

Configuração espacial do desflorestamento em fronteira agrícola na Amazônia: um estudo de caso na região de São Félix do Xingu, estado do Pará¹

Magno Roberto Alves Macedo

Geógrafo, Mestre em Agricultura Familiar e Desenvolvimento Sustentável
Coordenador do Núcleo de Cartografia do Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará (IDESP)
e-mail: magno.macedo@idesp.pa.gov.br

Laura Angélica Ferreira Darnet

Doutora, Professora e Pesquisadora do Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural da Universidade Federal do Pará (NCARD/UFPA)
e-mail: laurange@ufpa.br

Marcelo Cordeiro Thalês

Mestre, Pesquisador da Unidade de Análises Espaciais do Museu Paraense Emílio Goeldi
e-mail: mcthales@museu-goeldi.br

René Pocard-Chapuis

Doutor, Pesquisador do Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)
e-mail: pocardchapolis@gmail.com

Resumo

Nas fronteiras agrícolas da Amazônia brasileira, a ausência do ordenamento territorial dificulta a apropriação sustentável dos recursos naturais. Usando informações de campo de diferentes instituições sobre a fronteira agrícola de São Félix do Xingu, no Estado do Pará, este estudo visou automatizar, por meio de geotecnologia, a identificação e o monitoramento da dinâmica de desflorestamento naquela região, onde os recursos técnicos, informacionais e operacionais são escassos, o que dificulta a realização de pesquisas para subsidiar políticas de desenvolvimento. Os resultados mostraram que a compreensão da configuração espacial relacionada a grupos de atores com diferentes níveis socioeconômicos contribui para uma melhor concepção de políticas públicas que, quando direcionadas ao comportamento de cada categoria, contribuem significativamente com ações de contenção do desflorestamento e com os planos de desenvolvimento sustentável em regiões de fronteira agrícola.

Palavras-chaves: desflorestamento, geotecnologia, configuração espacial, monitoramento, fronteira.

Résumé

Configuration spatiale de la déforestation dans la frontière agricole de l'Amazonie: une étude de cas dans le São Félix do Xingu, Pará

Sur les fronts pionniers agricoles en Amazonie brésilienne, l'absence d'agencement territorial rend difficile l'exploitation durable des ressources naturelles. En utilisant les informations de

¹ Pesquisa desenvolvida com o apoio financeiro do Projeto GEOMA/MPEG/MCT.

différentes institutions sur le front agricole de São Félix do Xingu (État du Pará, Brésil), cette étude vise à automatiser, usant les géo-technologies, l'identification et le suivi de la dynamique de déboisement dans cette région, où les les moyens techniques, de collecte d'informations et de décision sont peu développés, ce qui rend difficile la réalisation de recherche pour la mise en place de politiques de développement. Les résultats montrent que la compréhension de l'organisation spatiale des groupes d'acteurs avec des niveaux socio-économiques différents permet d'avoir une meilleur conception des politiques publiques, adéquate au profil de chaque catégorie, et contribue d'une façon significative à limiter les déboisements et à établir plan de développement durable pour la région de front pionnier.

Mots clefs: déboisement, geotechnologie, organisation spatiale, suivi, front pionnier.

Abstract

Spatial configuration of deforestation in agricultural frontier: A case study in region of São Félix do Xingu, Pará

In the agricultural frontier of the Brazilian Amazon, the absence of territorial ownership hinders sustainable natural resources. Using field data from different institutions on the agricultural frontier of São Félix do Xingu in Pará state, this study aimed to automate through geotechnology, identification and monitoring of the dynamics of deforestation in the region, where the technical, informational and operating data are scarce, making it difficult to conduct research and development policies. The results showed that the understanding of the spatial configuration related groups of actors with different socioeconomic levels contributes to a better design of public policies that, when directed to the behavior of each category, contribute significantly to deforestation containment actions and plans for sustainable development in agricultural frontier regions.

Keywords: deforestation, geotechnology, spatial configuration, monitoring, frontier.

Introdução

A extensão territorial da Amazônia, associada à sua riqueza natural, constitui a principal característica responsável pela preocupação que o desflorestamento na região suscita na comunidade científica. O surgimento de novas frentes de desflorestamento na Amazônia, seja no arco do desflorestamento ou em outros locais, é decorrente de diferentes fatores, em que o avanço da pecuária aparece como uso predominante da terra. As quantificações do desflorestamento na Amazônia brasileira, utilizando imagens de satélite, indicam que esta região perdeu aproximadamente 19% de sua cobertura florestal nos últimos 50 anos (INPE, 2011).

Nos últimos anos, com o aumento das pressões pela conservação da Amazônia, e com avanço das tecnologias, principalmente das relacionadas à geografia, as geotecnologias, surgiu uma série de instrumentos de monitoramento dos processos de conversão da floresta. Neste cenário, destaca-se o Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélites, o Prodes, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que disponibiliza informações espaciais do desflorestamento acumulado na Amazônia Legal desde o ano de 1997 e, a partir do ano 2000, passou a apresentar resultados anuais.

Observando os números do programa, percebe-se dois momentos no ritmo impresso ao processo de desmatamento: no início da década 2000 este processo é intenso, registrando altas taxas, para, em seguida, a partir dos anos 2002/2003, registrar oscilações na taxa de desmatamento, entre altas e baixas. Porém, apesar da queda no ritmo do

desmatamento, a remoção anual de floresta primária na Amazônia continua avançando em novas áreas, caracterizando-a como uma das últimas fronteiras agrícolas ativas do mundo.

A noção de fronteira tem papel central nas análises sociológicas, antropológicas, políticas, econômicas e geográficas acerca das mudanças que ocorreram no território brasileiro ao longo do século XX (MONTEIRO; COELHO; BARBOSA, 2006), possuindo, assim, um sentido polissêmico no campo da geografia, da história, da economia política e das ciências sociais.

Para Martins (1996) a fronteira agrícola no Brasil pode ser definida, sociologicamente, por uma situação de conflito social, pois há uma relevante caracterização deste espaço pela luta por terra, pensamento este que também é expresso nos trabalhos de Schmink e Wood (1992) e Hébette (1979), que consideraram o conflito pela terra como tema central na fronteira.

O estudo da fronteira permite entender, de forma espacial e temporal, os processos de uso e ocupação da terra como integrantes de zonas que comportam frentes distintas, pois, como dizem Browder e Godfrey (1997), na fronteira amazônica opõem-se e complementam-se frentes de recursos e frentes de povoamento, caracterizando impactos diferenciados sobre o uso dos recursos naturais, a configuração dos territórios e o processo de urbanização.

Nas dinâmicas de expansão, o contato entre estes sistemas distintos de apropriação de recursos naturais estabelece-se a partir da diversidade de atores ou grupos sociais envolvidos, alguns deles tratando esses recursos como valor de uso e outros, convertendo-os em mercadoria, ou seja, imputando-lhes, também, a condição de valor de troca.

Assim, o lugar (frente ou zona) do avanço é, simultaneamente, o espaço do estranhamento, da contradição, da concorrência, do embate e de complementaridades nos planos econômico, político e cultural (MARTINS, 1996). Tais comportamentos têm efeitos nas temporalidades e nas configurações geográficas, visto que o espaço é, dialeticamente, base material e social de dinâmicas com diferentes ritmos e formas de uso do tempo (SOJA, 1989), o que acaba configurando a complexidade da Amazônia.

