

Dimensões humanas do uso e cobertura das terras na Amazônia: uma contribuição do LBA.

Mateus BATISTELLA¹; Emilio F. MORAN²

RESUMO

O entendimento das mudanças em paisagens amazônicas depende de documentação das alterações na cobertura da terra. Este artigo parte de resultados do Experimento de Larga Escala de Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) relativos ao tema para focalizar um estudo transversal que analisa as dimensões sociais e biofísicas dessas transformações. As áreas de estudo representam um gradiente de fertilidade de solos e inclui distintos mosaicos de paisagens, desde o estuário Amazônico e a Região Bragantina até o nordeste de Rondônia. Áreas de assentamento rural são enfatizadas, devido a sua relevância social e a seus impactos sobre a cobertura das terras em escala local e regional. Para exemplificar o potencial destes estudos, apresentamos resultados comparativos para Machadinho d'Oeste e Vale do Anari, RO. A análise multitemporal utilizou imagens do satélite Landsat e levantamentos de campo. Proprietários, seringueiros, madeireiros e outros atores locais foram entrevistados sobre seus sistemas de produção e a história de uso das terras. O cálculo de métricas espaciais embasou nossas conclusões. Os resultados indicam que o desenho do assentamento e aspectos institucionais têm um papel importante no processo de alteração da paisagem. A combinação de lotes privados com reservas comuns, manejadas por populações locais, pode produzir efeitos positivos na manutenção de maiores manchas de floresta. A metodologia utilizada oferece potenciais de integração, análise e monitoramento do uso e cobertura das terras na Amazônia, visando fornecer subsídios a políticas que valorizem as dimensões sociais e ambientais do desenvolvimento da região.

PALAVRAS-CHAVE

Amazônia, Rondônia, uso e cobertura das terras, dimensões humanas, LBA

Human Dimensions of Land Use and Land Cover in the Amazon: a Contribution from LBA

ABSTRACT

An understanding of changes in Amazonian landscapes depends on documentation about alterations in land cover. This article highlights the efforts of the Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia (LBA) related to the topic. In particular, a longitudinal study has analyzed the social and biophysical dimensions of land use/land cover, using a multi-scalar georeferenced approach. The study areas represent a gradient of soil fertility in Amazonia and include distinct landscape mosaics, from the Amazon estuary and the Bragantina region to northeastern Rondônia. Within the project, we emphasize studies in areas of rural settlement due to their social relevance and their impacts on land cover in local and regional scales. To illustrate the potential of such studies, we present comparative results for Machadinho d'Oeste and Vale do Anari, State of Rondônia. The multitemporal analysis included Landsat images and fieldwork. Land owners, loggers, rubber tappers, and other local actors were interviewed about their production systems and land-use history. The calculation of spatial metrics supported our conclusions. The results indicate that settlement design and institutional aspects play a central role in the process of landscape change. The combination of private lots with communal forest reserves, managed by local populations, produces positive outcomes in maintaining larger patches of forest. The methods used contribute to the analysis, integration, and monitoring of land use and land cover in Amazonia, subsidizing policies that incorporate the social and environmental dimensions of regional development.

KEYWORDS

Amazonia, Rondônia, land use, land cover, human dimensions, LBA

¹ Embrapa Monitoramento por Satélite, Av. Dr. Júlio Soares de Arruda, 803, Campinas, SP, CEP 13.088-300, BRASIL, E-mail: mb@cnpm.embrapa.br

² Anthropological Center for Training and Research on Global Environmental Change, Indiana University – ACT, Student Bldg. 331, Bloomington, IN 47405, EUA, E-mail: moran@indiana.edu

O LBA E AS TRAJETÓRIAS DE USO E COBERTURA DAS TERRAS NA AMAZÔNIA

O entendimento das mudanças na paisagem amazônica depende de documentação das alterações passadas e atuais na cobertura da terra. O Experimento de Larga Escala de Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) financia projetos que contribuem para esse entendimento. Vários destes projetos tratam o uso e cobertura das terras como um tópico secundário ao seu foco nas ciências atmosféricas, hidrologia, dinâmica de nutrientes ou do carbono. Alguns projetos específicos investem no desenvolvimento da habilidade em prever a localização e a magnitude das futuras transformações na região amazônica, procurando responder às seguintes perguntas:

- Que características definem os diferentes usos das terras existentes na Amazônia?
 - Como são as mudanças de uso das terras em escalas locais e regionais?
 - Como a terra pode ser usada para promover uma renda domiciliar sustentável e a conservação da rica biodiversidade regional?
- Para responder essas questões, os grupos de pesquisa em uso e cobertura das terras do LBA estudam:
- Taxas, localização e padrões espaciais de conversão de florestas para uso agropecuário;
 - Taxas de sucessão secundária;
 - Parâmetros que controlam o uso das terras, através de estudos de caso, dados censitários, dados de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas (SIG);
 - Frequência e susceptibilidade ao fogo utilizando sensores orbitais e sub-orbitais com bandas no infra-vermelho termal e campanhas de campo;
 - Extensão de inundações utilizando sensores orbitais e sub-orbitais com bandas nas faixas do visível, infra-vermelho e microondas;
 - Vetores de mudanças de uso e futuras coberturas das terras utilizando modelos em várias escalas.

