

ANÁLISE EVOLUTIVA DA COBERTURA VEGETAL E DO USO DA TERRA EM PROJETOS DE ASSENTAMENTOS NA FRONTEIRA AGRÍCOLA AMAZÔNICA, UTILIZANDO GEOTECNOLOGIAS¹

Orlando dos Santos WATRIN²

Carla Bernadete Madureira CRUZ³

Yosio Edemir SHIMABUKURO⁴

Resumo

A microrregião do Sudeste Paraense constitui hoje uma das áreas críticas de desflorestamento na Amazônia, fruto das grandes transformações socioeconômicas que tem atravessado. Neste trabalho é avaliada espacialmente a dinâmica da cobertura vegetal e uso da terra nos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Lago Azul e São Francisco. Para isso, imagens TM/Landsat de 1984, 1988, 1992, 1996 e 2000 foram analisadas considerando a classificação supervisionada por regiões de imagens fração (vegetação, solo e sombra), geradas a partir de modelo linear de mistura espectral. Verificou-se que a redução das áreas de floresta primária está associada aos períodos de ampliação das atividades agropecuárias, cuja intensidade é variável com o projeto de assentamento e o período analisado. As pastagens representam o padrão dominante do uso da terra, cujos incrementos em área chegam, por vezes, a duplicar entre anos consecutivos. Para a dinâmica da paisagem, os maiores percentuais de estabilidade ocorreram principalmente para as classes Floresta Primária e Capoeira Alta. As maiores taxas de conversão entre classes ocorreram para unidades de pastagem, em especial para a classe Pasto Sujo. Os processos de antropização, ocorridos nas áreas de estudo, apresentaram trajetórias distintas, fruto das particularidades do fluxo de migração e de estratégias de distribuição de terras.

Palavras-chave: sensoriamento remoto; geoprocessamento; análise multitemporal; dinâmica da paisagem; Amazônia Oriental.

Abstract

Evolving analysis of land cover and land use in settlement projects in the amazonian agricultural frontier, using geotechnology

The southeastern region of Pará, Brazil, constitutes today one of the critical areas of deforestation in Amazonian region, due to the great socioeconomic transformations that have occurred. In this context, the present work evaluates the spatial dynamics of the land cover and land use in the "Agroextrativista Praia Alta and Piranha", "Lago Azul" and "São Francisco" settlement projects. For this, Landsat/TM images from 1984, 1988, 1992, 1996, and 2000 were analyzed considering the supervised classification by regions of fraction images (vegetation, soil, and shade), generated by the Linear Spectral Mixing Model. It was verified that the reduction of primary forest areas is associated with the intensification periods of agricultural and cattle raising activities, with variable intensity according to different settlement projects and the analyzed time periods. Pasture represents the dominant pattern of local land use, increasing in area, sometimes, doubling in consecutive years. For the dynamics of the landscape, the higher percentage of stability occurred for the classes "Floresta Primária" (Primary Forest) and "Capoeira Alta". Higher percentage of conversion to pasture, especially "Pasto Sujo" (Weedy Pasture), were observed for all the classes mapped. The antropization processes, which occurred in the study areas, have shown distinct trajectories due to the particularities of the migration flux and the strategies of land distribution.

Key words: remote sensing; geoprocessing; multi-temporal analysis; landscape dynamics; southeastern Brazilian Amazonia.

¹ Trabalho desenvolvido com suporte financeiro do Projeto de Apoio ao Desenvolvimento de Tecnologia Agropecuária (PRODETAB).

² Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental - EMBRAPA/CPATU. Caixa Postal 48 - 66095-100 - Belém, PA. E-mail: watrin@cpatu.embrapa.br

³ Professora da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Caixa Postal 68537 - 21945-970 - Rio de Janeiro, RJ. E-mail: cmad@domain.com.br

⁴ Pesquisador Titular do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos, SP. E-mail: yosio@ltdid.inpe.br

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a Amazônia vem recebendo atenção especial da comunidade científica internacional, devido à intensificação das frentes pioneiras de colonização. As preocupações ambientais decorrentes desse processo devem-se à velocidade e à intensidade com que vêm sendo implementadas, acarretando alterações ambientais significativas nas áreas mais críticas. Além da problemática ambiental, o desmatamento intensivo vem provocando impactos sociais que têm suscitado uma reorientação da ocupação espacial e da exploração econômica, em consonância com os interesses e o saber das comunidades aí estabelecidas.

Nesse contexto, insere-se a mesorregião do Sudeste Paraense, cuja economia baseada no extrativismo da castanha-do-pará, se manteve em ascensão até meados da década de 80, quando então, progressivamente, entrou em declínio pela mudança do paradigma desenvolvimentista. Para Homma *et al.* (1996), as transformações econômicas que se sucederam acabaram minando o poder político-econômico dos donos dos castanhais, fazendo com que o uso da terra para cultivo passasse a ganhar mais importância. Por outro lado, devido ao incentivo governamental, à melhoria da infraestrutura e à sua posição geográfica, a região recebeu um fluxo migratório crescente, o que contribuiu para ampliar ainda mais o espectro de mudanças na ordem socioeconômica reinante. Os camponeses migrantes, como em geral, não tinham acesso à terra, acirravam os antagonismos sociais, principalmente nas áreas de mais fácil acesso.

Conforme McCracken *et al.* (1999), as mudanças ambientais em áreas de fronteira agrícola, tais como desflorestamento, sucessão secundária e conversão de floresta para pastagem, devem ser entendidas como um produto das características dos produtores, das circunstâncias do fluxo de migração e da idade do assentamento rural, além das mudanças nas políticas de crédito. Para Homma *et al.* (2001), nos projetos de assentamentos rurais no Sudeste Paraense, em face da agressividade do processo de ocupação de terras, a ação do Incra tem sido muito mais em regularizar as áreas ocupadas através de invasões. Para esses autores, o contínuo fluxo de migrantes faz com que seja quase impossível uma ação planejada de ocupação, não obedecendo, assim, nenhum critério ambiental, de zoneamento agrícola, além da ausência de práticas tecnológicas adequadas. Dessa forma, considerando que tais ocupações de terra foram efetuadas sem o apoio da assistência técnica, definição de alternativas econômicas e de infra-estrutura apropriadas, os números de assentados servem apenas para aumentar as cifras da reforma agrária, garantindo uma solução parcial dos migrantes e da questão fundiária brasileira.

Na avaliação espacial de tal problemática, os estudos ambientais revestem-se de grande importância para auxiliar no entendimento dos processos de ocupação de regiões como a Amazônia. Dentre as abordagens potenciais, a combinação de produtos e técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento apresenta-se como ferramenta valiosa para subsidiar tais estudos no âmbito de ambientes tropicais.

Considerando essas premissas, este trabalho tem como objetivo geral avaliar a dinâmica do uso da terra e seus reflexos na cobertura vegetal nos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Lago Azul e São Francisco, sudeste do Estado do Pará, a partir do uso integrado de sensoriamento remoto e geoprocessamento, de modo a subsidiar o planejamento do uso das terras e o manejo sustentável dos recursos disponíveis nessas áreas.

CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

As áreas de estudo correspondem a três projetos de assentamentos rurais (PAs) localizados na mesorregião do Sudeste Paraense (Figura 1): o PA Lago Azul e o PA Agroextrativista Praiaalta e Piranha, ambos no município de Nova Ipixuna, e o PA São Francisco, no município de Eldorado dos Carajás. O PA Agroextrativista Praiaalta e Piranha, com área de 28.586,25 ha, situa-se entre as latitudes 04°43'55" e 04°58'17" S e longitudes 49°13'38" e 49°24'37" WGr.; o PA Lago Azul, com 3.244,32 ha, localiza-se entre as latitudes 05°12'05" e 05°15'30" S e longitudes 49°09'22" e 49°13'50" WGr.; e o PA São Francisco com área de 7.549,92 ha, encontra-se entre as latitudes 05°49'10" e 05°56'11" S e as longitudes 49°09'04" e 49°16'02" WGr.

A rede hidrográfica é formada pelo rio Tocantins e seus tributários, como o igarapé Piranha e o rio Vermelho, além da parte sudeste do lago da hidrelétrica de Tucuruí. Por sua vez, a malha viária existente está subordinada à influência da rodovia PA-150, que corta toda a porção leste do Estado do Pará no sentido norte-sul.

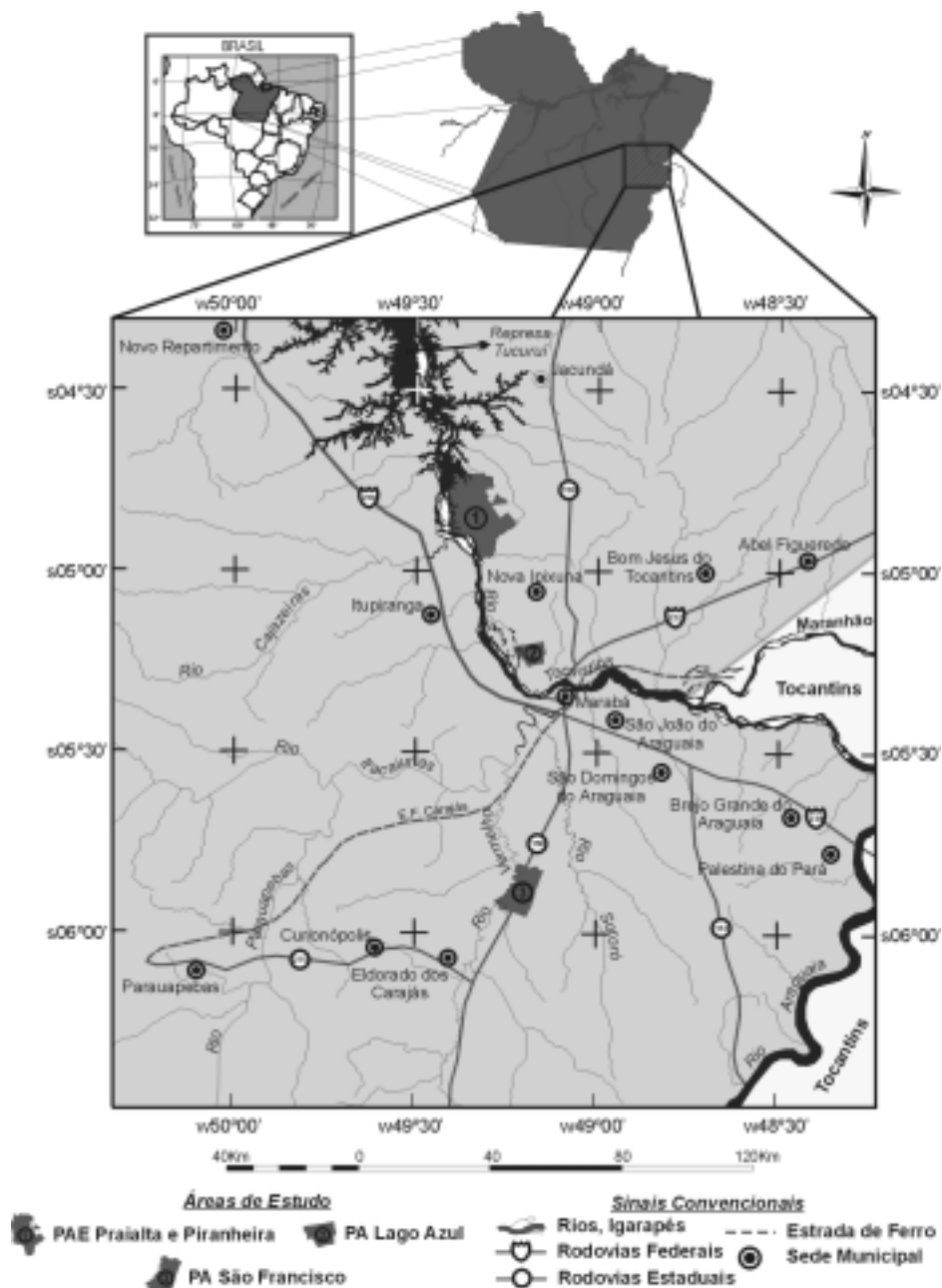
Com base nos dados relativos ao período de 1973-1990 para a estação meteorológica de Marabá (Brasil, 1992), o clima é caracterizado como tropical chuvoso, com índices pluviométricos anuais relativamente altos e observância de uma nítida estação seca. A média anual da temperatura corresponde a 26,1°C, sendo a máxima de 31,7°C e a mínima de 22,1°C. A média anual da umidade relativa do ar situa-se próxima a 82%, enquanto a precipitação pluviométrica registrou um total médio anual de 2.087,5 mm, sendo o trimestre mais chuvoso entre os meses de fevereiro a abril, e o mais seco entre os meses de junho a agosto.

Os solos das áreas de estudo são caracterizados por apresentarem-se distróficos, álicos e com boas propriedades físicas (EMBRAPA..., 2002). Na área do PA Agroextrativista Praiaalta e Piranha, há predominância dos Argissolos Amarelos distróficos, de textura binária média/ argilosa, em relevo suave ondulado, sendo também observadas associações com Latossolos Amarelos, de textura média a argilosa, com intrusões de Neossolos Quartzarênicos distróficos típicos, em relevo plano. Os solos dominantes na área do PA Lago Azul são os Neossolo Quartzarênico Órtico latossólico e o Neossolo Quartzarênico Órtico hidromórfico, sendo este último situado na várzea em relevo plano; nas partes mais altas do relevo, aparece o Latossolo Amarelo distrófico típico, de textura média a argilosa. Para a área do PA São Francisco os solos mais representativos são os Argissolos Vermelho-Amarelos, associados aos Latossolos Vermelho-Amarelos argissólicos e aos Cambissolos Háplicos. Com ocorrência mais restrita, aparecem ainda na área dos três PAs, solos hidromórficos indiscriminados.

No tocante à cobertura vegetal, a área de interesse, conforme Veloso *et al.* (1974), está sob o domínio da Floresta Ombrófila Densa Submontana Aplainada, que pode apresentar cobertura florestal de maneira uniforme ou com presença de árvores emergentes. Em menor proporção, são registradas ainda manchas de Floresta Ombrófila Aberta, sob a forma das variações com cipós e com palmeiras. Em virtude das modificações antrópicas ocorridas nas duas últimas décadas, houve formação de áreas significativas de vegetação secundária (capoeiras) em vários estágios de sucessão, com estrutura e densidade variáveis.

Nos três PAs, a maioria dos colonos é oriunda de estados nordestinos, principalmente do Maranhão, atraídos por melhores condições de vida. Os sistemas de produção agrícola são desenvolvidos com baixa diversificação e baixo nível tecnológico, em propriedades de pequenas dimensões, concentradas entre 40 e 60 ha (WATRIN, 2003). As culturas de subsistência (arroz, milho, mandioca e feijão) assumem posição de destaque entre os produtores, apesar das pastagens serem o uso da terra mais marcante. Em menor proporção, são desenvolvidas culturas perenes (cupuaçu e banana), criação de bovinos e aves, além de atividades extrativas.