Neste estudo, como fronteira, concordamos com José de Souza Martins quando afirma a necessidade de considerar Arthur Hehl Neiva, que, em seus pensamentos sobre a fronteira, destaca a necessidade de distinguir a fronteira demográfica da fronteira econômica (MARTINS, 1996). Para Neiva, nem sempre elas coincidem e, quando isso acontece, a econômica se encontra atrás da demográfica, estabelecendo uma configuração espacial que ameniza o choque de visões que têm a geografia e a antropologia sobre a fronteira, pois, para Martins, quando os geógrafos se referem à frente pioneira, tratam da fronteira econômica, enquanto os antropólogos, ao se referirem à frente de expansão, estão considerando a fronteira demográfica². Assim em um plano espacial geral da fronteira, Martins (1996, p. 31) define que:

[...] adiante da fronteira demográfica, da fronteira da “civilização”, estão as populações indígenas, sobre cujos territórios avança a frente de expansão. Entre a fronteira demográfica e a fronteira econômica está a frente de expansão, isto é, a frente da população não incluída na fronteira econômica. E atrás da linha da fronteira econômica está a frente pioneira [...].

As áreas que se assemelham à descrição acima são historicamente responsáveis por um grande volume de remoção da floresta primária, seguida de novas atribuições ao uso da terra. Neste cenário, é crescente o interesse tanto na mensuração como nas causas do desflorestamento da região, principalmente após o início do século XXI, devido ao avanço do instrumental tecnológico de monitoramento.

Contudo, a maioria das iniciativas é baseada apenas na quantificação de novas áreas de florestas desmatadas, não qualificando a informação, homogeneizando, assim, o processo de desflorestamento. Neste sentido, o avanço da pesquisa neste campo do conhecimento procura, além de identificar as áreas desmatadas, quantificando e verificando

² Cf. Martins (1996).

seu avanço no espaço, entender os processos sociais relacionados à dinâmica do desmatamento na Amazônia. Como afirma Fearnside (2005, p. 116) “conhecer os responsáveis pelo desflorestamento é vital para qualquer programa que busca sua redução”.

Neste escopo, diversos autores (MERTENS; LAMBIN, 1997, ESCADA, 2003; 2005; SILVA, 2008, CÂMARA; VALERIANO; SOARES, 2008; MERTENS, 2008, POCCARD-CHAPUIS; THALÊS, 2008) trabalham com a hipótese de que as análises de dinâmicas do uso da terra e as suas configurações espaciais são fundamentais para se compreender as formas de apropriação da terra e reconhecer os atores sociais envolvidos nestes processos. Isso se deve ao fato de que, em tais análises, é possível estabelecer as especificidades regionais, o que facilitaria as interpretações das diferentes ações ocorridas no espaço. Contudo, o grande desafio continua sendo aliar, em uma única ferramenta, as apreensões baseadas em aspectos sociais com as ações ligadas à conversão da vegetação, pois, se por um lado as geotecnologias permitem que se verifiquem indicativos de áreas desmatadas, por outro há um caminho a ser percorrido para associar, confiavelmente, mudança na paisagem à ação humana, descrevendo seus motivos e processos que as desencadeiam ou as reforçam.

Trabalhos como os de Escada (2003), Mertens et al. (2002) e Silva; Câmara; Escada (2008) se dedicaram a mostrar como é possível extrair informações de imagens de satélites e, com seus resultados, gerar subsídios para contribuir com o entendimento dos processos e agentes responsáveis pela transformação do espaço amazônico, auxiliando assim novas pesquisas e políticas públicas para a região.

Caldas et al. (2003), em seus trabalhos desenvolvidos no município de Uruará, Estado do Pará, utilizaram produtos de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento associados às informações primárias coletadas junto a pequenos produtores e, a partir de métodos estatísticos e testes de autocorrelação espacial, buscaram validar a hipótese do ciclo de vida de pequenos produtores e sua influência na tomada de decisão sobre o uso da terra. Estes autores concluíram que as características sociodemográficas das famílias, bem como fatores institucionais e de mercado, influenciam a tomada de decisão de uso da terra e podem ser identificadas através de geotecnologias.

Mertens et al. (2002) buscaram entender a dinâmica da paisagem e suas relações com diversos processos sociais e econômicos da região de São Félix do Xingu, utilizando a estatística espacial e o sensoriamento remoto, para assim melhorar a compreensão sobre os processos de desflorestamento. Os resultados mostraram a capacidade de sensores em identificar processos atuantes e possíveis agentes responsáveis pela conversão da floresta e seus impactos ambientais.

Venturieri (2003) utilizou a combinação de modelos de paisagens, dados de sensores remotos e sistemas de informações geográficas, visando analisar a dinâmica da paisagem em áreas de agricultura familiar na rodovia Transamazônica, mais precisamente no município de Uruará. A resposta a estas operações tornou possível zonear regiões contrastantes no que diz respeito ao seu desenvolvimento socioeconômico. Assim, os resultados da pesquisa comprovam que é possível, através da análise dos modelos de paisagem, avaliar os processos de construção do espaço em fronteiras agrícolas.

Seguindo essa mesma direção, este estudo é voltado para a análise do desflorestamento a partir de um método automático de identificação de atores sociais envolvidos, baseando-se em informações básicas e preexistentes da região, mapeando e analisando o comportamento espacial destes atores. Amparando-se nas estatísticas espaciais e em métricas de paisagens, buscou-se construir o caminho feito por um ou vários atores, no que diz respeito ao avanço sobre a floresta, monitorando suas ações em um intervalo de tempo contemporâneo e caracterizando espacialmente as mudanças ocorridas na paisagem, por meio de uma metodologia simples e de resposta rápida.

Área de estudo³

A pesquisa foi realizada na região sudeste do Estado do Pará, em uma área referenciada espacialmente pelos paralelos S 5° 30' e S 7° e pelos meridianos W 54° e W 51°, perfazendo uma área total de aproximadamente 80.000 km². Abrange o município de Tucumã e parte dos municípios de Marabá, Parauapebas, Água Azul do Norte, Ourilândia do Norte, Altamira e São Félix do Xingu (Figura 1). Da área total em questão, cerca de 75% corresponde a unidades de conservação e terras indígenas. A maior parte do seu território não tem regularização fundiária. Entretanto, esta mesma região apresenta grande dinâmica de conversão de floresta. Por exemplo, São Félix do Xingu, que abrange 51% da área de estudo, vem liderando o *ranking*, nos últimos 10 anos, das áreas com maior ritmo de desflorestamento.

A expansão da fronteira agrícola no Pará teve ligação direta com os programas governamentais dos anos 1970, que consolidaram a colonização à margem das grandes rodovias, abrindo espaços para a reprodução da pequena produção familiar, o que caracterizaria, inicialmente, os pequenos produtores familiares como um dos principais grupos sociais na região da Transamazônica.

Com o passar dos anos, os processos de sucessão da terra, incentivados pela chegada de novos grupos — como os fazendeiros capitalizados, os grandes empreendimentos minerais, e os projetos de energia e da madeira — acabaram por se contrapor com a lógica de funcionamento inicial, a lógica da pequena produção.

No caso da região de São Félix do Xingu, a expansão desta frente é reflexo da ocupação em grande escala ocorrida em outra frente, a região de Marabá. Além disso, recebeu grande número de goianos, tocantinos e mineiros nos anos 1980, visando a exploração de mogno e investimentos na pecuária.

Os chegados em São Félix após os anos 1980, com interesses extrativos minerais, florestais ou pecuários, tiveram relação direta com as estradas existentes e construídas na região, pois, foram estas que orientaram a abertura de novas áreas e, assim, definiram um novo padrão de uso da terra no município de antiga tradição agroextrativista.