Um estudo transversal da Bacia Amazônica analisa as dimensões sociais e biofísicas do uso e cobertura das terras em sete localidades: Ilha de Marajó, Zona Bragantina, Tomé-Açu, Altamira, Santarém, Manaus e nordeste de Rondônia. O grupo de pesquisa, liderado por Emilio Moran (Indiana University, EUA), Mateus Batistella (Embrapa Monitoramento por Satélite), Eduardo Brondizio (Indiana University, EUA), Dalton Valeriano e José Simeão de Medeiros (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE), Paul Mausel e Ryan Jensen (Indiana State University, EUA) e Lars Hedin (Princeton University, EUA), tem contribuído com os seguintes conhecimentos:

- Diferenças na qualidade dos solos explicam grande parte da variância das taxas de sucessão secundária, escolha da cultura e permanência dos colonos na propriedade rural (Moran *et al.*, 2000);
- As diferenças na qualidade dos solos se mostram ainda mais determinantes quando são feitas comparações entre regiões (Tucker *et al.*, 1998);

- O uso ou manejo da terra explicam melhor as diferenças nas taxas de sucessão secundária quando se comparam localidades dentro de uma certa região (Moran & Brondizio, 1998);

- Estágios de sucessão secundária são associados a padrões espaciais e espectrais que podem ser capturados através do processamento de imagens de sensoriamento remoto e utilizados para estimar a distribuição espacial da biomassa com alta precisão. São realizadas intensivas campanhas de campo para aumentar a acurácia das classificações e estimativas (Moran *et al.*, 1994; Lu *et al.*, 2002; Lu *et al.*, 2003a);

- Análises de mistura espectral e classificadores espaciais-espectrais têm capturado a heterogeneidade do mosaico de paisagens com maior acurácia (Lu *et al.*, 2004);

- Processos de sucessão secundária, mudanças na biomassa e transformações no uso e cobertura das terras variam conforme a escala. É fundamental adotar critérios multi-escalares na obtenção e análise de dados para examinar como certas variáveis são mais importantes em algumas escalas e menos importantes em outras (Batistella & Brondizio, 2004);

- A arquitetura dos assentamentos afeta a estrutura da paisagem e os processos de fragmentação da floresta. Assentamentos ortogonais (“espinha de peixe”) produzem maior fragmentação florestal, menor complexidade espacial e menor intercalação entre classes da paisagem que assentamentos com desenho baseado na topografia (Batistella *et al.*, 2003);

- Além das variáveis biofísicas, para entender o uso e cobertura das terras é preciso considerar o papel das variáveis sociais, tais como regimes de posse da terra, tempo e tipo de assentamento, ciclos de desenvolvimento dos domicílios, efeitos de cortes de colonos nos padrões de uso das terras, entre outros (McCracken *et al.*, 1999);

- Existe uma trajetória consistente para os ciclos de desmatamento por colonos na fronteira agropecuária amazônica (efeito de corte), no qual os domicílios têm um período inicial de altas taxas de desmatamento, seguido por um forte declínio do corte da floresta, até que a próxima geração assuma a propriedade, iniciando um novo (mas não tão intenso) aumento do desmatamento (Brondizio *et al.*, 2002);

- O efeito de *coorte* persiste apesar dos efeitos periódicos. Eventos como baixos créditos, hiperinflação e outros sinais de mercado afetam a magnitude do desmatamento, mas não sua trajetória (Evans *et al.*, 2001);

- A conservação de grandes áreas florestais é dependente de arranjos institucionais e fundiários relativos às necessidades da população de colonos e à demarcação de reservas com direito de uso restrito aos atores locais (Batistella, 2001).

UMA SÍNTESE MULTI-ESCALAR

Com o objetivo de ampliar e sintetizar nosso entendimento sobre as mudanças de uso e cobertura das terras amazônicas, os autores propuseram o estudo intitulado

“Dimensões físicas e humanas do uso e cobertura das terras na Amazônia: uma síntese multi-escalar”. Este projeto baseia-se em atividades científicas integradas e na colaboração com outros projetos do LBA-ECO, o programa de pesquisas que dá continuidade ao LBA. A estratégia metodológica utiliza uma abordagem georreferenciada multi-escalar que inclui coleta e análise de amostras de solo, avaliação da estrutura e composição da vegetação, históricos de uso das terras, análises institucionais, demografia de domicílios rurais e classificações multitemporais de imagens de satélites para entender trajetórias de mudanças no uso e cobertura das terras. A Figura 1 ilustra o esquema conceitual adotado para o projeto. As sete áreas de estudo representam um gradiente de fertilidade de solos na Amazônia e inclui distintos mosaicos de classes de uso e cobertura das terras do leste para oeste, desde o estuário Amazônico e a Região Bragantina até o nordeste de Rondônia. As pesquisas incluem:

- Desenvolvimento de uma síntese multi-escalar sobre a dinâmica de mudança no uso e cobertura das terras, integrando as sete áreas de estudo, para entender a importância de variáveis demográficas, econômicas, institucionais e biofísicas nas trajetórias observadas nos últimos 25 anos;

- Desenvolvimento de uma análise de diferentes plataformas e sensores (e.g., MODIS, ETM+ e IKONOS) para a discriminação de classes de cobertura das terras utilizando distintos procedimentos de classificação e modelagem (e.g., análises de mistura espectral, redes neurais e classificadores espaciais-espectrais);

- Desenvolvimento de um estudo integrado de uso das terras, cobertura das terras e interações terra-água em bacias hidrográficas, incluindo pelo menos duas de nossas áreas de estudo com maior robustez de dados (i.e., a região de Santarém-Altamira), com foco em questões fundamentais relacionadas aos controles em interações nutrientes-carbono e à sustentabilidade de florestas na Bacia Amazônica;

- Desenvolvimento de uma estratégia de colaboração para contribuir com esforços de modelagem e síntese através de parcerias com outros projetos do LBA-ECO, treinamentos e disseminação de um sistema de informações para o benefício do programa LBA.

Em particular, nosso projeto enfatiza estudos em áreas de assentamento rural devido ao impacto que causam sobre a cobertura das terras em escala local e regional. Poucas iniciativas políticas têm a relevância social, econômica e ambiental dos projetos de colonização rural na Amazônia. Na história destes assentamentos estão escritos o sucesso

ou fracasso de milhares de famílias, questões de desenvolvimento rural e produção de alimentos, criação de infra-estrutura e a dinâmica de desmatamento e ocupação. Inúmeros fatores afetam o processo, tais como o potencial produtivo dos solos, a demanda pela terra, os conflitos fundiários, as políticas públicas, o regime de mercados internos e externos. Apesar da importância da questão, ainda são raros os exemplos de planejamento e acompanhamento de assentamentos na Amazônia que aproveitem o potencial de técnicas da geoinformação para entender e integrar analiticamente as trajetórias destas paisagens em transformação (Batistella & Brondizio, 2004).

