



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI – MPEG
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

TESE DE DOUTORADO

ARLETE SILVA DE ALMEIDA

**MUDANÇAS DE USO DA TERRA EM PAISAGENS AGRÍCOLAS COM
PALMA DE ÓLEO (*Elaeis guineensis* Jacq.) E IMPLICAÇÕES PARA A
BIODIVERSIDADE ARBÓREA NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

**BELÉM
2015**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI – MPEG
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

ARLETE SILVA DE ALMEIDA

**MUDANÇAS DE USO DA TERRA EM PAISAGENS AGRÍCOLAS COM
PALMA DE ÓLEO (*Elaeis guineensis* Jacq.) E IMPLICAÇÕES PARA A
BIODIVERSIDADE ARBÓREA NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

**Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Ciências Ambientais da Universidade Federal
do Pará em convênio com a Empresa Brasileira de
Pesquisa Agropecuária da Amazônia Oriental e o
Museu Paraense Emílio Goeldi, como requisito
para obtenção do título de Doutor em Ciências
Ambientais.**

Orientador: Prof^ª Dr^ª Ima Célia Guimarães Vieira

**BELÉM
2015**

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFPA

Almeida, Arlete Silva de, 1958-

Mudanças de uso da terra em paisagens agrícolas com palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) e implicações para a biodiversidade arbórea na Amazônia Oriental / Arlete Silva de Almeida. – 2015.

116 f. : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientadora: Ima Célia Guimarães Vieira

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Belém, 2015.

1. Óleo de palmeira – Amazônia. 2. Biodiversidade - Amazônia. 3. Carbono. 4. Solo – Uso – Amazônia. 5. Sensoriamento remoto – Amazônia. I. Título.

CDD 22. ed. 665.309811

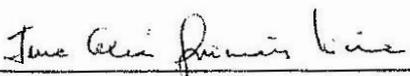
ARLETE SILVA DE ALMEIDA

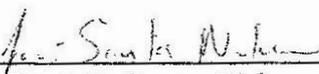
MUDANÇAS DE USO DA TERRA EM PAISAGENS AGRÍCOLAS COM PALMA DE ÓLEO (*Elaeis Guineensis Jacq.*) E IMPLICAÇÕES PARA A BIODIVERSIDADE ARBÓREA NA AMAZÔNIA ORIENTAL.

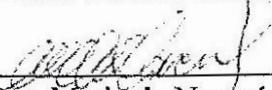
Tese apresentada para obtenção do grau de Doutor em Ciências Ambientais ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará em convênio com o Museu Paraense Emílio Goeldi e EMBRAPA – Amazônia Oriental. Área de Ecossistemas Amazônicos e Dinâmica Sócio-Ambientais.

Data de aprovação: 30 / 09 / 2015

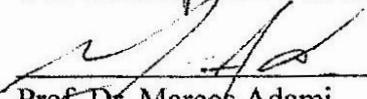
Banca Examinadora:


Orientadora
Prof.^a Dra. Ima Célia Guimarães Vieira
Doutora em Ecologia
Museu Paraense Emílio Goeldi


Prof./Dr. João Santos Nahum
Doutor em Geografia
Universidade Federal do Pará


Prof.^a Dra. Maria de Nazaré Martins Maciel
Doutora em Engenharia Florestal
Universidade Federal Rural da Amazônia


Prof. Dr. Everaldo Barreiros de Souza
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará


Prof. Dr. Marcos Adami
Doutor em Sensoriamento Remoto
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Deus quando constituiu a sociedade humana não a qualificou nem distinguiu entre negros e brancos, entre pobres e ricos, entre sábios e ignorantes.

Este trabalho é dedicado:

Aos meus pais já falecidos (José Arselino da Silva e Maria da Gloria Carvalho da Silva).

Ao meu esposo (Jurandir Regis de Almeida), filho (Jund Silva Regis), filha (Adienla Silva Regis) e aos meus irmão por terem contribuído na conquista deste objetivo.