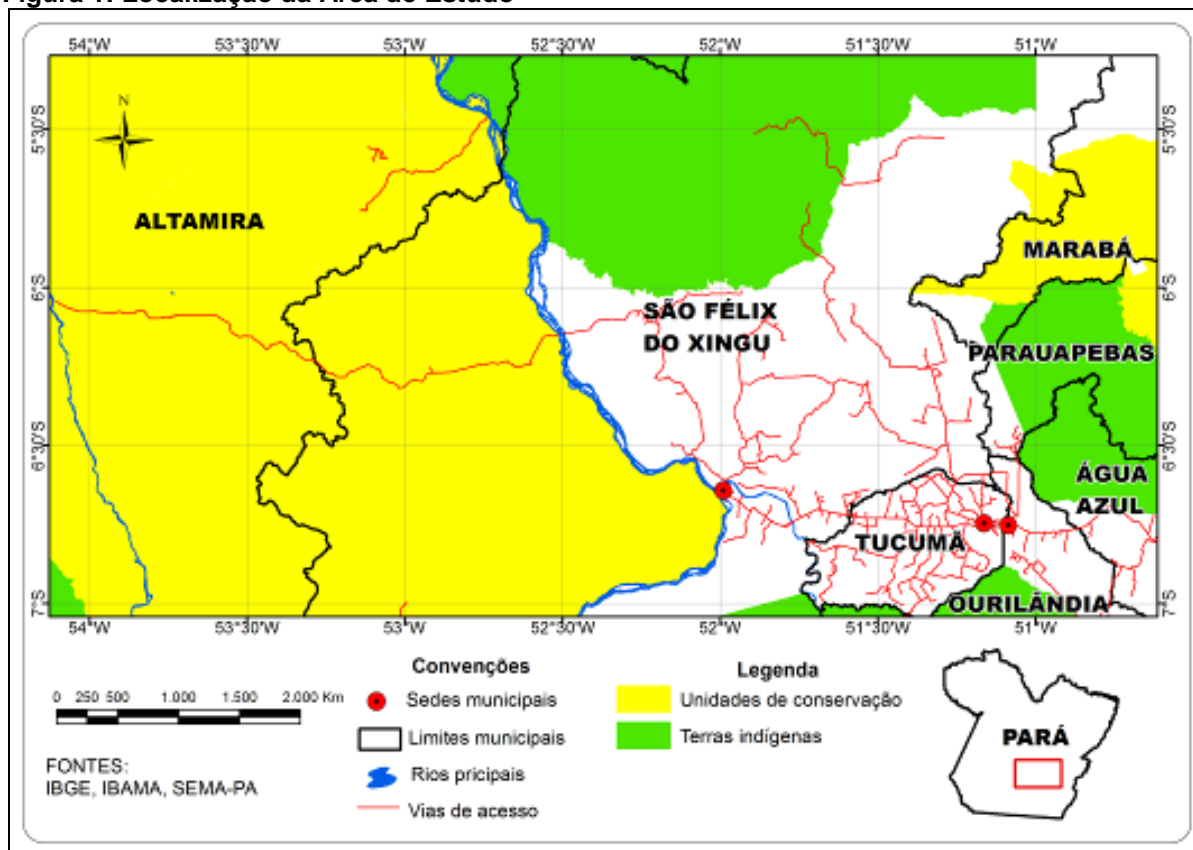
A paisagem do município começou a sofrer consideráveis alterações a partir de 1985, quando houve um incremento dos grandes estabelecimentos que têm na pecuária sua atividade principal. Naquela época, a ausência de regularização fundiária fez com que esta atividade fosse utilizada como um instrumento de consolidação da posse da terra.

A grosso modo, os fazendeiros da região se auto classificam em função do tamanho das áreas da propriedade. Os grandes estabelecimentos possuem área entre 2.500 a 3.000 ha, existindo áreas de lotes contíguos, distribuídos entre membros da mesma família, que podem chegar a 30.000 ha. Neste grupo, há tanto as famílias que administram diretamente o empreendimento e residem na região, como famílias que possuem a terra e criam bovinos, mas, cujo negócio é administrado via gerente da fazenda junto a outros grupos de fazendeiros. Neste caso, o dono da terra não mora na região.

Há também fazendas consideradas de médio porte, que abrangem áreas que variam entre 1.000 a 2.000 ha tendo, em comum, a pecuária bovina como atividade predominante.

Os pequenos produtores geralmente se instalaram às margens das vicinais da região, em áreas que variam de 60 a 150 ha, em média, não sendo possível precisar um tamanho padrão, devido à ausência do cadastro fundiário. Geralmente desenvolvem cultivos anuais e/ou perenes e vários possuem pequenos rebanhos bovinos para a produção de leite para consumo e para venda.

³ As informações constantes nesta seção foram baseadas em observações de campo desenvolvidas pela Rede Geoma, no período de 2004 e 2005 e no relatório da consultoria, financiada pelo Banco Mundial, intitulada “Estudos sobre a dinâmica social na fronteira e expansão da pecuária na Amazônia”, no ano de 2002.

Figura 1: Localização da Área de Estudo

Organização: Autores

Materiais

Todas as informações cartográficas (limites, estradas, hidrografia, unidades de conservação e terras indígenas) foram obtidas em meio digital em formato *Shapefile* (*.shp) nos sítios do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e na Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Pará (Sema). Além disso, foram utilizadas três cenas do satélite Landsat 5, sensor TM (*Thematic mapper*), bandas 3 (0,63 – 0,69 μm), 4 (0,76 – 0,90 μm) e 5 (1,55 – 1,75 μm), de cada um dos anos de 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 e 2008. As imagens trabalhadas foram escolhidas no período de junho a setembro de cada ano, por se tratar de um período com menor incidência de chuvas na região, e, por conseguinte, a cobertura mínima de nuvens possível.

As informações utilizadas sobre desflorestamento do período entre 2000 e 2008 foram obtidas junto ao Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélite (Prodes), desenvolvido pelo INPE, com vistas a auxiliar o processo de classificação e extração de informação sobre aberturas causadas por novos desflorestamentos.

A base de dados de campo utilizada nesta pesquisa é oriunda da Rede Temática de Pesquisa em Modelagem Ambiental da Amazônia (Geoma), que desenvolve pesquisas na Região Amazônica desde 2003. Uma das linhas de pesquisa deste grupo se atém a questões envolvendo a dinâmica de uso e cobertura da terra na Amazônia, sendo uma de suas áreas de estudo a região de São Félix do Xingu (Subprojeto Pecuária). Desde 2004 são realizados levantamentos de campo nessa região por grupos de pesquisadores das instituições envolvidas no projeto (Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), Universidade Federal do Pará (UFPA), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) – Amazônia Oriental, INPE). O presente estudo, por ter-se desenvolvido no âmbito desta rede, fez uso de parte do arcabouço de informações levantadas em campo, assim como das publicações geradas pelo grupo, com o intuito de construir e validar a metodologia proposta.

Métodos

Delimitação dos polígonos do desflorestamento

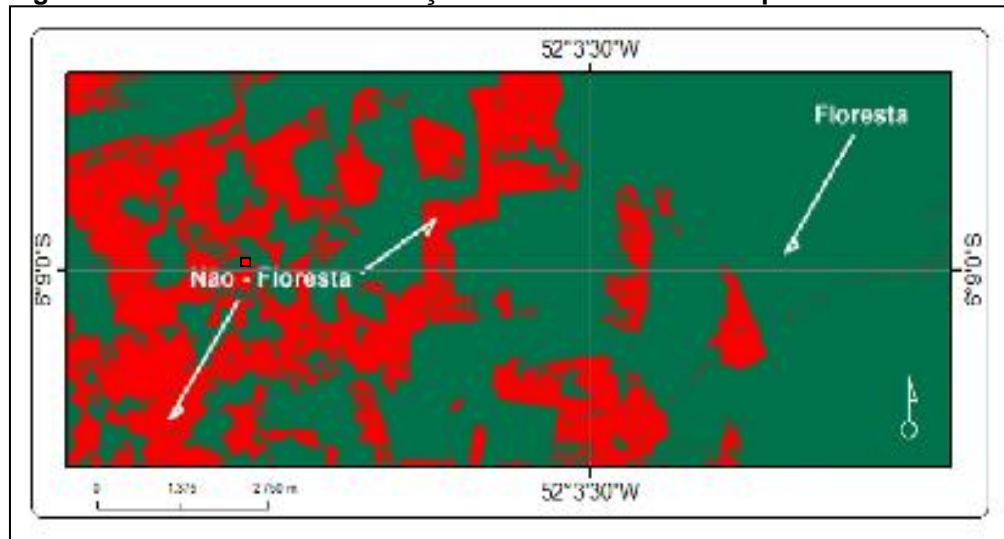
Os polígonos de desflorestamento foram identificados por meio do processo de classificação automática, obedecendo ao modelo desenvolvido por Câmara, Valeriano e Soares (2006), divulgado em “Metodologia para o Cálculo da Taxa Anual de Desflorestamento na Amazônia Legal”. Esta metodologia executa a transformação dos dados radiométricos em imagens de componente de cena (vegetação, solo e sombra), aplicando o algoritmo denominado de Modelo Linear de Mistura Espectral (SHIMABUKURO; SMITH, 1991).