Partindo de pesquisas realizadas na Universidade de Indiana em colaboração com a Embrapa Monitoramento por Satélite e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), temos avaliado e monitorado áreas de colonização, integrando dados de sensoriamento remoto, pesquisas antropológicas e ecológicas em sistemas de informações geográficas que permitem análises e sínteses espaço-temporais em diversos níveis. Estes estudos têm contribuído ao entendimento da variação em taxas de desmatamento e regeneração florestal, da articulação de estratégias agropecuárias entre colonos e grupos de colonos (coortes), e do papel da infra-estrutura, do mercado e dos atores locais nestes processos.

A abordagem desses temas tem função primordial em análises de impacto ambiental dos assentamentos e em zoneamentos de áreas em fronteira agropecuária do ponto de vista de seus

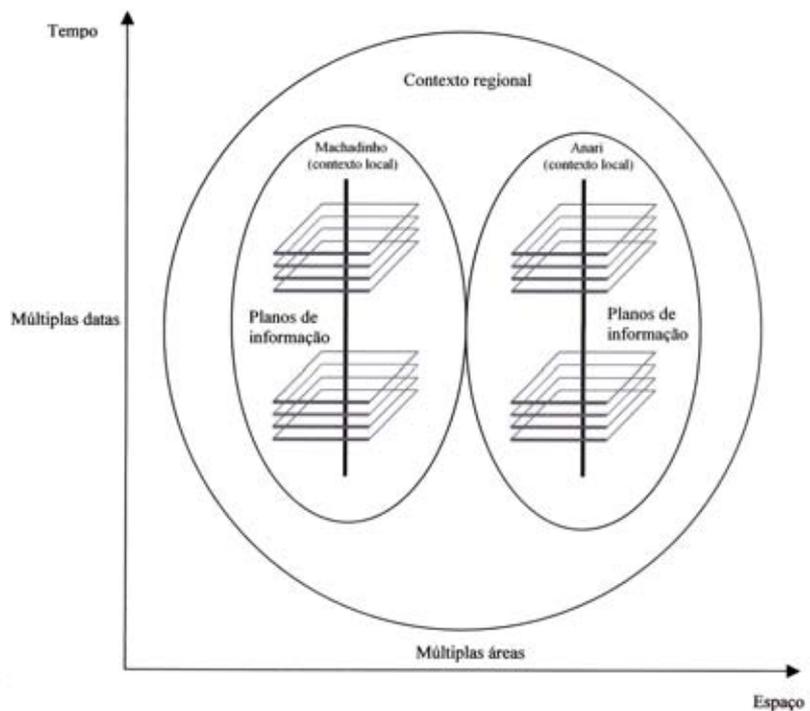


Figura 1 - Um esquema conceitual para o estudo das dimensões físicas e humanas do uso e cobertura das terras da Amazônia

potenciais e limitações locais e regionais. Os resultados fornecem subsídios práticos aos tomadores de decisão nas áreas do planejamento e desenvolvimento, tanto na esfera pública como privada. Em particular, estudos comparativos dessa natureza têm aplicação direta nas políticas de reforma agrária, desenvolvimento regional e conservação. Para exemplificar o potencial destes estudos, tomemos os casos de Machadinho d'Oeste e Vale do Anari, no Estado de Rondônia.

OS MODELOS DE ASSENTAMENTO RURAL EM MACHADINHO D'OESTE E VALE DO ANARI, RO

Os processos de colonização na Amazônia têm atraído considerável atenção nos últimos trinta anos, principalmente devido ao desmatamento associado à apropriação da terra. Desmatamentos em larga escala iniciaram com a decisão de deslocar a capital nacional para o centro do Brasil e a construção de uma rede de estradas conectando a região com o sul e o nordeste do país (Moran, 1981). Durante e após o Programa de Integração Nacional (PIN), no começo dos anos 70, a construção de estradas esteve relacionada ao desenvolvimento e a projetos de colonização estabelecidos pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) (Kohlhepp, 1984; Schminck & Wood, 1992; Browder & Godfrey, 1997). Com os incentivos políticos a esses programas de desenvolvimento, assentamentos foram implementados com base em infra-estrutura precária, desprezando características biofísicas e provendo pouco apoio à organização social (Fearnside, 1986).

Em Rondônia, seguindo a estratégia nacional de ocupação e desenvolvimento amazônico, projetos de colonização iniciados pelo governo brasileiro tiveram papel central nas mudanças das paisagens do Estado (Fearnside, 1989; Alves *et al.*, 1999). Dois programas estaduais financiados pelo Banco Mundial facilitaram a implementação destes projetos: o POLONOROESTE, entre 1981 e 1985, também responsável pelo asfaltamento da BR-364 (Cuiabá-Porto Velho), a principal estrada cortando o Estado; e o PLANAFLORO, entre 1992 e 1999, que concluiu o zoneamento ecológico-econômico de Rondônia (Mahar & Ducrot, 1998).

Os incentivos para estabelecer projetos de colonização, associados com o asfaltamento da BR-364, impulsionaram a ocupação rural do Estado. Um considerável deslocamento de migrantes em busca de terra própria foi atraído a

Rondônia, onde a atividade agropecuária produziu alterações na paisagem num ritmo jamais visto na Amazônia (Dale *et al.*, 1993; Rondônia, 1998a).

A grande maioria dos assentamentos foi baseada em um desenho ortogonal. O assentamento Vale do Anari, estabelecido no início dos anos 80, é um exemplo desse processo. Anari reproduziu o modelo estrutural e institucional de outros projetos de assentamento, negligenciando aspectos ambientais e sociais. Apenas em 1982, após ser criticado pela propagação desse modelo de desenvolvimento e ocupação rural, o INCRA implementou um novo modelo de assentamento.