AGRADECIMENTOS

- Especialmente à orientadora Dra. Ima Célia Guimarães Vieira, pela dedicada orientação e sábia condução nas etapas dessa pesquisa, para alcançarmos o melhor desse material científico;
- Aos professores Silvio Frosini de B. Ferraz (ESALQ) e Alexander C. Lees (MPEG), pelo apoio inestimável, quanto à utilização dos programas específicos do estudo;
- Ao Museu Paraense Emílio Goeldi pela oportunidade e apoio no período que foi necessário ausentar-me para cursar as disciplinas, ao INCT/ Biodiversidade e Uso da Terra na Amazônia (processo CNPQ no 574008/2008-0) pelo financiamento a realização dos trabalhos de campo, e ao Programa de Pós-graduação de Ciências Ambientais da Universidade Federal do Pará, pela oportunidade.
- Ao Carlos Alberto Santos da Silva e Nelson Rosa, pela identificação das espécies arbórea, e pelo companheirismo no trabalho de campo;
- Aos colegas do curso de mestrado e doutorado de 2011 e 2012, pela amizade;
- Ao Marcelo Thales, pelo apoio.
- Aos amigos que foram de fundamental importância para a concretização dessa pesquisa: Márcia Nazaré Rodrigues Barros, João Silva Barbosa Junior, Carlos Alberto da Silva Junior, Rodolfo Rayol, Ewelyn Regina Rocha Silva, Tatiane C M Silva.
- Às empresas com cultivo da palma de óleo, pela logística durante o inventário florístico;
- E a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta tese.

OBRIGADA.

RESUMO

A expansão da palma de óleo na Amazônia está associada a uma série de políticas públicas, e tem provocado mudanças econômicas e ecológicas na região, desafiando a sociedade brasileira a monitorar o seu cultivo em larga escala e estabelecer as bases sustentáveis de sua expansão na região. Os municípios do "polo do dendê" no Pará, como Moju, intensificaram o cultivo dessa palmeira e sofreram intensas alterações nos seus ecossistemas naturais. Além disso, a sua expansão vem desafiando o paradigma da sustentabilidade, a partir de conflitos socioambientais e substituição da agricultura de subsistência pela palma. Pouco se sabe sobre as consequências que uma monocultura em grande escala poderá causar no ambiente amazônico. Para acompanhar essa nova dinâmica produtiva com palma de óleo, são necessários estudos interdisciplinares que contribuam para identificar as mudanças socioambientais associadas à nova frente agrícola com dendezeiro. Neste contexto, este estudo tem como objetivo geral analisar os conflitos, as mudanças, e as trajetórias de usos da terra, assim como o valor de conservação da biodiversidade das plantações de dendezeiro e de outros usos da terra predominantes na região de Moju, no leste do Pará. O trabalho está organizado em cinco capítulos. O primeiro trata da contextualização da pesquisa e os próximos capítulos (quatro) estão pautados nos seguintes objetivos específicos: a) analisar os conflitos de uso da terra em Áreas de Preservação Permanente - APPs, de acordo com o Código Florestal Brasileiro de 2012; b) mapear e quantificar os tipos de cobertura e uso da terra em 2013 em três recortes espaciais da região (Ubá, Arauá e Mamorana), onde a implantação do cultivo da palma de óleo está presente; c) capturar a variabilidade espaço-temporal nas mudanças de trajetórias na paisagem dessa região, de 1991 a 2013, e identificar o efeito das mudanças no uso da terra na estrutura da paisagem e d) investigar a variação na riqueza de espécies de árvores e estoque de carbono entre diferentes coberturas vegetais e usos da terra predominantes nessa região. Para o estudo dos conflitos em APPs no município de Moju, foram utilizadas 29 imagens multiespectrais de alta resolução do satélite RapidEye de 2010. Os resultados mostram que a área destinada legalmente à preservação permanente (APP) em Moju é de 47.357,06 ha, que representa 5,21% da área municipal. As APPs com vegetação natural representam 68,60% do município e cerca de 28% dessas APPs tem uso em desacordo com a legislação vigente. Há predominância de pastagem em 15,6% das APPs e apenas 0,63% das APPs é ocupada com palma de óleo. De acordo com o Código Florestal brasileiro de 2012, 60,69% das APPs não sofrerão recomposição. Para a análise da cobertura vegetal e usos da terra em 2013, nas três áreas selecionadas (Ubá, Arauá e Mamorana) usou-se imagens do satélite Landsat-8 ano de 2013, e a classificação foi realizada através do método árvore de decisão. O desempenho geral da classificação foi de 0,87% (Índice Kappa). Os resultados apontam maior extensão de florestas primárias em Mamorana, área no início da implementação do cultivo da palma de óleo, e a agropecuária como uso da terra mais expressivo nas três áreas analisadas. Em relação às análises das mudanças e trajetórias de cobertura e uso da terra e os efeitos na estrutura da paisagem, foram utilizadas para classificação, imagens do satélite Landsat TM-5 para os anos de 1991, 1995, 2001, 2005 e 2010, e Landsat-8 para o ano de 2013, com o uso do método árvore de decisão, através dos programas ImgToos, ENVI e ArcGis. A análise da estrutura da paisagem foi realizada através das métricas de paisagem usando o programa Fragstats v. 3.3. A classificação obteve desempenho geral de 0,87% para o índice Kappa. No período de 1991 a 2013 a conversão da floresta primária para outros usos ocorreu em uma proporção de 47,82%, enquanto a floresta degradada (17%) e a palma de óleo (11%) apresentaram o maior aumento de ocupação em 2013. Ressalte-se que a transição de floresta primária para a palma de óleo foi de 20% nos 22 anos em estudo, o que ocasionou um PD (índice de densidade de