Contudo, este trabalho se diferencia da metodologia de Câmara, Valeriano e Soares (2006) em dois pontos: as imagens não têm como base de referência a data de primeiro de agosto; e não houve redimensionamento dos *pixels* para 60 metros, permanecendo na resolução inicial das imagens do sensor TM, que é de 30 metros. Ao finalizar o processo de classificação, as segmentações resultantes foram agrupadas em duas classes majoritárias: floresta e não floresta, definidas por meio do processo de reclassificação que resultou em um arquivo formato *raster*.

O primeiro grupo de polígonos, em cor vermelha na figura 2, representou a área desflorestada e elementos que não são floresta (cerrado, área urbana, hidrografia, nuvem), formando a classe não floresta anual acumulada; e os polígonos restantes, verdes, foram considerados a classe floresta.

Por meio de álgebra de mapas, foi feita a distinção entre as diversas classes onde há ausência de floresta. Para tal, foram utilizados os dados vetoriais do projeto Prodes, os quais serviram como máscara de recorte. Assim, as feições compatíveis com a máscara foram removidas e o resultado foi a delimitação do desflorestamento acumulado para cada ano, possibilitando a identificação do incremento anual de desflorestamento, gerando três conjuntos de dados: incremento de 2001 a 2003; de 2004 a 2006; e de 2006 a 2008.

Figura 2: Resultado da classificação floresta e não floresta para o ano de 2006.



Fonte: Autores

Segmentação do espaço e definição das classes de agentes do desflorestamento

Segmentar o espaço é um método eficiente para se entender os fenômenos que lá ocorrem (ESCADA, 2003). A área de estudo foi seccionada em células de ocupação e estas foram as unidades de base para a análise e representação da ocupação (ou do desflorestamento). Neste trabalho, as células unitariamente ocupam 100 km² e foram construídas utilizando o programa *Terra View* (INPE/DPI, 2005). Além disso, a área de

estudo comportou 800 células de ocupação, tendo cada uma um identificador único (*Identification Data* – ID).

Para definir a tipologia dos agentes, foi obedecido o critério de tamanho de abertura anual na floresta. Cada polígono corresponde ao incremento de cada ano. A área foi calculada em hectares, e esta medida foi usada para qualificar cada agente. A associação entre tamanho de área e agente se fundamentou nas observações de campo executadas pelo grupo de pesquisadores da Rede Geoma, no subprojeto pecuária, que, desde 2004, desenvolve pesquisas na região estudada. Além disso, dois estudos também foram utilizados: o levantamento executado por Veiga et al, em 2004, que resultou no livro “Expansão e trajetórias da pecuária na Amazônia, Pará, Brasil”, e o Relatório, executado por Castro et al (2002), intitulado de “Estudo sobre as dinâmicas sociais na fronteira do desmatamento e expansão da pecuária na Amazônia”. Com estes fundamentos, construíram-se as seguintes categorias:

Pequeno: a este grupo foram atribuídos os incrementos anuais com tamanho até 30 ha. Nesta categoria enquadram-se os pequenos agricultores, que desenvolvem atividades agropecuárias, subsidiadas pela mão de obra familiar. Geralmente desenvolvem aberturas de formas irregulares, tanto para culturas quanto para pasto, em propriedades que variam entre 50 e 100 ha, mas que podem chegar até 300 ha.

Médio: a este grupo foram atribuídos os incrementos maiores que 30 e inferiores a 100 ha. Nesta categoria enquadram-se os produtores rurais que não dependem da mão de obra familiar. Geralmente possuem outra fonte de renda oriunda de atividades relacionadas à criação de gado e também da renda gerada pela especulação de terras. Este proprietário pode ter sua área variando entre tamanhos de 100 a 2.000 ha.

Grande: a este grupo foram atribuídos os incrementos maiores que 100 e inferiores a 500 ha. Em sua maioria, desenvolvem atividades ligadas à pecuária bovina, e estão, geralmente, associados aos fazendeiros. Caracterizam-se por desenvolver aberturas regulares e de grandes áreas.

Muito Grande: a este grupo foram atribuídos os incrementos maiores de 500 ha. Também estão ligados diretamente a atividades de pecuária bovina. São geralmente donos de grandes fazendas e empresas agropecuárias.

Caracterização das células de ocupação e geração de mapas temáticos

Dois modelos de caracterização foram adotados: o primeiro levou em consideração o número de aberturas realizadas por cada tipo de agente na célula; e o segundo levou em consideração a área desflorestada por cada agente. Desta forma, aquele que foi responsável pelo maior número de aberturas ou pela maior área desflorestada foi definido como dominante da referida célula.

Após a qualificação das células, foram gerados mapas temáticos diacrônicos evidenciando o papel de cada agente no avanço do desflorestamento. O modelo de representação utilizado foi a interpolação pelo Inverso do Quadrado da Distância, pois este funciona melhor quando temos pontos de amostras densos e igualmente espaçados.

A interpolação supõe que pontos próximos uns dos outros são mais semelhantes que aqueles mais distantes. Isso se fundamenta pela primeira lei da geografia formulada por Waldo Tobler, que diz: “todas as coisas são relacionadas, mas as coisas próximas são mais relacionadas que as distantes” (TOBLER, 1970, p. 03). No nosso caso, como todos os valores das células de ocupação são conhecidos, foi possível a construção de uma superfície contínua, que possibilitou a visualização do comportamento espacial dos agentes no avanço do desflorestamento.

Relação entre área desmatada e tipo de agente do desflorestamento

Antes de partir para as análises dos mapas temáticos, é importante se deter nas informações proporcionadas pelo geoprocessamento das imagens de satélites. Os

resultados das classificações em quantificação de aberturas na floresta são apresentados nas tabelas 1 e 2 e demonstram uma desaceleração na pressão sobre a floresta no primeiro decênio dos anos 2000. De fato, em todas as classes de agentes houve uma diminuição no número de aberturas e áreas desmatadas. A estratificação mostra que o primeiro período detém 45% das aberturas realizadas e 51% do total de área aberta ao longo dos oito anos apreendidos neste estudo, enquanto o último período detém 25% do número de aberturas e 20% do total de área aberta.

Tabela 1: Número de aberturas realizadas por cada categoria de atores sociais

Categoria	Período			TOTAL
	2001 a 2003	2004 a 2006	2006 a 2008	
Pequeno (até 30 ha)	9.341	6.190	5.328	20.859
Médio (> 30 < 100 ha)	2.046	1.501	1.164	4.711
Grande (> 100 < 500 ha)	787	426	276	1.489
Muito Grande (> 500 ha)	104	30	17	151
TOTAL	12.278	8.147	6.785	27.210

Org.: Autores.