Essa nova iniciativa incorporou uma rede viária hierarquizada que levou em conta a topografia e a rede hidrográfica, além de contemplar os atores locais com um modelo institucional diferenciado. Localizado ao norte do Vale do Anari (Figura 2), Machadinho d'Oeste combinou lotes privados com reservas florestais comuns. Estudos de sistemas de produção e estrutura da paisagem em Machadinho d'Oeste sugerem que este seja

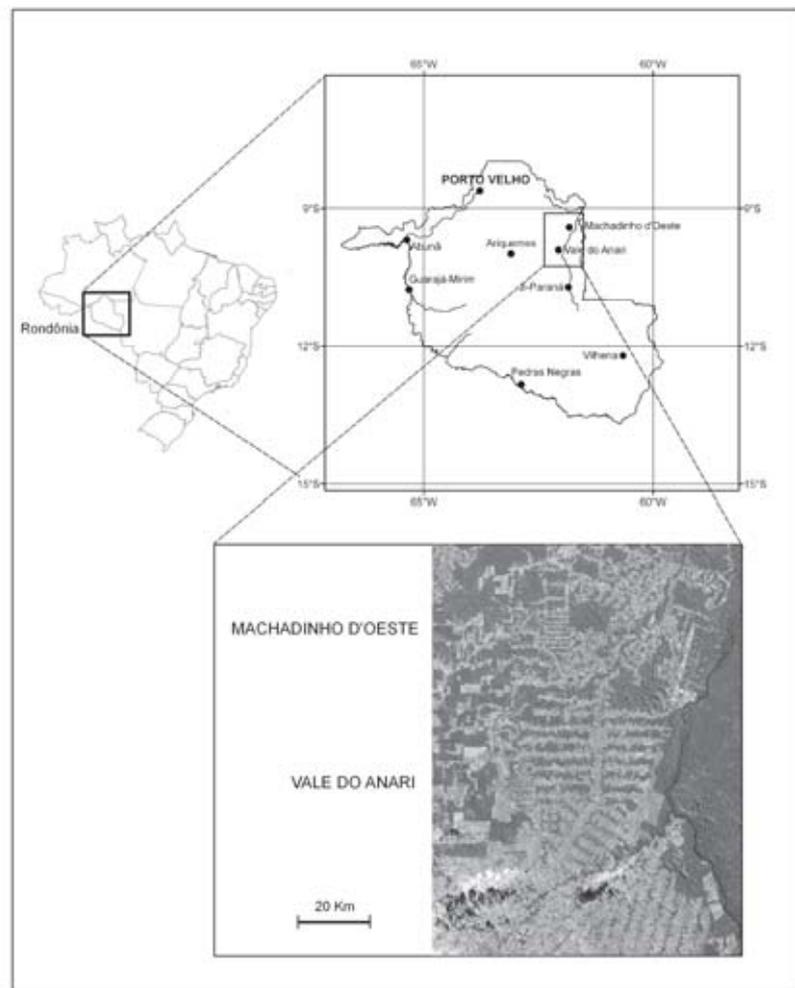


Figura 2 - Localização da área de estudo em Rondônia, Amazônia brasileira

um modelo mais adequado de colonização (Miranda & Mattos, 1993; Batistella *et al.*, 2003).

Machadinho e Anari são adjacentes e foram implementados no mesmo período. Eles têm feições biofísicas similares e os colonos possuíam características sócio-econômicas semelhantes, constituindo uma oportunidade única para um estudo comparativo. No entanto, diferentes consequências em termos de uso e cobertura das terras após seu estabelecimento e consolidação indicam que o desenho do assentamento e as diferenças institucionais têm um papel importante no processo de alteração da paisagem.

Anari e Machadinho estão localizados a cerca de 400km de Porto Velho, em área de floresta tropical ombrófila aberta. A estação chuvosa se estende de outubro a abril e a estação seca de junho a agosto. Maio e setembro são meses de transição entre as duas estações. A média anual de precipitação varia de 2200 a 2500mm. A média anual de temperatura é de 25,5°C e a umidade relativa do ar varia de 80 a 85% (Rondônia 1998b). Predominam na região argissolos amarelos, gleissolos háplicos, latossolos amarelos, latossolos vermelho-amarelo e nitossolo vermelho (Valladares *et al.*, 2003). A área total de estudo abrange aproximadamente 3.000km².

Ambos os assentamentos foram criados pelo INCRA à luz da emancipação do Estado de Rondônia em 1981. Eles representaram projetos pioneiros de assentamento no nordeste de Rondônia, quando ocorreu um dramático aumento populacional devido às contínuas ondas migratórias. A colonização da porção sul do Estado atraiu migrantes de outras regiões do Brasil criando a demanda por novos projetos de assentamento para acomodar a população que crescia em torno de 16% ao ano entre 1970 e 1980, enquanto a taxa de crescimento populacional do país era de 2,5% ao ano (Rondônia, 1996).

O sistema de titularidade da terra incluía três estágios. A fase de implementação durou cerca de 3 anos, quando foi realizada a demarcação, distribuição e regularização dos lotes. A fase de consolidação durou entre 5 e 10 anos, quando os colonos tiveram o direito de utilizar o lote e

deveriam evidenciar essa utilização através de benfeitorias, que incluíam o desmatamento e a preparação do terreno para plantio, mas não podiam vender o lote. Durante a fase de emancipação, o título da terra foi entregue aos colonos pelo INCRA.

Outra similaridade entre os dois assentamentos está relacionada às características sócio-econômicas dos colonos iniciais. Grande parte dos colonos em Rondônia vieram do sul e sudeste do Brasil, principalmente dos estados de Minas Gerais e Paraná (Millikan, 1992). Em Machadinho e Anari, os colonos foram selecionados do excesso de contingente de inscritos em projetos anteriores de assentamento, baseado em dois conjuntos de critérios. O critério eliminatório incluiu atributos pessoais do candidato (i.e., idade, conduta e vínculo empregatício) e bens (i.e., renda, outras posses de terra e inscrições prévias a projetos do INCRA). O critério classificatório incluiu a idade dos colonos, capacidade familiar de trabalho e habilidades para a atividade agropecuária. O lote cedido aos colonos era de cerca de 50ha, metade da área do lote em outros projetos de assentamento na Amazônia durante aquele período. A redução no tamanho das parcelas foi uma tentativa de acomodar o grande crescimento populacional em Rondônia de maneira mais efetiva.

