado, têm profundas implicações em se tratando das mudanças globais. Mais ainda, a aplicação de tais ferramentas se mostra particularmente importante no que diz respeito ao planejamento e proposição de políticas públicas com foco na sustentabilidade socioambiental dos processos produtivos.



**Figura 3. Evolução dos quantitativos dos SPA ao longo do período 2004-2014.**

A aplicação da metodologia proposta [13] evidenciou ainda um processo de expansão dos sistemas de produção mais intensivos sobre os menos intensivos, verificado principalmente pela evolução quantitativa destes diferentes sistemas, e da expansão da agricultura sobre regiões de pecuária. No entanto, um ponto importante a ser considerado diz respeito ao fato de que tal processo de intensificação não foi capaz de frear a expansão do desmatamento.

## 5. REFERÊNCIAS

- [1] IPCC, "Climate change 2013, the physical science basis," 2013.
- [2] H. C. J. Godfray *et al.*, "Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People," *Science* (80-. ), vol. 327, no. 5967, p. 812 LP-818, Feb. 2010.
- [3] J. Sayer and K. G. Cassman, "Agricultural innovation to protect the environment," *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol. 110, no. 21, pp. 8345–8348, May 2013.
- [4] W. F. Laurance, J. Sayer, and K. G. Cassman, "Agricultural expansion and its impacts on tropical nature," *Trends Ecol. Evol.*, vol. 29, no. 2, pp. 107–116, 2014.
- [5] T. Kuemmerle *et al.*, "Challenges and opportunities in mapping land use intensity globally," *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, vol. 5, no. 5, pp. 484–493, 2013.
- [6] K.-H. Erb *et al.*, "A conceptual framework for analysing and measuring land-use intensity," *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, vol. 5, no. 5, pp. 464–470, 2013.
- [7] United Nations, "Adoção do acordo Paris," Paris, 2015.
- [8] G. Bertrand and J. Tricart, "Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique," *Rev. Geogr. Pyren. Sud. Ouest.*, vol. 39, no. 3, pp. 249–272, 1968.
- [9] Z. Naveh, "From Biodiversity to Ecodiversity: A Landscape-Ecology Approach to Conservation and Restoration," *Restor. Ecol.*, vol. 2, no. 3, pp. 180–189, 1994.
- [10] M. Benoît *et al.*, "Landscape agronomy: a new field for addressing agricultural landscape dynamics," *Landsc. Ecol.*, vol. 27, no. 10, pp. 1385–1394, 2012.
- [11] E. F. Lambin *et al.*, "Effectiveness and synergies of policy instruments for land use governance in tropical regions," *Glob. Environ. Chang.*, vol. 28, pp. 129–140, Sep. 2014.
- [12] M. Antrop, "Why landscapes of the past are important for the future," *Landsc. Urban Plan.*, vol. 70, no. 1–2, pp. 21–34, Jan. 2005.
- [13] C. A. de Almeida, "Paysage des systèmes de production agropastorales de l'État du Rondônia -Amazonie brésilienne," Université de Montpellier, 2016.
- [14] INPE, "Projeto PRODES - Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite," 2015. [Online]. Available: <http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>. [Accessed: 12-Aug-2015].
- [15] C. A. de Almeida *et al.*, "High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data," *Acta Amaz.*, vol. 46, no. 3, pp. 291–302, Sep. 2016.
- [16] M. da A. P. e A. MAPA, "Relação de Estabelecimentos Relação de Estabelecimentos," *Relação de Matadouros*, 2015. [Online]. Available: [http://sigsif.agricultura.gov.br/sigsif\\_cons/!ap\\_estab\\_elec\\_nacional\\_rep](http://sigsif.agricultura.gov.br/sigsif_cons/!ap_estab_elec_nacional_rep). [Accessed: 25-Aug-2015].
- [17] C. Cruz, H. Madureira, and J. Marques, "Análise espacial e estudo da fragmentação da Paisagem da Aboboreira," *Rev. Geogr. e Ordenam. do Territ.*, no. 4, pp. 57–82, 2013.
- [18] A. P. D. Aguiar, G. Câmara, and M. I. S. Escada, "Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazonia: Exploring intra-regional heterogeneity," *Ecol. Modell.*, vol. 209, no. 2–4, pp. 169–188, Dec. 2007.
- [19] B. Mertens, R. Pocard-Chapuis, M.-G. Picketty, A.-E. Lacques, and A. Venturieri, "Crossing spatial analyses and livestock economics to understand deforestation processes in the Brazilian Amazon: the case of São Félix do Xingú in South Pará," *Agric. Econ.*, vol. 27, no. 3, pp. 269–294, Nov. 2002.
- [20] M. S. Bowman, B. S. Soares-Filho, F. D. Merry, D. C. Nepstad, H. Rodrigues, and O. T. Almeida, "Persistence of cattle ranching in the Brazilian Amazon: A spatial analysis of the rationale for beef production," *Land use policy*, vol. 29, no. 3, pp. 558–568, Jul. 2012.
- [21] H. K. Gibbs *et al.*, "Brazil's Soy Moratorium," *Science* (80-. ), vol. 347, no. 6220, pp. 377–378, Jan. 2015.