Tabela 2: Soma das áreas desmatadas em hectares por tipo de categoria e atores sociais

Categoria	Período			TOTAL
	2001 a 2003	2004 a 2006	2006 a 2008	
Pequeno (até 30 ha)	91.500	67.156	56.796	215.452
Médio (> 30 < 100 ha)	108.126	77.456	59.704	245.286
Grande (> 100 < 500 ha)	154.410	81.727	49.831	285.968
Muito Grande (> 500 ha)	103.422	32.791	12.315	148.528
TOTAL	457.458	259.130	178.646	895.234

Org.: Autores.

Quando se comparam as duas tabelas, verifica-se que as categorias Pequeno e Médio são responsáveis pelo maior número de aberturas, e que, em contrapartida, quando observamos a área desflorestada por cada categoria, esta é maior sob a ação dos Grande e Muito Grande. Observando-se o período em que mais se desmatou (2001 a 2003), foram atribuídos a Grande e Muito Grande 257.832 ha, enquanto Pequeno e Médio (mais numerosos) desmataram 199.626 ha de floresta. Isso demonstra, claramente, que a realização de um número elevado de aberturas não significa necessariamente maior área de floresta derrubada.

Estes números, que denotam a relação entre número de aberturas e o tamanho de áreas, não são diretamente proporcionais, e isso é demonstrado na tabela 3, em que temos o tamanho médio das aberturas realizadas individualmente por cada categoria. Enquanto a categoria Pequeno executa aberturas médias de 10 ha, a Grande atinge uma média 20 vezes maior, enquanto a Muito Grande alcança a considerável média de 100 vezes maior em relação a Pequeno e 5 vezes maior em relação a Grande.

Tabela 3: Média individual de área desmatada em hectares por categoria de ator social

Categoria	Período		
	2001 a 2003	2004 a 2006	2006 a 2008
Pequeno (Até 30 ha)	9,79	10,84	10,65
Médio (> 30 < 100 ha)	52,92	51,6	51,29
Grande (> 100 < 500 ha)	196,2	191,82	180,54
Muito Grande (> 500 ha)	994,44	1096,39	724,45

Org.: Autores.

Mapeamento da evolução do papel de cada tipo de ator social

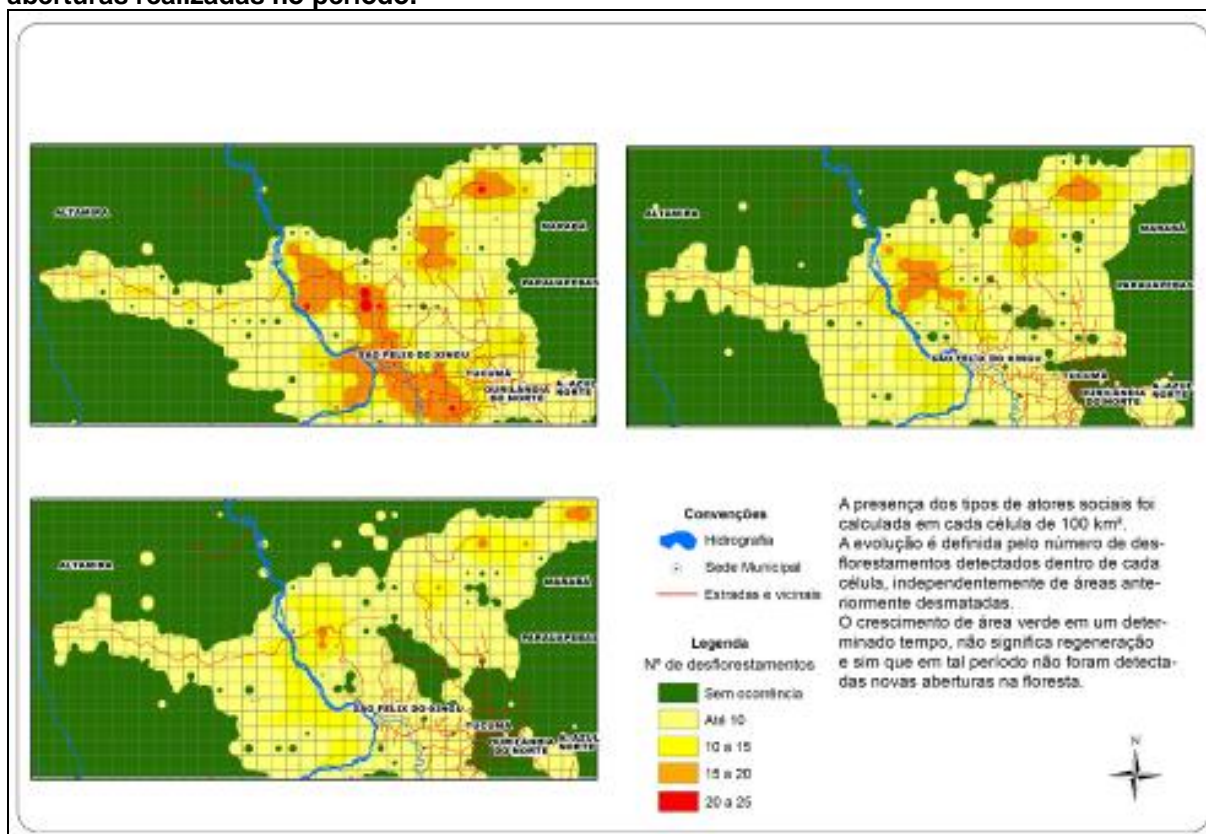
O pequeno

O grupo social da categoria Pequeno – o pequeno - é o ator social que aparece em toda a área estudada. É possível observar que este ator social tem pequena mobilidade, tendendo à estabilidade, não sendo diretamente responsável pela formação de novas ocupações nas áreas mais avançadas da frente pioneira. Especialmente, se locomove ao longo das estradas ou acompanhando outros atores, porém estes não são fatores determinantes para sua instalação, pois a vizinhança e fatores locais, tanto físicos quanto sociais, influenciam em seu estabelecimento na terra.

Na região de São Félix do Xingu, o pequeno localiza-se principalmente à margem direita do rio Xingu. É possível observar, na figura 3, áreas onde foi maior a concentração dos desflorestamentos realizados por este grupo, podendo chegar a até 150 aberturas dentro de uma célula. As concentrações de desflorestamento situam-se próximas à sede de São Félix do Xingu, nas proximidades da PA-279, indo em direção a Tucumã, mas também na região central do município, onde se encontram assentamentos implantados pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Há concentração também na região próxima a Porto Estrela, no rio Xingu.

Concentrações menores aparecem ao longo das vias que levam em direção ao município de Marabá; outras, próximas da sede de São Félix do Xingu. Assim, é possível observar que, em um primeiro momento, as concentrações de desflorestamento se deram principalmente na região considerada em consolidação e, depois, incursionaram em direções harmônicas, caracterizando um movimento espacial descrito por Pocard-Chapuis e Thalês (2008) como direção de movimento em ponta.

Figura 3: Evolução no espaço e tempo do ator social Pequeno, de acordo com o número de aberturas realizadas no período.



Org.: Autores.