Apesar das similaridades em alguns aspectos, Anari e Machadinho tinham grandes diferenças em sua implementação. Eles foram concebidos sob desenhos institucionais muito distintos, que afetaram as decisões de uso da terra. Os assentamentos também diferiam em sua grade de propriedades e em como a infra-estrutura foi instalada e mantida durante a fase de consolidação. Ainda hoje, qualquer pessoa dirigindo através dos assentamentos pode diferenciar as ruas pavimentadas de Machadinho, suas lojas e pequenos hotéis, e as estradas com cascalho na área rural, em contraste com a ausência de serviços e infra-estrutura em Anari. As consequências destas similaridades e diferenças no uso e cobertura das terras e na estrutura da paisagem são indicadas a seguir.

Tabela 1 – Métricas de paisagem utilizadas para a análise comparativa em Machadinho d'Oeste e Vale do Anari, RO.

Métrica	Fórmula	Definição	Variação
Porcentagem da Paisagem (%)	$PP = P_i = \frac{\sum a_{ij}}{A} (100)$	Porcentagem da paisagem ocupada por uma mancha ou classe	$0 < PP \leq 100$
Número de Manchas	$NM = n_i$	Número de manchas desconectadas em uma classe ou paisagem	$NM \geq 1$, sem limite
Tamanho Médio das Manchas (ha)	$TMM = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} (1/10.000)$	Média aritmética da área das manchas em uma classe ou paisagem	$TMM > 0$, sem limite
Índice da Maior Mancha (%)	$IMM = \frac{\max_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100)$	Porcentagem da paisagem ocupada pela maior mancha	$0 < IMM \leq 100$

Legenda: A = Área total da paisagem (m²); n = n_i = número de manchas da classe i na paisagem; i = 1, ..., m ou m' tipos de manchas (classes); j = 1, ..., n manchas; a_{ij} = área da mancha ij (m²); P_i = porção da paisagem ocupada pela classe i (Adaptado de McGarigal e Marks, 1995).

MÉTODOS

O estudo comparativo entre Machadinho e Anari foi baseado na coleta e manipulação de dados espaciais primários e secundários, integrados em um sistema de informações geográficas (SIG). Dados sobre o meio físico e infra-estrutura, tais como topografia, rede de drenagem e rede viária foram obtidos de mapas oficiais na escala 1:100.000. Também foram realizadas pesquisas bibliográficas e entrevistas para obter dados sobre o contexto sócio-econômico regional e a história de implementação de cada assentamento.

A análise multitemporal do uso e cobertura das terras utilizou imagens do satélite Landsat (Batistella, 2001). Imagens da estação seca de 1988, 1994 e 1998 foram classificadas em floresta, sucessão secundária avançada, sucessão secundária inicial, pastagem, agricultura, solo exposto, infra-estrutura e corpos d'água. Os resultados também foram integrados no SIG.

Etapas de campo foram realizadas durante a estação seca de 1999, 2000 e 2002. Através de percursos aéreos e terrestres, foram realizadas cerca de 1.000 observações sobre a cobertura das terras em ambos os assentamentos. Receptores GPS (sistema de posicionamento global) permitiram a localização das feições observadas nas imagens de satélite georreferenciadas.

Proprietários foram entrevistados sobre seus sistemas de produção e a história de uso das terras em suas propriedades.

Entrevistas também foram realizadas com seringueiros, madeireiros, representantes de associações, políticos, grupos religiosos e outros membros da comunidade para investigar como aspectos ecológicos e institucionais influenciam o acesso e valor dos recursos naturais para os diferentes atores. O cálculo de métricas espaciais para avaliar a estrutura e mudança das paisagens em ambos assentamentos embasaram nossas conclusões (Tabela 1).

PAISAGENS EM TRANSFORMAÇÃO

A Figura 3 ilustra as trajetórias de alteração da paisagem em Machadinho e Anari. Os processos são semelhantes. No entanto, comparando os resultados de uso e cobertura das terras entre os dois assentamentos, observam-se importantes diferenças (Figuras 4-A e 4-B). Durante o estágio inicial de implementação, ambos os assentamentos tinham porcentagens similares de floresta e pastagem. Dez anos mais tarde, a cobertura florestal caiu para 50,8% em Anari e 65,7% em Machadinho. A conversão da floresta também foi diferente nas duas áreas. Em Anari, a extensão das pastagens aumentou três vezes, alcançando 18,5% do assentamento. Em Machadinho, o aumento foi menor que duas vezes e as pastagens cobriam menos que 10% do assentamento em 1998. Enquanto as áreas de agricultura também são maiores em Anari em 1998 (10,3%), Machadinho teve um crescimento mais rápido desta atividade