Figura - 1 - Localização das áreas de estudo



MATERIAL E MÉTODOS

Sistematização de Dados Georreferenciados

Visando à caracterização da cobertura vegetal e do uso da terra nas áreas de estudo, foram utilizadas imagens TM/Landsat (órbita/ ponto 223/064 N, bandas TM 1 a 5 e 7), referentes as datas de 11/07/1984, 06/07/1988, 02/08/1992, 12/07/1996 e 07/07/2000. Como base cartográfica, foram consideradas cartas planialtimétricas da DSG (folhas Nova Ipixuna-MI 800, Marabá-MI 873 e Faz. Barreira Branca-MI 950), na escala 1:100.000. Foram ainda empregados mapas dos PAs na escala 1:100.000, elaborados pelo Incra, visando à definição dos limites das áreas de estudo (perímetros dos assentamentos).

A entrada e a análise de dados georreferenciados foram conduzidas no programa Spring para *Windows*, versão 3.5.1 (INPE/ DPI, 2002). Após a importação das imagens para o sistema, foi implementada a operação de georreferenciamento, considerando a imagem mais antiga (11/07/1984) e as cartas topográficas da DSG. A seguir, foi efetuada a etapa de registro, no qual as imagens dos anos de 1988, 1992, 1996 e 2000 foram registradas, considerando-se como referência a imagem já georreferenciada de 1984.

Retificação Radiométrica das Imagens

De forma a buscar a uniformização dos padrões de cobertura vegetal e uso da terra, presentes nas imagens selecionadas, foi empregado um processo de normalização radiométrica, envolvendo duas etapas distintas. Na primeira etapa, seguindo orientação de Markham e Barker (1986), os números digitais das imagens brutas foram transformados em valores de radiância, a partir de parâmetros orbitais do satélite e de calibração do sensor, sendo os valores de radiância obtidos convertidos posteriormente para reflectância aparente.

Em seguida, foi aplicado o método de retificação radiométrica, proposto por Hall *et al.* (1991), sendo baseado em duas fases: a aquisição de um conjunto de dados de controle claros e escuros, correspondentes a alvos com baixa ou nenhuma variação das reflectâncias médias entre as imagens; e a determinação empírica dos coeficientes para a transformação linear das imagens de interesse em relação aos dados tomados por referência, de modo a normalizar as respostas radiométricas das imagens em questão, em suas diferentes bandas.

Aplicação do Modelo Linear de Mistura Espectral

Nos modelos lineares de mistura espectral, a resposta de cada *pixel* de uma imagem é considerada uma combinação linear das respostas espectrais de cada componente existente na mistura. Para Shimabukuro e Smith (1991), tais modelos visam estimar a proporção das componentes constituintes para cada *pixel*, a partir da resposta espectral nas diferentes bandas de um sensor, gerando imagens sintéticas relativas às frações de cada componente puro.

O modelo utilizado baseia-se no critério dos mínimos quadrados ponderados (MQP), sendo implementado a partir da identificação dos alvos pertencentes a cada componente puro de interesse, nas bandas originais da imagem padrão (1984). Assim, os componentes vegetação, solo e sombra foram obtidos respectivamente em área de sucessão secundária inicial, solo exposto e água profunda. Foi feita a compa-

ração das curvas de reflectância definida pelos *pixels* selecionados para cada componente puro, com aquelas consideradas como padrão dos alvos em questão. Posteriormente, foram estimadas as proporções de cada componente dentro dos *pixels*, gerando, como produto, novas bandas referentes às imagens fração vegetação, solo e sombra. Considerando que todas as imagens envolvidas encontravam-se ajustadas radiometricamente, o modelo obtido para a imagem de 1984 foi aplicado às demais imagens para obter as suas correspondentes imagens fração.

Segmentação e Classificação por Regiões

O processo de segmentação foi aplicado considerando-se apenas as imagens fração vegetação, solo e sombra, obtidas para cada uma das datas consideradas. Foram selecionados visualmente, os limiares 8 para similaridade e 10 para área, julgados mais adequados para a formação de segmentos homogêneos referentes aos padrões de interesse. Após a fase de segmentação, foram gerados arquivos de contexto, nos quais são armazenadas informações como: tipo de classificador, bandas ou imagens utilizadas e imagem segmentada de interesse. As imagens foram submetidas ao processo de extração de regiões de atributos estatísticos, sendo adquiridos os parâmetros necessários para a etapa de classificação das imagens envolvidas, tais como média, matriz de covariância e área.

O processo de classificação por regiões foi conduzido a partir do algoritmo Bhattacharya que, por ser ligado ao método supervisionado, necessita de um conhecimento prévio das feições ocorrentes na área de estudo. Para isso, foi realizado um trabalho de campo, o que permitiu correlacionar as feições espectrais presentes na imagem mais recente (2000) com os padrões de cobertura vegetal e uso da terra, observados no campo. A classificação foi realizada apenas a partir das imagens fração vegetação, solo e sombra, não considerando as bandas originais, face ao baixo desempenho obtido, quando as mesmas são associadas às sintéticas, como observado por Aguiar *et al.* (1999). Após a coleta de amostras das classes de interesse, foi efetuada uma análise do desempenho das mesmas sob limiar de 99,9%, sendo, posteriormente, gerada a classificação também com o mesmo limiar, visando obter um menor índice de rejeição, sem baixar o seu desempenho. A seguir, foi realizado o mapeamento para as geoclasses (definidas no banco de dados), visando à criação de imagens temáticas para cada ano envolvido no estudo.

Cálculo de Área das Classes Temáticas e Análise da Dinâmica do Uso da Terra

A partir da obtenção das imagens temáticas de interesse, foram realizadas a quantificação de área das classes mapeadas e a análise da dinâmica da cobertura vegetal e do uso da terra nos anos em estudo. Esta última etapa foi possibilitada através do cruzamento entre imagens de datas consecutivas (tabulação cruzada), com base na distribuição espacial de suas informações temáticas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens fração, obtidas a partir do modelo linear de mistura espectral, mostraram-se eficientes para a detecção e discriminação das classes de cobertura vegetal e uso da terra de interesse. Vale salientar, conforme preconizado por Aguiar *et al.* (1999), a capacidade dessa abordagem como forma de reduzir a dimensão dos dados para a classificação e ainda permitir que nas novas bandas geradas, as classes não fossem descritas em função de suas respostas espectrais, mas sim de uma característica física.