O médio

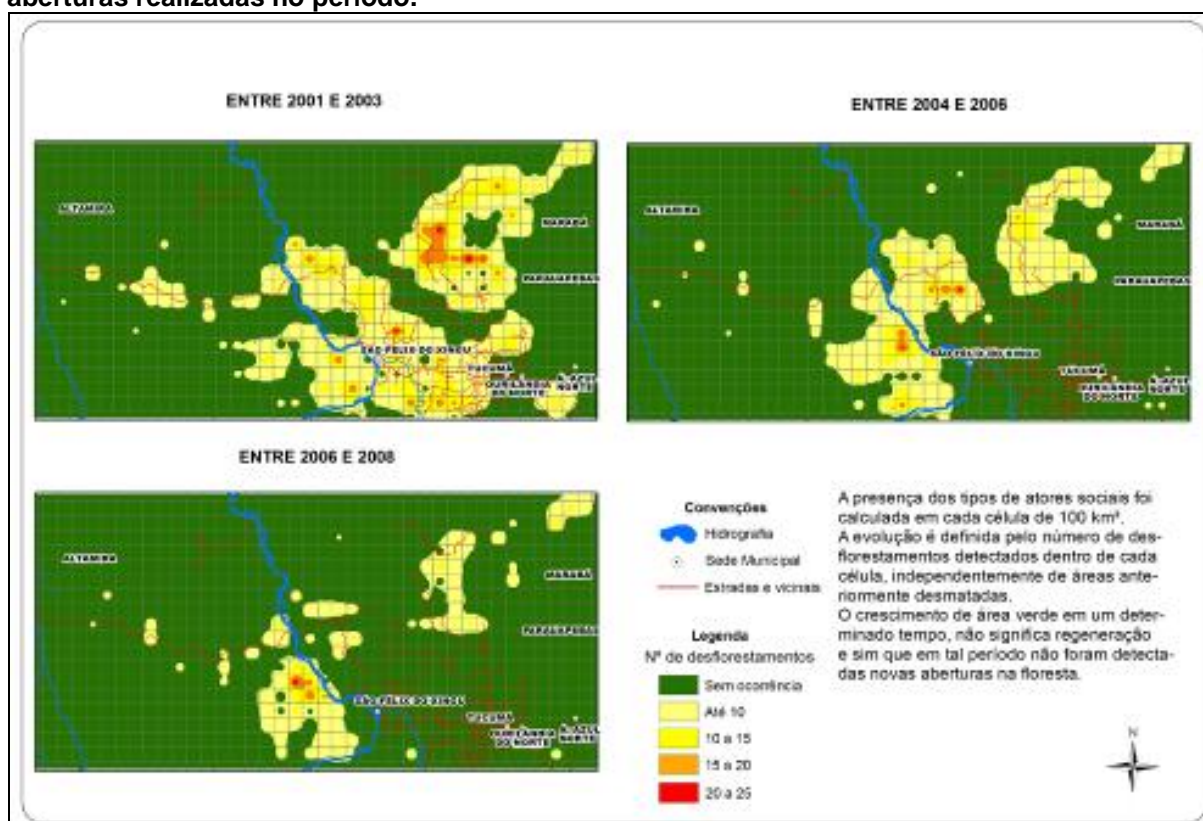
O ator social médio, grupo social da categoria Médio, aparece em menor número que o analisado anteriormente. No primeiro período, foi detectada sua ação mais acentuada

sobre a floresta (Figura 4), acontecendo sua atuação tanto em áreas isoladas como em áreas onde o pequeno atuou simultaneamente.

Nos períodos seguintes, houve uma considerável redução nas células dominadas por este ator, localizadas às proximidades dos assentamentos Lindoeste e Sudoeste e da sede municipal de São Félix do Xingu. Porém há uma forte presença deste na curva do rio Xingu, em sua margem esquerda, assim como nas proximidades de Porto Estrela, nas margens do mesmo rio.

O médio realizou poucas aberturas dentro das células e suas maiores concentrações não ultrapassaram 25 aberturas. Especialmente, encontra-se na região central mais a nordeste do rio Xingu. Ainda espacialmente, o médio apareceu inicialmente em manchas que o caracterizaram como um padrão de ocupação que se aproxima do padrão denominado de complexo e multipolar. Posteriormente, passou a se tornar mais próximo de um padrão polarizado e concêntrico.

Figura 4: Evolução no espaço e tempo do ator social Médio, de acordo com o número de aberturas realizadas no período.



Org.: Autores.

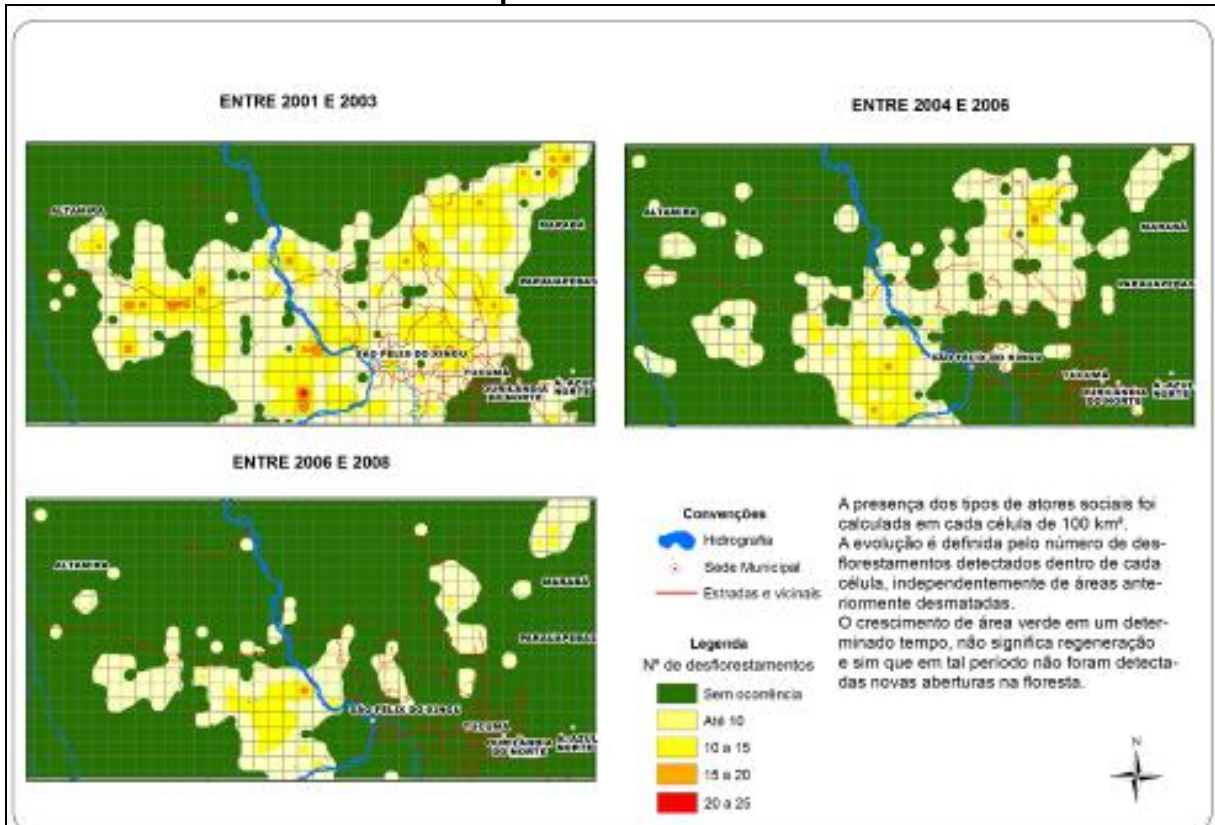
O grande

Este ator social, grupo da categoria Grande, é o que mais altera a paisagem quando se trata de área, pois seu modo de produção é baseado na pecuária bovina extensiva, voltada para o abastecimento de grandes centros urbanos. Como esta é a principal atividade econômica da região, encontramos este ator social em quase toda a área de estudo. O grande aparece em vários locais, assim como o pequeno, porém com um baixo número de aberturas. Quando se compara com as aberturas realizadas pelo pequeno, as realizadas pelo grande podem ser, aproximadamente, 20 vezes maiores.