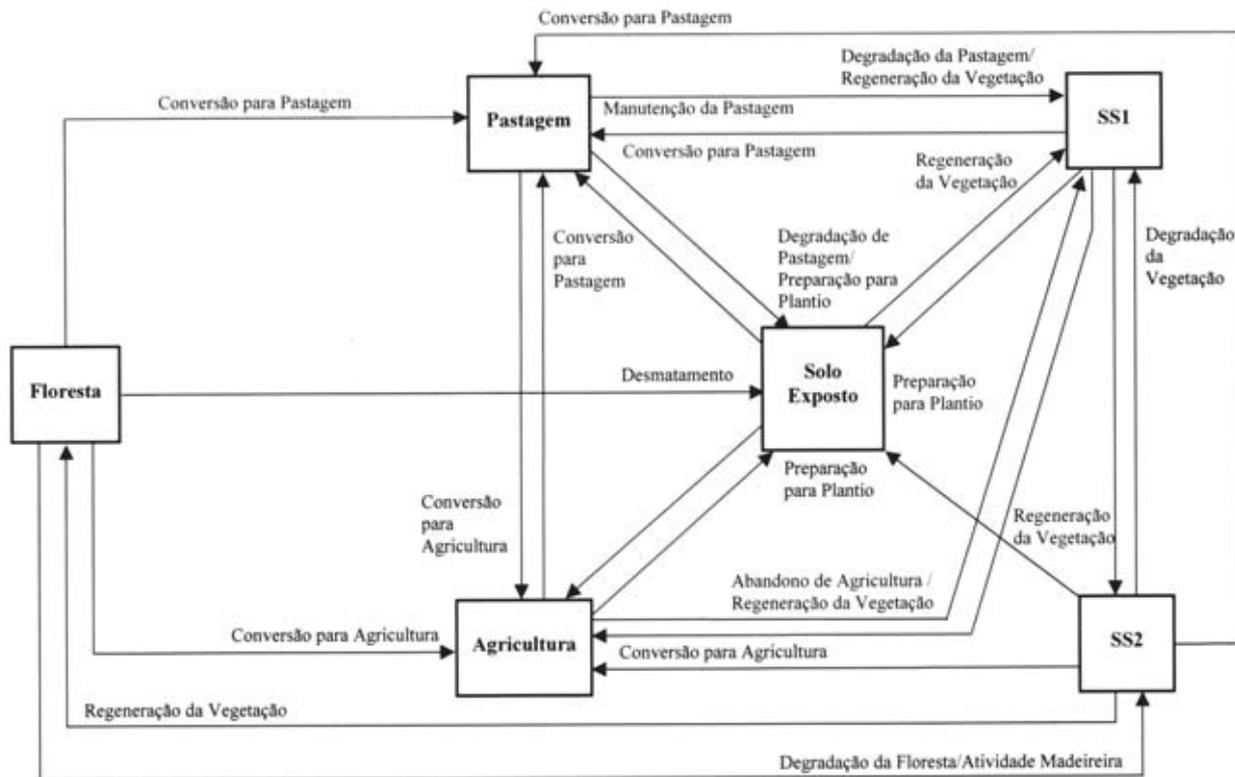


Figura 3 - Trajetórias de alteração da paisagem em Machadinho d'Oeste e Vale do Anari, RO.

(apenas 1% em 1988 e 7,1% em 1998). De acordo com os proprietários, a condição e a produtividade da agricultura é melhor em Machadinho. Isto é confirmado pelos índices oficiais (IBGE, 2000), sugerindo um melhor manejo das culturas neste assentamento. Uma indicação de maior abandono dos campos agrícolas e das pastagens em Anari é indiretamente revelada pela extensão total das áreas de regeneração da vegetação (sucessão secundária inicial e avançada): 16,8% em Anari e 13,5% em Machadinho. Se considerarmos que uma extensão considerável dessas áreas é efetivamente utilizada também para a pecuária, a tendência de extensificação das pastagens em Anari torna-se ainda mais clara. A Figura 4-A ilustra a redução mais drástica das áreas de floresta em Anari. A Figura 4-B enfatiza a predominância absoluta das áreas de pastagem em Anari, em contraste a relações mais balanceadas entre classes de uso e cobertura das terras em Machadinho.

A existência de reservas florestais manejadas pelos seringueiros locais em Machadinho é um importante fator condicionando a estrutura da paisagem, em particular a maior proporção de cobertura florestal. Prova disso é o fato de ambos os assentamentos terem porcentagem similar de floresta se apenas as propriedades são consideradas: 83,1% em 1988, 65,1% em 1994 e 50,5% em 1998 (Figura 4-A). Estes resultados indicam claramente como a combinação de lotes privados com reservas florestais comuns pode produzir efeitos positivos na manutenção de maiores manchas de floresta.

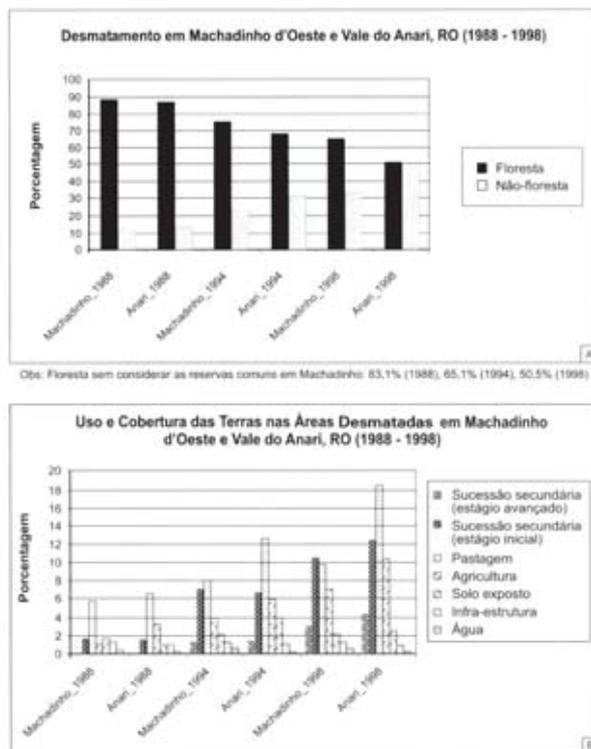


Figura 4 - Uso e cobertura das terras em Machadinho d'Oeste e vale do Anari, RO.

As reservas comuns em Machadinho contribuem com um menor índice de fragmentação florestal, como indicado pela análise de métricas espaciais. Algumas métricas foram calculadas para classes agregadas de uso e cobertura das terras em Machadinho e Anari (i.e., floresta, sucessão secundária e agropecuária). As Tabelas 2-4 ilustram os resultados para número de manchas (NM), tamanho médio das manchas (TMM) e índice da maior mancha (IMM), respectivamente.

Em Machadinho, o TMM dos fragmentos florestais caiu de 319ha (NM=592) em 1988, para 219ha (NM=741) em 1994 e 167ha (NM=838) em 1998. Em Anari, estas métricas são 573ha (NM=166) em 1988, 230ha (NM=325) em 1994 e 114ha (NM=556) em 1998. Um ritmo diferente de fragmentação florestal é indicado por estas métricas. Embora o NM de florestas cresça em ambos os assentamentos, em Anari havia um número bem menor de fragmentos em 1988, que praticamente triplicou entre 1988 e 1998. Em Machadinho, o aumento foi de apenas 1,4 vezes. O TMM das florestas também indica maiores níveis de fragmentação em Anari. Ele diminuiu duas vezes em Machadinho e cinco vezes em Anari. O TMM de vegetação secundária e agropecuária é sempre maior em Anari no período analisado. O NM para essas classes é menor em Anari e mais estável em Machadinho. Estas tendências são diretamente afetadas pelo aumento na extensão das pastagens em Anari (Tabelas 2 e 3).