Tabela 1 - Quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e do uso da terra no período 1984-2000, para o PA Praia Alta e Piranha, Nova Ipixuna, Pará

Unidade de Mapeamento	1984		1988		1992		1996		2000	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Floresta Primária	26.270,46	91,90	23.852,88	83,44	22.611,78	79,10	21.558,24	75,41	17.308,53	60,55
Capoeira Alta	1.372,95	4,80	848,25	2,97	1.342,80	4,70	837,72	2,93	3.328,65	11,64
Capoeira Baixa	219,60	0,77	506,70	1,77	1.015,47	3,55	813,15	2,84	4.160,16	14,55
Solo Exposto	107,46	0,38	43,11	0,15	159,66	0,56	217,08	0,76	192,87	0,67
Pasto Limpo	90,72	0,32	769,50	2,69	364,50	1,28	705,42	2,47	944,91	3,31
Pasto Sujo	448,02	1,57	308,16	1,08	1.363,59	4,77	2.144,88	7,50	2.609,91	9,13
Queimada	77,04	0,27	135,45	0,47	70,92	0,25	368,28	1,29	41,22	0,14
Nuvem	0,00	0,00	2.122,20	7,42	1.657,53	5,80	1.941,48	6,79	0,00	0,00
Total	28.586,25	100,00	28.586,25	100,00	28.586,25	100,00	28.586,25	100,00	28.586,25	100,00

Tabela 2 - Quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e do uso da terra no período 1984-2000, para o PA Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará

Unidade de Mapeamento	1984		1988		1992		1996		2000	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Floresta Primária	2.641,32	81,41	2.204,73	67,96	1.642,59	50,63	1.088,01	33,54	349,74	10,78
Capoeira Alta	147,15	4,54	445,68	13,74	105,12	3,24	108,45	3,34	709,47	21,87
Capoeira Baixa	31,14	0,96	38,52	1,19	186,21	5,74	302,76	9,33	575,19	17,73
Solo Exposto	44,10	1,36	29,16	0,90	93,60	2,89	202,77	6,25	130,14	4,01
Pasto Limpo	24,21	0,75	16,92	0,52	141,30	4,36	120,24	3,71	167,40	5,16
Pasto Sujo	211,41	6,52	324,36	10,00	845,19	26,05	1.233,54	38,02	1.150,56	35,46
Queimada	59,94	1,85	100,08	3,08	140,94	4,34	100,71	3,10	69,12	2,13
Água	85,05	2,62	84,87	2,62	89,37	2,75	87,84	2,71	92,70	2,86
Total	3.244,32	100,00	3.244,32	100,00	3.244,32	100,00	3.244,32	100,00	3.244,32	100,00

Tabela 3 - Quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e do uso da terra no período 1984-2000, para o PA São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará

Unidade de Mapeamento	1984		1988		1992		1996		2000	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Floresta Primária	2.641,32	81,41	2.204,73	67,96	1.642,59	50,63	1.088,01	33,54	349,74	10,78
Capoeira Alta	147,15	4,54	445,68	13,74	105,12	3,24	108,45	3,34	709,47	21,87
Capoeira Baixa	31,14	0,96	38,52	1,19	186,21	5,74	302,76	9,33	575,19	17,73
Solo Exposto	44,10	1,36	29,16	0,90	93,60	2,89	202,77	6,25	130,14	4,01
Pasto Limpo	24,21	0,75	16,92	0,52	141,30	4,36	120,24	3,71	167,40	5,16
Pasto Sujo	211,41	6,52	324,36	10,00	845,19	26,05	1.233,54	38,02	1.150,56	35,46
Queimada	59,94	1,85	100,08	3,08	140,94	4,34	100,71	3,10	69,12	2,13
Água	85,05	2,62	84,87	2,62	89,37	2,75	87,84	2,71	92,70	2,86
Total	3.244,32	100,00	3.244,32	100,00	3.244,32	100,00	3.244,32	100,00	3.244,32	100,00

Foi gerada uma legenda temática, compreendendo, além da classe Água, sete unidades de mapeamento, nas quais figuram uma de vegetação primária (Floresta Primária) e duas de vegetação secundária (Capoeira Alta e Capoeira Baixa). A individualização dessas classes deve-se ao sombreamento interno promovido pelas suas diferenças estruturais, tais como a formação de estratos e altura do dossel. Por outro lado, a definição das classes de uso da terra considerou os estágios de desenvolvimento e as diversas práticas culturais e de manejo utilizadas na região. A classe Pasto Limpo refere-se às áreas recém-implantadas ou com baixa infestação por invasoras, enquanto Pasto Sujo, envolve os estágios de degradação mais avançados. A classe Solo Exposto refere-se às áreas preparadas para uso agropecuário, ou áreas agrícolas com exposição significativa do terreno, enquanto a classe Queimada está ligada ao preparo de áreas para incorporação ao processo produtivo.

Nas Tabelas 1, 2 e 3 são apresentados os resultados referentes à quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra para projetos de assentamentos de estudo, nos anos considerados para análise. A classe Floresta Primária foi a unidade dominante para o PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha em todos os anos analisados, apesar das reduções graduais da área total, que oscilaram de 26.270,46 ha (91,90%), em 1984 a 17.308,53 ha (60,55%), em 2000. No PA Lago Azul, em decorrência da intensidade do processo de exploração agropecuária, o insignificante remanescente florestal de 349,74 ha (10,78%) observado em 2000, bastante descaracterizado pela ação do fogo acidental, encontra-se fragmentado e empobrecido por diversos processos de utilização. Por sua vez, no PA São Francisco houve reduções progressivas nas áreas de floresta, de acordo com o período analisado, sendo, porém, as transformações mais incisivas as verificadas após a mudança na posse da terra em 1997, o que possibilitou que em 2000, fossem registrados para essa formação apenas 2.796,03 ha (37,03%). Nas áreas de estudo, há uma tendência de parte do remanescente florestal encontrar-se sob a forma de fragmentos descontínuos, o que para Watrin *et al.* (2001), dificulta a sua preservação futura, na medida em que se tornam mais vulneráveis para novas intervenções antrópicas, ou mesmo quando se considera o aspecto de sua maior fragilidade biológica.

As flutuações em áreas observadas para as classes de sucessão secundária, nos períodos de análise, estão relacionadas às estratégias de como se efetua a sua incorporação ao processo produtivo em cada uma das áreas de estudo. O recrudescimento das áreas de sucessão secundária, em particular de Capoeira Baixa, está geralmente associado aos períodos de intensificação das atividades agropecuárias, em consequência da baixa estabilidade dos sistemas de uso da terra empregados. Considerando que, no período entre 1996 e 2000, foi registrado um aumento significativo das atividades antrópicas nas três áreas de estudo, observou-se o crescimento das áreas de Capoeira Baixa no último ano analisado, sendo de 4.160,16 ha (14,55%), 575,19 ha (17,73%) e 884,25 ha (11,71%), respectivamente para os PAs Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Lago Azul e São Francisco.

As pastagens representam o padrão dominante do uso da terra locais, com incrementos significativos em áreas que chegam, por vezes, a duplicar entre anos consecutivos em alguns assentamentos, incrementos estes que dão indícios de que o avanço da fronteira pecuária na região ocorreu sobretudo em detrimento de áreas de floresta. Devido aos incentivos governamentais para a atividade pecuária terem sido praticamente banidos da Amazônia, atualmente, a principal causa do desflorestamento na região, segundo Brasil (1998), deve-se à conversão da floresta para a produção de pastagens e lavouras temporárias em propriedades de tamanho inferior a 50 ha, como observado muitas vezes nas áreas de estudo.

De maneira análoga ao observado para a classe Capoeira Baixa, houve um aumento mais significativo das áreas de pastagens, principalmente para o ano de 2000. Esse comportamento foi mais evidente nos PA Agroextrativista Praia Alta e

Piranheira e no PA São Francisco, pois durante o período de 1996-2000, os mesmos registraram um incremento substancial do contingente de assentados e, conseqüentemente, das atividades produtivas. Nesse contexto, a classe Pasto Sujo foi a unidade de maior representatividade, sendo um dos reflexos do uso de uma base tecnológica deficiente. Em 2000, as taxas correspondentes a essa classe atingiram 9,13% (2.609,61 ha) no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranheira, 35,46% (1.150,56 ha) no PA Lago Azul, e 31,75% (2.397,15 ha) no PA São Francisco.