fragmentos) com valores consideráveis, alcançando um patamar de 0,3 a 4,5 (n° de manchas/100 ha). Essas conversões definem a intensidade de fragmentação da floresta primária. Quanto aos padrões da biodiversidade e estoque de carbono em florestas e nos diferentes usos da terra, incluindo a palma de óleo, foi realizado o levantamento florístico para árvores maiores ou iguais a 2 cm de DAP em cada tipo de cobertura/uso analisado. Em toda a amostragem (8,55 ha) foram registrados 5.770 indivíduos arbóreos, distribuídos em 425 espécies e 74 famílias. A floresta primária apresentou estoque de carbono superior a 80 Mg/ha, enquanto que palma de óleo, pastagem e florestas secundárias apresentaram valores inferiores a 50 Mg/ha, observando que a palma de óleo retém comunidades empobrecidas de árvores, sendo sua composição de espécies inferior à pastagem, enquanto que o estoque de carbono é superior. Nos 22 anos avaliados neste estudo ficou evidenciado que a cobertura de floresta primária alcançou valores menores que 30%, o que caracteriza perda de cobertura em patamares críticos para a conservação.

Palavras-chave: Palma de óleo, Biodiversidade. Estoque de carbono. Uso da terra. Cobertura vegetal. Sensoriamento remoto.