É também importante perceber que as áreas de atuação se sobrepõem, e isso implica que, em uma mesma célula, podem atuar um ou vários tipos de atores. A figura 5 mostra onde estes atores executaram o desflorestamento na região entre 2001 e 2008, revelando as direções da atuação dos mesmos sobre os recursos florestais da fronteira. Nos

últimos anos analisados, percebeu-se a desaceleração do desflorestamento, fato este que está diretamente ligado à redução da atuação do ator grande na região. Contudo, espacialmente, o grande não mudou a localização da sua atuação no desflorestamento, permanecendo durante todos os períodos como multipolar. É possível, também, observar que, mesmo com a diminuição da sua atuação em toda a área de estudo, nas áreas à margem esquerda do Xingu - que vão desde seu leito partindo em direção Leste rumo ao rio Iriri, abaixo da estrada conhecida como Canopus - este agente atuou constantemente. Esta área é considerada como a vanguarda da frente pioneira.

Figura 5: Evolução no espaço e tempo do ator social Grande, de acordo com o número de aberturas realizadas no período.



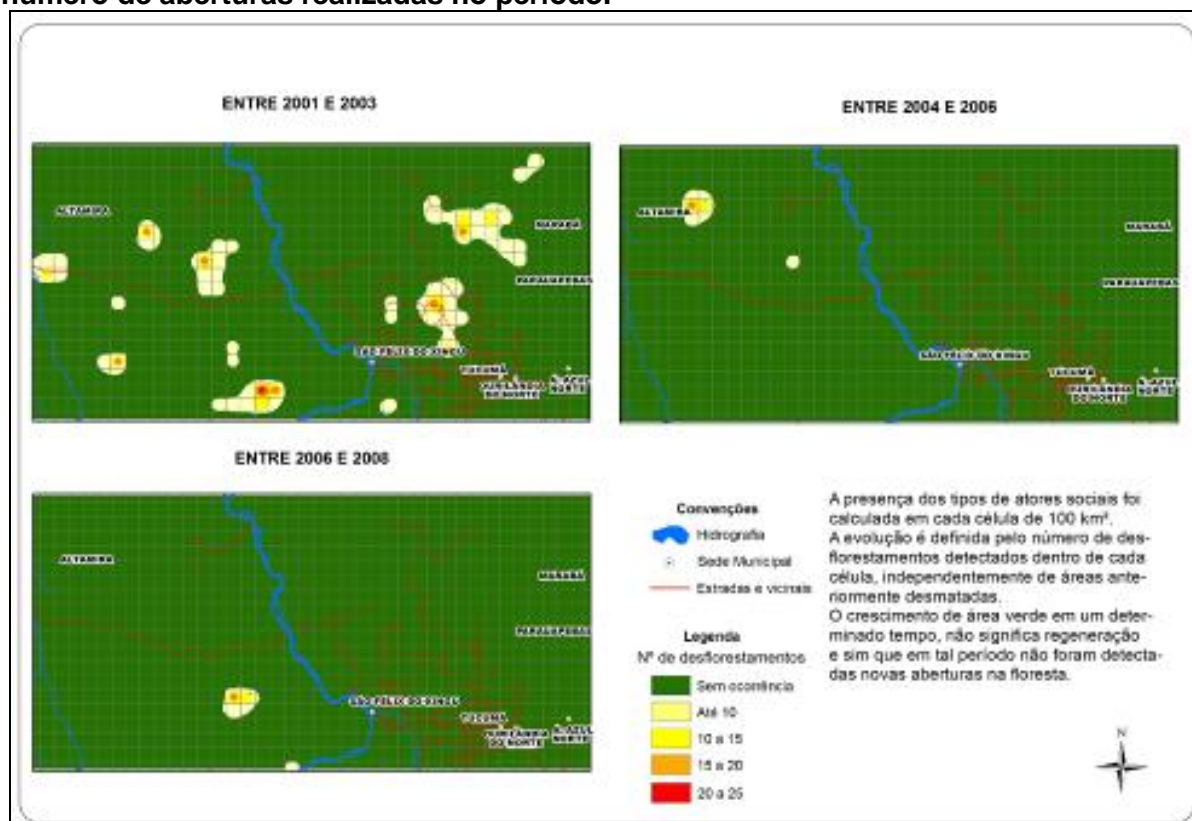
Org.: Autores

O muito grande

Mais ainda que o anterior, este ator, do grupo social da categoria Muito Grande, pratica grandes aberturas, que se caracterizam por áreas superiores a 500 ha. Devido à envergadura de sua atuação, elas não são tão frequentes, porém mesmo sua pouca atuação causa a remoção de grande quantidade de floresta primária de uma só vez.

Em razão de não serem muito numerosas, as localizações deste ator são caracterizadas como polarizadas ou concêntricas, pois, pela característica das aberturas que praticam sobre a floresta, fica mais difícil o espraiamento deste grupo, por inúmeros fatores, que passam pela necessidade da disponibilidade de grandes áreas, pela fiscalização e também pelo custo do desflorestamento. Estes pólos encontravam-se espalhados no primeiro período e foram drasticamente diminuídos com o passar do tempo, resultando nas reduções dos desflorestamentos na região. A relação entre a diminuição do aparecimento de grandes áreas desmatadas com a diminuição da ação deste ator foi diretamente proporcional, o que denota o forte impacto que ele tem na dinâmica da frente pioneira, mesmo sendo bem inferior, numericamente, aos demais.

Figura 6: Evolução no espaço e tempo do ator social Muito Grande, de acordo com o número de aberturas realizadas no período.



Org.: Autores.

Considerações finais

Quem desmatou e quem desmata na região?

Para Santos (1997) o fator que nos instrui sobre o significado das coisas é o seu histórico. Contudo, é preciso tomar cuidado, pois é sempre perigoso reduzir o histórico de uma região a um esquema por meio de métodos sintéticos, já que se corre o risco de desconsiderar partes importantes. Mesmo sabendo disso, assumimos aqui a simplificação, visando, em um tempo definido, entender melhor o processo do desflorestamento em área de fronteira, mostrando um retrato do comportamento espacial de alguns atores sociais na fronteira, por meio de métricas simples.

Ao considerar os números do desflorestamento do início da década de 2000, observa-se que o panorama espacial era relacionado diretamente à ação dos atores Grande e Muito Grande, que chegavam a ser responsáveis por 100% dos desflorestamentos em uma célula de ocupação, cenário este que foi alterado no final da mesma década, quando tiveram seu ritmo diminuído, sendo superados pelos atores pequeno e médio na remoção de floresta. Este indicativo fomenta novos estudos que busquem entender as ações que causaram tal cenário.

O panorama em que os atores pequeno e médio superaram em área desmatadas o Grande deve ser considerado como um cenário de redução de novos desflorestamentos. Nesta perspectiva, os novos líderes do desmatamento devem ser vistos como aqueles que menos desaceleraram no avanço sobre a floresta e não como os que mais atuaram. Esta reflexão é possível por meio da comparação de estratégias de uso da terra dos atores envolvidos. O pequeno e o médio executam novas aberturas em áreas de florestas para implantação de atividades agropecuárias em intervalos de tempo menores que os usados pelo grande. Este último normalmente já desmata no seu processo de instalação toda área

de floresta de que necessita. Enquanto isso, para o pequeno, o desflorestamento ainda é essencial no funcionamento dos seus estabelecimentos, principalmente nos sistemas de produção familiares.

Então, podemos inferir que a dinâmica de desflorestamento na área, quando em seu ápice, teve como principais atores o grande e o muito grande e se caracterizava como de cunho empresarial, já que o avanço sobre a floresta era, em sua maior parte, realizado por grandes empresas agropecuárias. E que, na atualidade, a dificuldade de redução de desmatamentos, principalmente pelo pequeno, constitui-se em um complexo problema a ser enfrentado, na medida em que a redução a desmatamento zero, sem outra alternativa de renda, pode ter impacto direto na exclusão de parte destes atores da área rural, fato esse que causaria desequilíbrio na dimensão social do desenvolvimento local.