As classes Solo Exposto e Queimada apresentaram comparativamente, no âmbito das áreas de estudo, pouca representatividade, sendo as suas flutuações em área consideradas normais no contexto da ampliação das atividades antrópicas. As taxas observadas para a classe Solo Exposto nunca foram superiores a 0,76% (217,08 ha) para o PA Agroextrativista Praia Alta e Piranheira, 6,25% (202,77 ha) para o PA Lago Azul, e 8,41% (634,86 ha) para o PA São Francisco. Por sua vez, para a classe Queimada, os valores máximos apresentados pelos PAs Agroextrativista Praia Alta e Piranheira, Lago Azul e São Francisco foram correspondentes a 1,29% (368,28 ha), 4,34% (140,94 ha) e 2,76% (208,44 ha), respectivamente.

No contexto da dinâmica da paisagem, foi verificada, a partir de análise das matrizes de mudanças apresentadas por Watrin (2003), que os maiores percentuais de estabilidade ocorreram para as classes de cobertura vegetal, principalmente Floresta Primária e Capoeira Alta, apesar do declínio dessas taxas com a ampliação do uso da terra, ao longo dos anos. No PA Agroextrativista Praia Alta e Piranheira, a classe Floresta Primária apresentou os percentuais de estabilidade sempre superiores a 76%, indicando que pelo menos mais de dois terços das áreas mapeadas permaneceram nos períodos analisados como essa classe. As áreas de Floresta Primária que não permaneceram estáveis foram convertidas, principalmente, ora para estágios da sucessão secundária, ora para unidades de pastagem. Os percentuais de estabilidade para Capoeira Alta oscilaram entre 39,85% e 46,16%, sendo uma parcela significativa das áreas modificadas para o padrão de Capoeira Baixa, muito embora se tenha também verificado a evolução para Floresta Primária. Por outro lado, as áreas de Capoeira Baixa que não evoluíram para o estágio de Capoeira Alta dentro do processo sucessional normal, foram incorporadas ao processo produtivo para formação de áreas de pastagem.

Para o PA Lago Azul, a classe Floresta Primária apresentou os maiores percentuais de estabilidade apenas durante os períodos de 1984-1988 (88,32%) e 1988-1992 (76,04%), declinando nos anos subsequentes até atingir a taxa de 23,40% no período de 1996-2000. A classe Capoeira Alta, que vinha apresentando valores de estabilidade decrescentes nos três primeiros períodos de análise, registrou para 1996-2000 um valor de 46,16%, indicando uma tendência à preservação das manchas remanescentes desse estágio de sucessão. Excetuando-se o primeiro período de análise (1984-1988), no qual as maiores conversões daquelas classes de tipologia florestal ocorreram entre si (Floresta Primária para Capoeira Alta e vice-versa), nos demais períodos, foram observadas conversões das mesmas, principalmente para as classes Pasto Sujo e Capoeira Baixa. Por sua vez, a classe Capoeira Baixa apresentou percentuais de estabilidade sempre inferiores às demais classes de cobertura vegetal, com a particularidade de estes permanecerem relativamente estáveis entre os diferentes períodos considerados. Dentre as conversões da classe Capoeira Baixa, foram registrados sempre percentuais significativos para a classe Capoeira Alta (25,17% a 59,64%), apesar das intervenções progressivas dessas áreas para a incorporação ao processo produtivo.

No PA São Francisco, durante os três primeiros períodos de análise (1884-1988, 1988-1992 e 1992-1996), nunca foram registrados percentuais de estabilidade inferiores a 88,63% para Floresta Primária e 71,82% para Capoeira Alta. Para o período de 1996-2000, as taxas de estabilidade para aquelas classes foram reduzidas

de forma substancial, sendo de 50,05% para Floresta Primária e de 60,10% para Capoeira Alta. Tal resultado, segundo Homma *et al.* (1995), constitui uma característica comum às faixas de fronteira agrícola, nas quais o menor estoque de vegetação secundária força a abertura progressiva de áreas florestais para serem incorporadas em atividades agropecuárias. As áreas de Floresta Primária, quando não permaneceram estáveis, foram preferencialmente convertidas para pastagem, com taxas superiores a 6% e 30% para os períodos de 1988-1992 e 1996-2000, respectivamente. As áreas de Capoeira Alta apresentaram taxas de conversão para Floresta Primária, variando de 9,06% a 13,84%, sendo ainda observadas conversões significativas para Capoeira Baixa, bem como para classes de pastagem. Comparativamente às demais classes de cobertura vegetal, os valores de estabilidade para Capoeira Baixa foram bem mais modestos e bastante variáveis, oscilando de 3,65% (período de 1988-1992) a 35,96% (período de 1992-1996). Em virtude das áreas de Capoeira Baixa atuarem como elemento ativo no posio agrícola, foram observadas conversões expressivas dessa classe para pastagem, principalmente Pasto Sujo, com taxas variando de 34,98% a 50,71%.

As classes de uso da terra, dada as suas características dinâmicas nas áreas de estudo, foram aquelas que, proporcionalmente, definiram as maiores flutuações em termos de estabilidade. Em geral, os maiores valores de estabilidade foram observados para as unidades Pasto Limpo e Pasto Sujo, enquanto os menores foram registrados para as classes Solo Exposto e Queimada, devido estas últimas estarem relacionadas a uma fase efêmera do uso do solo. Foi observada uma certa tendência das áreas ocupadas com Pasto Limpo serem convertidas para Pasto Sujo, entre os anos subsequentes de análise, enquanto que as áreas, antes rotuladas como Pasto Sujo, com o subsequente abandono, evoluíram para o padrão de Capoeira Baixa. Segundo Watrin (2003), esse comportamento deve-se, principalmente, à perda de produtividade das pastagens, sendo relacionada a problemas tais como manejo inadequado e falta de capital para realizar reforma dessas áreas. Para todas as classes mapeadas, observou-se uma tendência que os maiores percentuais de conversão ocorressem para áreas de pastagem, o uso da terra dominante, principalmente para a classe Pasto Sujo.

No PA Agroextrativista Praia e Piranha, os maiores valores de estabilidade ocorreram para as unidades de pastagem, sendo para Pasto Limpo de 38,84% (período 1984-1988) e para Pasto Sujo de 36,22% (período 1996-2000). Foram registrados percentuais de estabilidade baixos para Solo Exposto e Queimada, que no caso desta última classe, oscilaram apenas na faixa de 0,93% a 2,58%. As maiores taxas de conversão das classes Solo Exposto e Pasto Limpo ocorreram para Pasto Sujo, enquanto que para a classe Queimada foi Pasto Limpo. Por sua vez, as áreas ocupadas com a classe Pasto Sujo foram em sua maior parte convertidas para Capoeira Baixa.

Para o PA Lago Azul, registraram-se porcentagens de permanência para a classe Pasto Sujo entre 46,46% e 58,49%, sendo a taxa mais baixa observada para o período de 1996-2000. Apesar dos valores de estabilidade bem mais modestos para as classes Pasto Limpo (9,00% a 17,89%) e Solo Exposto (10,20% a 23,39%), houve uma tendência destes aumentarem no decorrer dos anos de análise. A classe Queimada, cuja estabilidade oscilou entre percentuais de 5,67% a 24,58%, seguiu um padrão diferenciado, intercalando períodos de valores altos e baixos. As maiores conversões das classes Pasto Limpo, Pasto Sujo e Queimada foram observadas para Solo Exposto, enquanto os maiores percentuais de mudança desta última classe ocorreram para unidades de pastagem, principalmente Pasto Sujo.