ABSTRACT

The expansion of oil palm in the Amazon is associated with a number of public policy, in the form of actions and programs and has provoked economic and ecological changes in the region and challenge the society to monitor and control the palm cultivation expansion on a large scale. The municipalities from the "Palm region" in Pará state, as Moju, intensified cultivation of this palm tree and suffered intense modifications in their natural ecosystems. In Addition this new frontier of bioenergy challenged the paradigm of sustainability, with social and environmental conflicts and replacement of subsistence farming by the palm. Little is known about the consequences that a large-scale monoculture can cause in the amazonian environment. To follow this new productive dynamic with palm oil are required interdisciplinary studies that contribute to identify how environmental respond to changes associated to the new agricultural frontier with oil palm. In this context, the overall objective of this research is to analyze the changes, the conflicts and the trajectories of land uses, as well as the value of conservation of the biodiversity of the plantations of oil palm and other land uses predominate in eastern Pará. The work is organized into five chapters including the first one which introduce the subject of the thesis. The other four are guided by the following specific objectives: a) analyze the land use conflicts in Moju county, Pará state, Brazil, within areas of permanent preservation -PPA, according with the Brazilian Forest Code of 2012; b) map and quantify the types of land cover and land use in 2013 in three areas (Ubá, Arauaí e Mamorana), where the implementation of oil palm cultivation is present; c) capture the space-time variability in the changes of trajectories in landscapes of 1991-2013 and identify the effect of changes of land use in the structure of the landscape; and d) investigate the variation in the carbon stock and species richness of trees in different land use and vegetation cover in the three studied areas. For the study of conflicts in APPs in Moju, were used 29 multispectral images of high resolutions by RapidEye satellite of 2010. The results show that the area destined legally for permanent preservation (APP) in Moju is 47,357.06 ha, representing 5.21% of the municipal area. The PPAs with natural vegetation represent 68.60% of the APPs of the municipal area, about 28% of the PPAs have use conflicting with predominance of pasture in 15.6%. Only 0.63% of APPs is occupied by palm oil. The application of the new recomposition guidelines for APPs according to the new Forest Code will result in the loss of 60.69% of the APP-recovered areas in this municipality. The analysis of vegetation cover and land use in 2013 in the three selected areas (Ubá, Arauaí and Mamorana) was made by the method of decision tree in images of the satellite Landsat-8 year of 2013. The overall performance of the classification was 0.87% (index kappa). The results show greater extension of primary forests in Mamorana, area in the beginning of cultivating oil palm. Agriculture predominate in all areas analysed. For the analyses of trajectories changes of land uses and the effects on the landscape structure i the landscape we made classification using decision tree method in images of the satellite Landsat TM-5 for the years 1991, 1995, 2001, 2005 and 2010, and Landsat-8 for the year 2013, through the ImgToos programs, ENVI and ArcGIS. The landscape structure was carried out through the landscape metrics (PLAND, LPI, PD and PROX-MN) using the FRAGSTATS program. v. 3.3. The classification achieved overall performance of 0.87% for the kappa index. In the period 1991-2013 the conversion of primary forest to other uses occurred in a ratio of 47.82%, while the degraded forest (17%) and oil palm (11%) had the largest increase in occupancy in 2013. We emphasize that the transition of the primary forest to palm oil was 20% in the 22 years under study, which led to a PD (fragments density index) with considerable amounts, attaining a level from 0.3 to 4.5 (number of patches/ 100 ha). Such conversions define the fragmentation intensity of primary forest. The investigation about the

biodiversity response and carbon stocks in different forest cover and land uses was made through a floristic inventory of trees greater than or equal to 2 cm DBH in plots ranging from 1, 500 and 2500 m² on each forest cover/land use analyzed. In the all 8.55 ha sampling were registered 5,770 individual trees, distributed in 425 species and 74 families. The primary forest presented carbon stock higher than 80 Mg/ha, while palm oil, pasture and secondary forest presented less than 50 Mg/ha, noting that the oil palm retains impoverished communities of trees, and its tree composition is poorer than the pasture, while the stock of carbon is higher. In this study, in 22 years of the analysis we observed that primary forests covers less than 30% of the landscape, a critical level for biodiversity conservation.