O IMM é uma medida do tamanho da maior mancha de uma classe em relação à área total da paisagem. O IMM para florestas diminuiu com o tempo a 10,7% em Machadinho e 4,5% em Anari (Tabela 4). Ecologicamente, as maiores manchas de floresta são em geral mais importantes, indicando uma resistência da paisagem à fragmentação. Além disso, algumas espécies precisam de uma única e extensa mancha como seu habitat primário de manutenção e reprodução (Burkey, 1989). A extensão da maior reserva florestal comum em Machadinho (Reserva Extrativista Estadual Aquariquara) afeta positivamente os resultados para o IMM. Certamente, essa reserva e as florestas privadas adjacentes compõem o valor de IMM de floresta neste assentamento. O valor de IMM para florestas em Machadinho tende a permanecer estável enquanto decresce continuamente em Anari. A maior mancha de floresta em Machadinho tem 22.892ha. A Reserva Aquariquara tem 18.100ha. Mesmo se as áreas florestais contíguas à reserva forem desmatadas, a manutenção da reserva estabilizará o IMM em 8,5%.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A integração de procedimentos metodológicos em estudos sobre assentamentos rurais na Amazônia deve envolver a necessidade de interrogar os processos sócio-econômicos e suas implicações ambientais. Os compartimentos biofísicos, o contexto político-administrativo e os arranjos espaço-temporais de ocupação delimitam unidades fundamentais de análise a considerar. Os compartimentos biofísicos definem diferentes potenciais e limitações das áreas ocupadas, podendo ser analisados em planos

Tabela 2 - Número de manchas (NM) para classes agregadas de uso e cobertura das terras em Machadinho d'Oeste e Vale do Anari, RO.

NM	Machadinho			Anari			
	Ano	1988	1994	1998	1988	1994	1998
Floresta		592	741	838	166	325	556
Sucessão Secundária		1694	4316	4846	687	1972	2684
Agropecuária		2552	2306	2717	863	886	437

Tabela 3 - Tamanho médio das manchas (TMM) para classes agregadas de uso e cobertura das terras em Machadinho d'Oeste e Vale do Anari, RO.

NM	Machadinho			Anari			
	Ano	1988	1994	1998	1988	1994	1998
Floresta		319,0	219,1	167,4	573,0	230,3	113,8
Sucessão Secundária		2,0	4,2	5,9	2,4	4,4	7,8
Agropecuária		7,0	12,9	15	13,6	27,7	27,2

Tabela 4 - Índice da maior mancha (IMM) para classes agregadas de uso e cobertura das terras em Machadinho d'Oeste e Vale do Anari, RO.

NM	Machadinho			Anari			
	Ano	1988	1994	1998	1988	1994	1998
Floresta		17,7	13,3	10,7	13,2	5,5	4,5
Sucessão Secundária		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3
Agropecuária		0,1	0,4	0,5	0,3	1,1	2,9

de informação relativos à topografia, bacias hidrográficas, solos, classes de uso e cobertura da terra, entre outros.

O contexto político-administrativo e o arranjo espaço-temporal de ocupação pode ser hierarquizado em diferentes unidades, tais como município, assentamento, reservas, coorte de lotes e lotes (Batistella & Brondizio, 2004).

Para transitar nesses diversos níveis de abordagem, propomos uma iniciativa multi-escalar e multi-dimensional, procurando caracterizar e monitorar os assentamentos sob as seguintes perspectivas:

- Dimensão espacial – localização e articulação entre lotes, glebas, reservas e o conjunto de assentamentos no município e infra-estrutura regional;
- Dimensão temporal – caracterização de fases de ocupação com a chegada progressiva de colonos, a expansão da fronteira agropecuária e os processos de urbanização;
- Dimensão sócio-econômica e demográfica local – caracterização de elementos sócio-econômicos e culturais da população, tais como origem, relações sociais na fronteira e experiência como produtor;
- Dimensão sócio-econômica e demográfica regional – indicadores econômicos de produção e dinâmica populacional influenciando as trajetórias de uso da terra nos assentamentos.

A integração entre estas dimensões distintas e interagentes ocorre através da análise dos componentes temáticos, integrados na base de dados georreferenciados, definindo espacialmente o conjunto de lotes a ser analisado e sua relação

com o assentamento, a paisagem, o município e outros centros regionais.

A Amazônia apresenta atualmente uma variedade de arquiteturas de assentamentos e complexos fundiários. Esse mosaico de situações espaciais inclui os famosos assentamentos 'espinha de peixe', áreas de colonização espontânea ou desordenada, grandes projetos agropecuários, assentamentos com desenho baseado na topografia, sistemas radiais, entre outros. Informações sobre a posição de lotes individuais na paisagem, tamanho dos lotes, tempo de ocupação e relação com a infra-estrutura, o contexto sócio-econômico e o ambiente biofísico são fundamentais para qualquer análise representativa, por exemplo do desmatamento e de seus impactos.

Utilizando áreas de estudo em Rondônia, ilustramos neste trabalho uma metodologia que oferece potenciais de integração, análise e monitoramento em um nível de detalhe suficiente para a tomada de decisões referentes ao desenvolvimento rural, melhoramento de infra-estrutura e monitoramento ambiental para a variedade de situações

observadas. Em particular, vale salientar a importância das reservas florestais comuns, com direito de uso às populações locais, como um instrumento eficaz na manutenção de menores índices de fragmentação da paisagem.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Alves, D. S.; Pereira, J. L. G.; de Sousa, C. L.; Soares, J. V.; Yamaguchi, F. 1999. Characterizing landscape changes in Central Rondônia using Landsat TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 20(14): 2877-2882.
- Batistella, M. 2001. *Landscape change and land-use/land-cover dynamics in Rondônia, Brazilian Amazon*. PhD dissertation, School of Public and Environmental Affairs, Indiana University, USA. 399p.
- Batistella, M.; Brondizio, E. S. 2004. Uma estratégia integrada de monitoramento e análise de impacto ambiental de assentamentos rurais na Amazônia. In: Romeiro, A.R. (org), *Avaliação e contabilização de impactos ambientais*. Ed. Unicamp, Campinas, p. 74-86.
- Batistella, M.; Robeson, S.; Moran, E. F. 2003. Settlement design and landscape change in Amazônia: a multi-temporal evaluation using spatial metrics. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 69(7): 805-812.
- Brondizio, E. S.; McCracken, S. D.; Moran, E. F.; Siqueira, A. D.; Nelson, D. R.; Rodriguez-Pedraza, C. 2002. The colonist footprint: towards a conceptual framework of deforestation trajectories among small farmers in Frontier Amazônia. In:

- Wood, C.; Porro, R. (Eds.). *Land Use and Deforestation in the Amazon*. University Press of Florida, Gainesville, FL, USA.
- Browder, J. O.; Godfrey, B. J. 1997. *Rainforest cities: urbanization, development, and globalization of the Brazilian Amazon*. Columbia University Press, New York, USA.
- Burkey, T. V. 1989. Extinction in nature reserves: the effect of fragmentation and the importance of migration between reserve fragments. *Oikos*, 55: 75–81.
- Dale, V. H.; O'Neill, R. V.; Pedlowski, M.; Southworth, F. 1993. Causes and effects of land-use change in Central Rondônia, Brazil. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 59(6): 997-1005.
- Evans, T. P.; Manire, A.; de Castro, F.; Brondizio, E. S.; McCracken, S. D. 2001. A dynamic model of household decision making and parcel-level land cover change in the eastern Amazon. *Ecological Modeling*, 143(1-2): 95–113.
- Fearnside, P. M. 1986. Settlement in Rondônia and the token role of science and technology in Brazil's Amazonian development. *Interciencia*, 11(5): 229–236.
- Fearnside, P. M. 1989. *A ocupação humana de Rondônia: impactos, limites e planejamento*. SCT/PR-CNPq, Assessoria Editorial e Divulgação Científica, Brasília. 76p.
- IBGE. 2000. *Levantamento sistemático da produção agrícola*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Porto Velho, RO.
- Kohlhepp, G. 1984. Development planning and practices of economic exploitation in Amazonia. In: Sioli, H. (Ed.). *The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, the Netherlands. p.649–673.
- Lu, D.; Mausel, P. W.; Brondizio, E. S.; Moran, E. F. 2002. Assessment of atmospheric correction methods for Landsat TM data applicable to Amazon basin LBA research. *International Journal of Remote Sensing*, 23: 2651-2671.
- Lu, D.; Mausel, P.; Batistella, M.; Moran, E. F. 2004. Comparison of land-cover classification methods in the Brazilian Amazon Basin. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 70:723-731.
- Lu, D.; Moran, E. F.; Batistella, M. 2003a. Linear Mixture Model Applied to Amazonian Vegetation Classification. *Remote Sensing of Environment*, 87: 456-469.
- Mahar, D.; Ducrot, E. 1998. *Land-use zoning on tropical frontiers: emerging lessons from the Brazilian Amazon*. The World Bank, Washington, D.C., USA. 25p.
- McCracken, S. D.; Brondizio, E. S.; Nelson, D. R.; Moran, E. F.; Siqueira, A. D.; Rodriguez-Pedraza, C. 1999. Remote sensing and GIS at farm property level: demography and deforestation in the Brazilian Amazon. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 65(11): 1311–1320.
- McGarigal, K.; Marks, B. J. 1995. *Fragstats: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, USA. 122p.
- Millikan, B. H. 1992. Tropical deforestation and society: lessons from Rondônia, Brazil. *Latin American Perspectives*, 72(19): 45–72.
- Miranda, E. E. de ; Mattos, C. 1993. *Machadinbo d'Oeste: de colonos a municipes na floresta tropical de Rondônia*. Ecoforça/Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP. 154p.
- Moran, E. F.; Brondizio, E. S. 1998. Land-use change after deforestation in Amazônia. In: Liverman, D.; Moran, E. F.; Rindfuss, R.; Stern, P. (Eds.). *People and Pixels: Linking Remote Sensing and Social Science*. National Academy Press, Washington, D.C. p.94–120.
- Moran, E. F. 1981. *Developing the Amazon*. Indiana University Press, Bloomington. 292p.
- Moran, E. F.; Brondizio, E. S.; Mausel, P.; Wu, Y. 1994. Integrating Amazonian vegetation, land-use, and satellite data. *BioScience*, 44(5): 329–339.
- Moran, E. F.; Brondizio, E. S.; Tucker, J. M.; Silva-Forsberg, M. C.; McCracken, S. D.; Falesi, I. 2000. Effects of soil fertility and land-use on forest succession in Amazônia. *Forest Ecology and Management*, 139: 93-108.
- Rondônia. 1996. *Rondônia: desenvolver e preservar*. Governo de Rondônia/ Instituto de Terras de Rondônia, Porto Velho, RO. 31p.
- Rondônia. 1998a. *Avaliação do desmatamento em Rondônia: 1978-1997*. SEDAM/PLANAFLORO/PNUD, Porto Velho, RO. 24p.
- Rondônia. 1998b. *Diagnóstico sócio-econômico do Estado de Rondônia e assistência técnica para formulação da segunda aproximação do zoneamento sócio-econômico-ecológico – Climatologia*. Vol.1. Governo de Rondônia/ PLANAFLORO, Porto Velho, RO. 401p.
- Schmink, M.; Wood, C. H. 1992. *Contested Frontiers in Amazonia*. Columbia University Press, New York, USA.
- Tucker, J. M.; Brondizio, E. S.; Moran, E. F. 1998. Rates of forest regrowth in eastern Amazônia: a comparison of Altamira and Bragantina regions, Pará State, Brazil. *Interciencia*, 23(2): 64–73.
- Valladares, G. S.; Bognola, I.; Gouvea, J. 2003. Levantamento pedológico da gleba de Machadinho, RO. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 29, 2003. Ribeirão Preto. *Anais...* Unesp/Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, São Paulo, 2003. CD-ROM.

**RECEBIDO EM 08/07/2003
ACEITO EM 08/03/2004**