No PA São Francisco, as flutuações em termos de estabilidade para classe Pasto Sujo oscilaram de 12,97% (período de 1988-1992) a 62,34% (período de 1984-1988), dando indícios que a prática de reforma das pastagens degradadas vem sendo pouco empregada. Apresentando percentuais de estabilidade considerados significa-

tivos, aparecem ainda as classes Pasto Limpo (10,05% a 29,04%) e Solo Exposto (17,18% a 44,46%). As maiores conversões da classe Solo Exposto ocorreram para Pasto Sujo, enquanto que para ambas unidades de pastagem, foram mais expressivas as conversões para Solo Exposto. A classe Queimada, por sua vez, apresentou percentuais de estabilidade bem inferiores aos registrados para as outras classes de uso da terra, ficando na faixa de 3,02% a 6,93%, sendo as maiores conversões ocorridas para as classes Solo Exposto ou Pasto Limpo.

A partir de uma análise geral do desflorestamento (Figuras 2 e 3), pode-se observar que os processos de antropização, ocorridos nas áreas de estudo, apresentaram trajetórias distintas no período analisado, fruto das particularidades do fluxo de migração e de estratégias de distribuição de terras. O desflorestamento foi mais intenso no PA Lago Azul, entre outros fatores, por ser este de colonização mais antiga e com o menor tamanho médio de lotes, o que restringe a disponibilidade de recursos naturais pelo pequeno produtor. Em contrapartida, a antropização no PA Agroextrativista Praiaita e Piranheira foi mais limitada devido ao fluxo de colonização ter sido conduzido em um ritmo mais lento até 1996. Além disso, as intervenções das áreas florestais foram proporcionalmente bem menores aos seus estoques, face ao maior tamanho médio dos lotes. No PA São Francisco, as taxas de incremento das áreas antropizadas ocorreram também em um ritmo mais lento até 1996, apresentando um aumento abrupto da taxa de desflorestamento em 2000, associada à intensificação do fluxo de colonização, desencadeado em 1997, a partir da criação oficial do PA.

Figura 2 - Trajetórias do desflorestamento observadas entre os anos de 1984 e 2000, nos PAs Agroextrativista Praiaita e Piranheira, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense

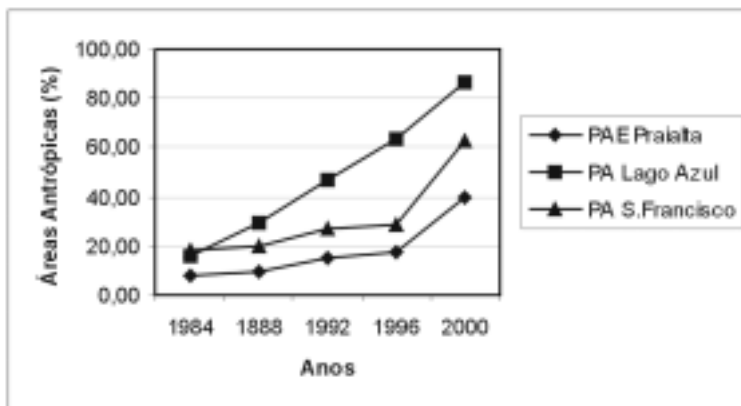
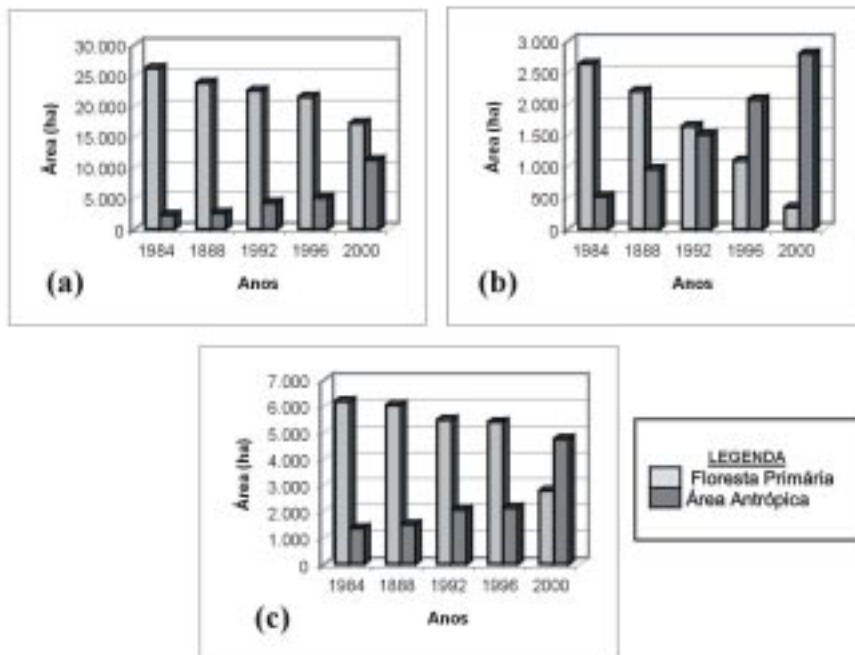


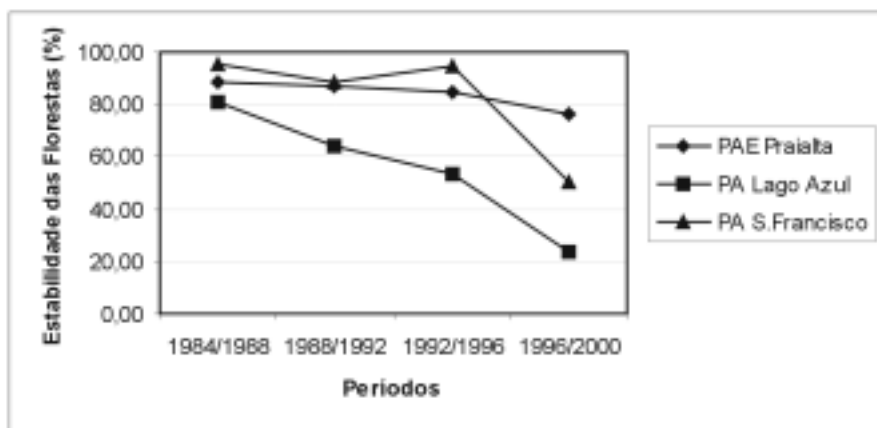
Figura 3 - Dinâmica das áreas florestais e antrópicas observadas entre os anos de 1984 e 2000, nos PAs Agroextrativista Praiaalta e Piranhaeira (a), Lago Azul (b) e São Francisco (c), Sudeste Paraense



De acordo com McCracken *et al.* (1999), é possível observar grandes diferenças nas trajetórias do processo de desflorestamento em propriedades espacialmente adjacentes e que partilham das mesmas características do meio físico. Assim, existem evidências que tais diferenças nas taxas de desflorestamento e, conseqüentemente, do uso da terra, poderiam estar associadas às desigualdades na composição dos produtores e/ou no seu acesso ao capital.

Quanto à estabilidade das áreas florestais nos períodos analisados (Figura 4), o PA Lago Azul apresentou a curva mais descendente, indicando que a ampliação da fronteira agropecuária se deu à custa da eliminação de praticamente todo o estoque de florestas. No PA São Francisco apesar da recuperação da taxa de estabilidade das áreas florestais entre os anos de 1992 e 1996, observou-se, a partir de então, uma queda acentuada, de modo que aproximadamente a metade das áreas ocupadas com floresta em 1996 permaneceu estável em 2000. Por outro lado, no PA Agroextrativista Praiaalta e Piranhaeira, a despeito do decréscimo das taxas de estabilidade das áreas florestais, ao longo dos anos analisados, estas ocorreram de forma mais gradual, dando assim, uma conformação mais linear à curva.