Keywords: Palm oil. Biodiversity. Carbon stock. Land use. Vegetation cover. Remote sensing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 Localização do município de Moju, estado do Pará.....	24
Figura 2.2 Delimitação das APPs com vegetação natural e com uso irregular, no município de Moju-Pará.....	29
Figura 3.1 Localização das áreas de estudo com os recortes das áreas Ubá, Arauaí e Mamorana, utilizando da imagem Landsat TM-8, ano 2013.....	37
Figura 3.2 Classes de uso da terra e cobertura vegetal em Ubá, região de Moju, em 2013.....	42
Figura 3.3 Classes de uso da terra e cobertura vegetal em Arauaí, região de Moju, em 2013.....	43
Figura 3.4 Mapeamento da cobertura e uso da terra em Mamorana, região de Moju, Pará, em 2013.....	45
Figura 4.1 Localização da área de estudo, em três recortes espaciais, na região de Moju, leste do estado do Pará.....	54
Figura 4.2 Mudança ao longo de 22 anos (1991 a 2013) representada em porcentagem para as classes: floresta primária-FP, floresta degradada-FD, floresta secundária-FS, palma de óleo-OP e agropecuária-AG, na região de Moju, estado do Pará.....	58
Figura 4.3 Trajetórias das classes floresta primária-FP e agropecuária-AG para o cultivo da palma de óleo-OP, no período de 1991 a 2013, referente à área total de estudo (2588,72 km ²), na região de Moju, estado do Pará.....	59
Figura 4.4 Trajetórias das classes floresta primária-FP, floresta secundária-FS e agropecuária-AG para o cultivo da palma de óleo-OP, no período de 1991 a 2013, referente à área de detalhe com 680,00 km ² , na região de Moju, estado do Pará.....	60
Figura 4.5 Métricas da estrutura de paisagem para a floresta primária (FP): relação entre a porcentagem de área - PLAND (%) e a densidade de fragmentos - PD (n/100 ha), no período de 1991 a 2013, na região de Moju no estado do Pará.....	61
Figura 4.6 Métricas da estrutura de paisagem para a floresta primária (FP): relação entre a porcentagem de área - PLAND (%) e a proximidade de fragmento - PROX_MN, no período de 1991 a 2013, na região de Moju no estado do Pará.....	62
Figura 5.1 Localização das áreas de estudo: A) América do sul com a Amazônia legal e os municípios Moju, Acará e Tailândia, localizando os pontos de amostragem florística; B) recorte detalhado de uma das áreas (área 1) com localização dos pontos de amostragem; C) o transecto mostra as parcelas e sub-parcelas para o levantamento florístico, utilizando imagens do satélite Landsat TM-5, ano 2010	76
Figura 5.2 Área ocupada por FP (floresta primária), FD (Floresta Degradada), FS (floresta secundária), OP (palma de óleo) e AG (agropecuária), classificação do ano de 2013, região de Moju, Pará, Brasil.....	82
Figura 5.3 Curvas espécie-área para as amostragens de indivíduos arbóreos, realizada na floresta primária (A), floresta secundária e óleo de palma com DAP ≥ 2 cm (B) e pastagem com DAP $\geq 2 \leq 10$ cm (C), na região de Moju, Pará, Brasil.	83
Figura 5.4 Desempenho das dez espécies com maior índice valor de importância (IVI), densidade relativa (DR), frequência relativa (FR), dominância relativa (DoR), nas áreas definidas para o estudo, na região de Moju, Pará, Brasil.....	84
Figura 5.5 Comportamento da floresta primária-FP, secundária-FS, palma de óleo-OP e pastagem-Past, com relação à riqueza de espécies e estoque de carbono (t/ha), na região	84

de Moju, Pará, Brasil.....

Figura 5.6 Distribuição das classes de uso e cobertura da terra usando escalonamento multidimensional-MDS para identificação de agrupamentos florísticos. Floresta primária (verde), floresta secundária (verde claro), palma de óleo (vermelho) e pastagem (azul claro)..... 85

Figura 5.7 Riqueza de espécies (a) e estoque de carbono (b) com relação à distância até a borda da floresta primária mais próxima. FP (verde), FS (verde claro), OP (vermelho) e Past (azul claro), na região de Moju, Para, Brasil..... 86

Figura 5.8 Regressão linear entre floresta primária em um buffer de 500 m de raio e A) riqueza de espécies e B) carbono (t/ha) para as classes: floresta primária-FP (verde), floresta secundária-FS (verde claro), palma de óleo-OP (vermelho) e pastagem-Past (azul), na região de Moju, Pará, Brasil..... 87