O novo panorama apresentado na região de São Félix do Xingu desconfigura o desflorestamento gerado até então por um problema empresarial e o transforma em problema social, ligado a políticas de assentamentos ainda ineficientes do ponto de vista ambiental e à ausência de políticas de desenvolvimento contínuo, entre outros fatores que impedem o apoio necessário ao estabelecimento de menor porte e impossibilitam o desenvolvimento sustentável destes atores.

Avanços das geotecnologias no monitoramento de dinâmicas locais

Nos últimos anos, as geotecnologias estão contribuindo para os mais variados campos de construção de conhecimento. Recentemente, alguns trabalhos já realizaram a integração de informações de cunho socioeconômico, padrões espaciais de desflorestamento e dados fundiários. Esta pesquisa contribui com essa construção quando busca automatizar, por meio da potencialidade das ferramentas computacionais e de estatísticas espaciais, a identificação e o monitoramento da dinâmica do desflorestamento em regiões de frente pioneira, onde a falta de recursos técnicos, informacionais e operacionais dificulta a realização de estudos.

Os resultados obtidos, além de fornecerem informações sobre onde estão atuando os tipos de atores sociais envolvidos no desflorestamento, podem subsidiar a construção de modelos computacionais para o monitoramento do desflorestamento, assim como também modelos de previsões de trajetórias de ocupações, melhorando, assim, o entendimento sobre estas regiões e planejando futuras ações para as mesmas.

A identificação de áreas desmatadas relacionadas a grupos sociais atuantes no local possibilita a observação de comportamentos aglomerados ou dispersos, que, assim qualificados, fomentam a determinação de espaços com características semelhantes ou não, facilitando o processo de ordenamento territorial, fator útil para a construção de políticas públicas para o desenvolvimento local.

A pesquisa também contribui para um melhor entendimento da polêmica questão do papel dos pequenos produtores na questão do desflorestamento da Amazônia. As avaliações feitas neste estudo argumentam que os produtores rurais desta categoria executam continuamente aberturas na floresta que, numericamente, são superiores aos demais tipos de produtores; porém, em se tratando de área aberta, os impactos causados na floresta pelo pequeno produtor são proporcionalmente menores quando comparados aos causados pelos demais produtores.

Implicações para políticas públicas

A replicação desta metodologia em outras regiões possibilitará reconhecer outros indicadores de identificação dos atores, assim como processos envolvidos na questão do desflorestamento. Isso promoveria o desencadeamento de diferentes diagnósticos para cada região. Saber onde estão os atores que proporcionam a dinâmica da paisagem possibilita a construção de políticas direcionadas para o desenvolvimento da área, qualificando impacto ambiental gerado e o tipo de produtor envolvido. Portanto, saber onde

está o impacto e quem está por trás dele facilita o monitoramento sistemático, contribuindo para a elaboração de políticas já direcionadas a um determinado ator.

Finalmente, a compreensão da configuração espacial dos tipos de atores possibilita melhorar a concepção de projetos políticos nas regiões de fronteiras agrícolas, com o desenvolvimento de políticas específicas, sejam elas de repressão ao desflorestamento ou de construção de novas estratégias de ocupação. Estas ações podem se tornar mais eficientes se, na formulação delas, estiver disponível um diagnóstico preliminar de configuração espacial dos atores, o qual contribuirá primordialmente para uma satisfatória política de ordenamento territorial.

Referências

BROWDER, J. O.; GODFREY, B. J. **Rainforest Cities: Urbanization, Development and Globalization of the Brazilian Amazon**. New York: Columbia University Press. 1997.

ERSI. ArcGIS/ArcMap 9.0. **Support Center**, 2005. Disponível em: <<http://support.esri.com/>>. Acesso em: 15 mai. 2007.

CALDAS, M. M, et al. Ciclo de vida da família e desmatamento na Amazônia: Combinando Informações de Sensoriamento Remoto com Dados Primários. **Rev. Bras. Econ.** Rio de Janeiro v.57, n.4, oct./dec. 2003.

CÂMARA, G.; VALERIANO, D. M.; SOARES, J. V. **Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal**. São José dos Campos: Inpe, 2006. 24p. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>>. Acesso em 12 de novembro de 2008.

CASTRO, E.; MONTEIRO, R.; CASTRO, C. P. **Estudo sobre dinâmicas sociais na fronteira, desmatamento e expansão da pecuária na Amazônia**: relatório técnico. Belém, Banco Mundial, 2002. 141 p.

ESCADA, M. I. S. **Evolução de padrões de uso e cobertura da terra na região centro-norte de Rondônia**. Tese. 256 f. (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, São José dos Campos, 2003.

ESCADA, M. I. S. et al. Processos de ocupação nas novas fronteiras da Amazônia (o interflúvio do Xingu/Iriri). **Estudos Avançados**, São José dos Campos, v. 19, n. 54, p. 9-24, Ago. 2005.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 215-245, jul. 2005.

HÉBETTE, J.; ACEVEDO MARIN, R. **Colonização para quem?** Belém: NAEA/UFGA, 1979.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Projeto Prodes** – Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite, 2011. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>>. Acesso em: 22 out. 2011.

INPE/DPI. **O aplicativo TerraView**, 2005. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/terraview>>. Acesso em: 23 jun. 2008.

MARTINS, J. S. O tempo da fronteira: retorno à controvérsia sobre o tempo histórico da frente pioneira e da frente de expansão. **Tempo Social: Revista de Sociologia da USP**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 25-70, mai. 1996.

MERTENS, B. et al. Crossing spatial analyses and livestock economics to understand deforestation processes in the Brazilian Amazon: the case of São Felix do Xingu in South Pará. **Agricultural Economics**, Washington, n. Special issue “Spatial analysis for agricultural economics: concepts, topics tolls and example”, p. 12-57, Jul. 2002.

MERTENS, B.; LAMBIM, E. F. Spatial modeling of deforestation in southern Cameroon, spatial disaggregation of diverse deforestation process. **Applied Geography**, Maryland, USA, v. 17, n. 2, p. 143-162, Out. 1997.

MONTEIRO, M. de A.; COELHO, M. C. N.; BARBOSA, E. J. da S.; Fronteira, corredores de exportação e rede urbana na Amazônia oriental brasileira. **GEOgraphia** Rio de Janeiro, v. 13, n. 26. p. 53-71. Ago. 2011.

NOVO, E. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. São Paulo: Edgar Blucher, 1991.

POCCARD-CHAPUIS, R.; THALÊS, M. C. **Reunião de Trabalho Projeto GEOMA/PECUÁRIA.**, São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2008.

POSEY, D. A. Time, space, and the interface of divergent cultures: the Kayapó indians of the Amazon face the future. **Revista de Antropologia**. São Paulo, Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Ciências Sociais, FFLCH-USP. v. 25, p. 67-97, Abr.1982.

SANTOS, M. **Técnica, Espaço, Tempo: globalização e meio técnico-científico informacional.**, São Paulo: Hucitec, 1997.

SHIMABUKURO, Y. E.; SMITH, L. A. The least-square mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. In: **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, New York: Ann Arbor, 1991, p. 16-20.

SILVA, M. P. D. S.; CAMARA, G.; ESCADA, M. I. S. Remote-sensing image mining: detecting agents of land-use change in tropical forest areas. **International Journal of Remote Sensing**, Beijing, v. 29, n. 16, p. 4803-4822, aug. 2008.

SOJA, E. W. **Postmodern Geographies: The Reassertion of Space in Critical Social Theory**. New York: Routledge; Chapman & Hall, 1989.

TOBLER, W. R. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. **Economic Geography**: Detroit, USA, : Detroit University, v46, p. 234–40, 1970.

VENTURIERI, A. **A dinâmica da ocupação pioneira na rodovia Transamazônica: Uma abordagem de modelos de paisagem**. São Paulo: Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – UNESP, 2003.

Recebido para publicação em 25 de Fevereiro de 2013

Aceito para publicação em 05 de Agosto de 2013