Figura 4 - Estabilidade das áreas florestais entre os anos de 1984 e 2000, nos PAs Agroextrativista Praiaalta e Piranhaeira, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense



As Figuras 5, 6 e 7 representam mapas simplificados da dinâmica do uso da terra nos anos considerados para análise nas áreas de estudo. Nesses mapas, as áreas antrópicas correspondem às áreas modificadas (capoeiras, solo exposto, pastagens e queimada), nos anos considerados, enquanto que a floresta remanescente refere-se às áreas de Floresta Primária, observadas em 2000. Através dos mesmos, pode ser melhor constatada a dinâmica do desflorestamento nas áreas de estudo, onde a intensidade e o padrão espacial das áreas antrópicas foram bastante modificados, a partir da ampliação do processo de colonização. Assim, a fragmentação das áreas de origem em lotes e a abertura de novos ramais possibilitaram a colonização de áreas mais remotas, de modo que os desmatamentos ficaram bem mais dispersos nas áreas de estudo. Apesar das áreas florestais no PA Agroextrativista Praiaalta e Piranhaeira serem ainda bastante expressivas, aparentemente, há uma tendência de fragmentação de habitats, como já constatados nos demais assentamentos.

As taxas de desflorestamento nas áreas de estudo (Tabela 2), de maneira análoga ao observado nas análises anteriores, apresentaram algumas peculiaridades no decorrer dos períodos de interesse. No PA Agroextrativista Praiaalta e Piranhaeira, devido à interferência de nuvens nos anos de 1988, 1992 e 1996, os valores de desflorestamento encontram-se subestimados, muito embora seja evidente um re-credescimento substancial dessa taxa no último período analisado, superior a 7% ao ano. As taxas de desflorestamento foram sempre superiores para o PA Lago Azul, com aumentos progressivos ao longo dos anos, apesar de no período de 1996-2000, com quase completo esgotamento das reservas florestais, terem sido verificados aumentos proporcionalmente inferiores ao observado para os demais assentamentos. No PA São Francisco, apesar de apresentar taxas distintas ao registrado no PA Agroextrativista Praiaalta e Piranhaeira, foi verificado um padrão de desmatamento semelhante, quanto às flutuações ocorridas entre os períodos de análise.

Figura 5 - Dinâmica do uso da terra entre os anos de 1984 e 2000, no PA Agroextrativista Praiaalta e Piranha, Nova Ipixuna, Pará

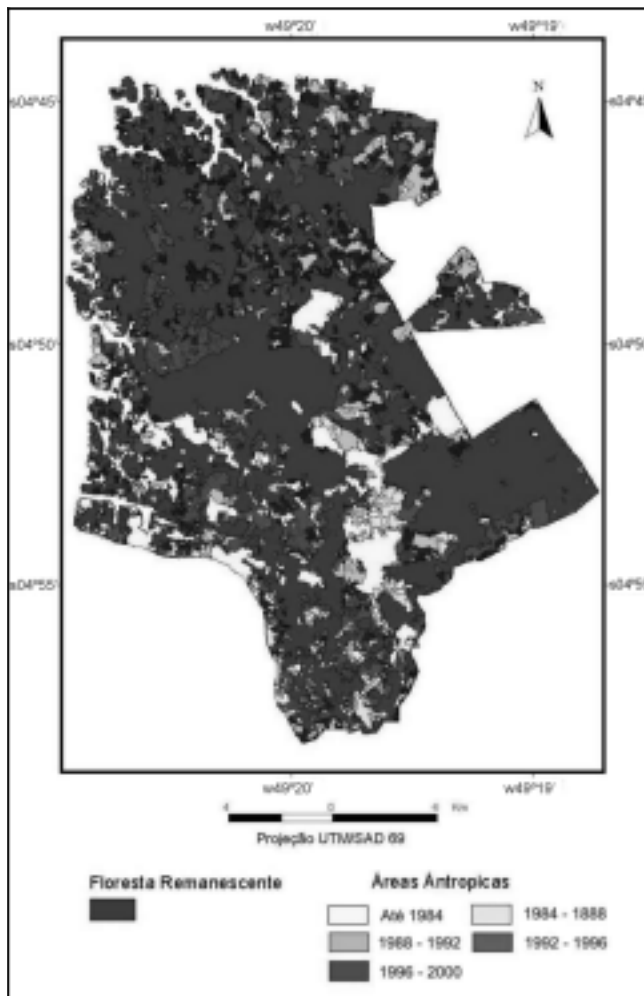


Figura 6 - Dinâmica do uso da terra entre os anos de 1984 e 2000, no PA Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará

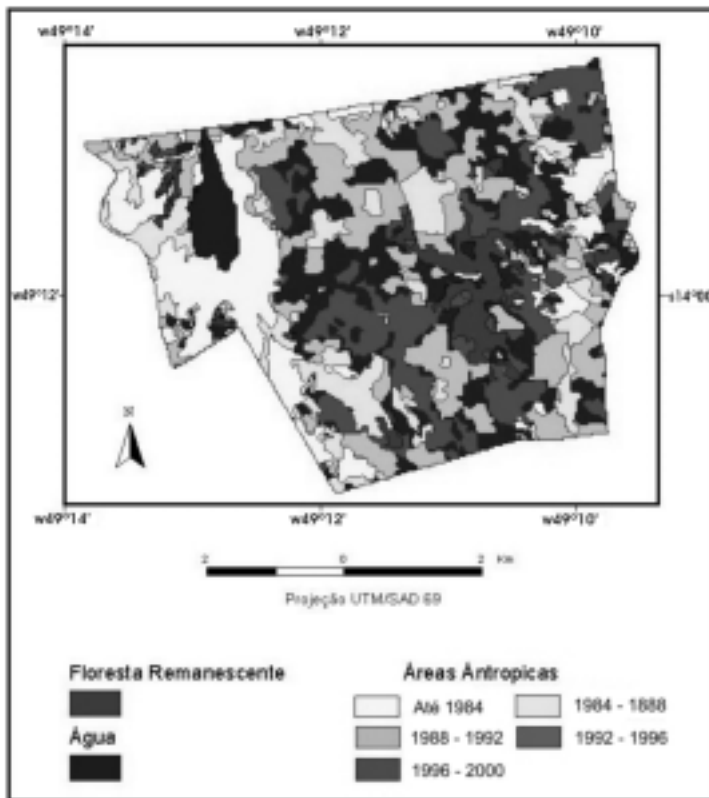


Figura 7 - Dinâmica do uso da terra entre os anos de 1984 e 2000, no PA São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará

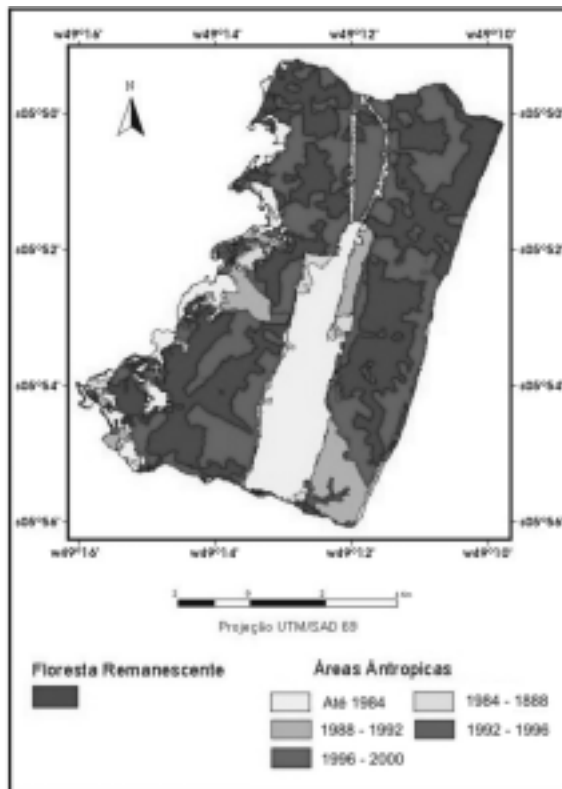


Tabela 4 - Taxas de desflorestamento observadas nos PAs Agroextrativista Praiaalta e Piranheira, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense

Períodos	PAE Praiaalta		PA Lago Azul		PA S. Francisco	
	ha/ano	%/ano	ha/ano	%/ano	ha/ano	%/ano
1984 - 1988	72,02	0,27	109,19	4,13	35,55	0,57
1988 - 1992	426,44	1,79	139,41	6,32	139,93	2,31
1992 - 1996	192,40	0,85	139,03	8,46	19,58	0,36
1996 - 2000	1.547,80	7,18	183,35	16,85	652,61	12,07

No tocante ao cumprimento da legislação prevista no Código Florestal, Lei N° 4.771 de 15 de setembro de 1965, observa-se que para muitas propriedades, ou mesmo em nível de projeto de assentamento, já foram ultrapassados os limites mínimos de desmatamento fixados. Esses aspectos são mais evidentes nos PAs Lago Azul e São Francisco, onde a própria distribuição espacial e o tamanho dos lotes, quando não estimulam o completo desflorestamento, promovem a fragmentação de significativas áreas florestais. É premente proceder à recuperação sobretudo das áreas que não deveriam ser desmatadas, entre elas as margens de rios, de modo a atender ao percentual estabelecido na legislação em vigor. Como efetuar essa recuperação ou frear a expansão das áreas desmatadas, constitui o grande desafio das políticas públicas nos projetos de assentamentos.

CONCLUSÕES

Foi observada a eficiência dos produtos obtidos a partir do modelo de mistura espectral para mapear e caracterizar todas as feições de interesse. Essa abordagem foi também importante para reduzir a dimensão dos dados para a classificação, além de permitir que nas bandas geradas, as classes fossem descritas com base em uma característica física.

A redução das áreas de floresta primária está associada aos períodos de ampliação das atividades agropecuárias, cuja intensidade é variável com o projeto de assentamento e o período analisado. As pastagens representam o padrão dominante do uso da terra locais, sendo Pasto Sujo a unidade de maior expressão, haja vista a baixa estabilidade dos sistemas de uso da terra empregados.

Em nível da dinâmica da paisagem, os maiores percentuais de estabilidade ocorreram para as classes Floresta Primária e Capoeira Alta; as áreas que não permaneceram estáveis foram convertidas principalmente para estágios da sucessão secundária e unidades de pastagem. Por outro lado, as classes de uso da terra definiram as maiores flutuações, sendo os maiores valores de estabilidade observados para as unidades de pastagem. Houve a tendência das áreas ocupadas com Pasto Limpo serem convertidas para Pasto Sujo, entre anos subseqüentes, bem como as áreas antes rotuladas como Pasto Sujo, evoluíssem para o padrão de Capoeira Baixa.

Os processos de antropização ocorridos nas áreas de estudo apresentaram trajetórias distintas, fruto das particularidades do fluxo de migração e de estratégias de distribuição de terras. O desflorestamento foi mais intenso no PA Lago Azul, entre outros fatores, por ser aquele de colonização mais antiga, além de possuir o menor tamanho médio de lotes e, portanto, os menores estoques de floresta, quando comparados aos demais assentamentos.

Mesmo com as limitações para uma ação planejada de ocupação da região pelos órgãos competentes, há necessidade de se buscar mecanismos para que a colonização seja efetuada, considerando critérios definidos por zoneamentos agroecológicos. É necessário estabelecer diretrizes que compatibilizem os recursos naturais com as exigências da produção agropecuária, a partir da definição de alternativas econômicas e tecnológicas apropriadas à realidade local, em consonância com os interesses e o saber dos assentados.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A.P.D.; SHIMABUKURO, Y.E.; MASCARENHAS, N.D.A. Use of synthetic bands derived from mixing models in the multispectral classification of remote sensing images. **International Journal of Remote Sensing**, v. 20, n. 4, p. 647-657, 1999.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992. 84 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Primeiro relatório nacional para convenção sobre diversidade biológica**. Brasília, 1998. 283 p.
- EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. **Relatório técnico anual do projeto "Alternativas Tecnológicas Sustentáveis para Assentamentos Rurais no Sudeste Paraense"**: período janeiro a dezembro de 2002. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, jan. 2003.
- HALL, F.G.; STREBEL, D.E.; NICKESON, J.E.; GOETZ, S.J. Radiometric rectification: toward a common radiometric response among multitemporal, multisensor images. **Remote Sensing of Environment**, v. 35, n. 1, p. 11-27, 1991.
- HOMMA, A.K.O.; CARVALHO, R.A.; SAMPAIO, S.M.N. *et al.* A instabilidade dos projetos de assentamento como indutora de desmatamentos no Sudeste Paraense. [CD-ROM]. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA (ECO-ECO), 4., Belém, 21-24 nov., 2001. **Anais**. Belém: Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 2001.
- HOMMA, A.K.O.; WALKER, R.T.; CARVALHO, R.A. *et al.* Razões de risco e rentabilidade na destruição de recursos florestais: o caso de castanhais em lotes de colonos no Sul do Pará. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 27, p. 515-535, 1996.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS; DIVISÃO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS (INPE/ DPI). **Spring**: Sistema de processamento de informações georreferenciadas. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/spring>>. Acesso em: jan. 2002.
- MARKHAM, B.L.; BARKER, J.L. **Landsat MSS and TM post-calibration dynamic ranges of exoatmospheric reflectances and at-satellite temperatures**. Landsat User Notes, Lanham, MD: EOSAT, 1986.
- MCCRACKEN, S.D.; BRONDIZIO, E.S.; NELSON, D. *et al.* Remote sensing and GIS at farm property level: demography and deforestation in the Brazilian Amazon. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 65, n. 11, p. 1311-1320, Nov. 1999.
- SHIMABUKURO, Y.E.; SMITH, J.A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 29, n. 1, p. 16-20, 1991.
- VELOSO, H.P.; JAPIASSU, A.M.S.; GOES FILHO, L. *et al.* As regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos. In: Projeto Radambrasil. **Folha SB.22 Araguaia e parte da folha SC.22 Tocantins**. Rio de Janeiro, 1974. cap. 4, p. 1-119.
- WATRIN, O.S. **Dinâmica da paisagem em projetos de assentamentos rurais no Sudeste Paraense utilizando geotecnologias**. Rio de Janeiro. 209 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, set. 2003.
- WATRIN, O.S.; SAMPAIO, S.M.N.; VENTURIERI, A. Dinâmica da vegetação e do uso da terra no "Polígono dos Castanhais", Sudeste Paraense, utilizando geotecnologias. **Geografia**, v. 26, n. 3, p. 37-54, dez. 2001.

Recebido em junho de 2004

Aceito em maio de 2004