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Delimitação da largura das APP nos curso d'água em Moju, Pará, Lei 12.651/2012.....	25
Tabela 2.1 Critérios de recomposição nos cursos d'água e nascentes em áreas consolidadas até 22 de julho de 2008, de acordo com a lei 12.727/2012.....	27
Tabela 2.3 Tipos de Cobertura e Uso da Terra em Moju, destacando o uso irregular de ocupação das Áreas de Preservação Permanente, 2010.....	28
Tabela 2.4 Módulo fiscal e recomposição das APPs de 608 propriedades com Cadastro Ambiental Rural em Moju, PA.....	31
Tabela 3.1 Caracterização das classes de cobertura e uso da terra mais expressivas na região Moju, leste do Pará.....	39
Tabela 4.1 Descrição das principais classes de cobertura e uso da terra consideradas para o estudo, na região de Moju, estado do Pará.....	57
Tabela 4.2 Cinco trajetórias em 22 anos (1991 a 2013) finalizando com apalme de óleo e características envolvendo as classes: floresta primária-FP, floresta secundária-FS, agropecuária-AG e palma de óleo-OP.....	67
Tabela 5.1 Equações utilizadas no cálculo da biomassa para as espécies com $DAP \geq 2$ cm, para o gênero <i>Cecropia</i> e para a espécie <i>Elaeis guineensis</i> : AGB = biomassa estimada (Kg); p = densidade da madeira ($g.cm^{-3}$); DW = biomassa calculada para o gênero <i>Cecropia</i> (Kg); Bt = biomassa do tronco (estipe) da espécie <i>Elaeis guineensis</i> ; r = raio do tronco da palmeira (cm); Z = diâmetro da base estimado em 0,777; h = altura total (m); ρ = densidade do tronco da palmeira ($Kg.m^{-3}$); Id = palmeira <i>Elaeis guineensis</i> em anos.....	79
Tabela 5.2 Caracterização das classes de cobertura e uso da terra consideradas neste estudo realizado na região de Moju, Pará, Brasil.....	81
Tabela 5.3 Área amostrada (ha) por classe de diâmetro adotado, densidade (N° ind/ha), número de espécies (N° spp) e família (N° Fam.) e AGB média da biomassa aérea (t/ha) para florestas primárias (FP), florestas secundárias (FS), plantios de dendê (OP) e pastagem (Past), na região de Moju, Pará.....	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente.
CAR	Cadastro Ambiental Rural.
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
DEGRAD	Mapeamento da degradação florestal na Amazônia brasileira.
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
IDESP	Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará.
INCT	Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia.
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
LUCC	Land Use and Cover Change.
MMA	Ministério do Meio Ambiente.
MP	Ministério Público.
OLI	Operational Land Imager.
PNPB	Plano Nacional de Produção e Uso de Biodiesel.
PPCDAM	Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal.
PPGCA	Programa de Pós-graduação de Ciências Ambientais.
REDD+	Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação
RL	Reserva Legal.
RSPO	Roundtable on Sustainable Palm Oil.
SBPC/ABC	Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência/Academia Brasileira de Ciência.
SEMAS	Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade.
UFPA	Universidade Federal do Pará.
ZAE-Dendê	Zoneamento Agroecológico do Dendê para as Áreas Desmatadas da Amazônia Legal.

SUMÁRIO

1	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	16
1.1	PROBLEMÁTICA.....	18
1.2	OBJETIVOS E QUESTÕES.....	19
1.3	BASES CONCEITUAIS E VÍNCULO DO PROJETO.....	19
2	CONFLITOS NO USO DA TERRA EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM UM POLO DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO ESTADO DO PARÁ.....	21
2.1	INTRODUÇÃO.....	22
2.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
2.2.1	Área de Estudo.....	24
2.2.2	Processamento Digital.....	24
2.2.3	Delimitação das Áreas de Preservação Permanente.....	25
2.2.4	Análise de Conflito de Uso da Terra.....	26
2.2.5	Recomposição de APPs.....	26
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
2.4	CONCLUSÃO.....	31
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
3	COBERTURA VEGETAL E USO DA TERRA EM ÁREAS CULTIVADAS COM PALMA DE ÓLEO NO LESTE DA AMAZÔNIA.....	35
3.1	INTRODUÇÃO.....	36
3.2	MATERIAL E MÉTODO.....	37
3.2.1	Área de Estudo.....	37
3.2.2	Processamento Digital.....	38
3.2.3	Característica das Classes de Cobertura Vegetal e Uso da Terra.....	39
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
3.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
4	TRAJETÓRIAS DE COBERTURA VEGETAL E USO DA TERRA E ESTRUTURA DA PAISAGEM ASSOCIADAS À EXPANSÃO DO CULTIVO DA PALMA DE ÓLEO NA AMAZÔNIA ORIENTAL.....	51
4.1	INTRODUÇÃO.....	52
4.2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	53
4.2.1	Área de estudo.....	53
4.2.2	Processamento das imagens e classificação multitemporal.....	54
4.2.3	Trajatórias de uso da terra.....	56
4.2.4	Estrutura da paisagem.....	56
4.2.5	Análises estatísticas.....	56
4.3	RESULTADOS.....	56
4.3.1	Mudança da cobertura vegetal e uso da terra.....	56
4.3.2	Trajatórias de conversão para Palma de Óleo.....	58
4.3.3	Mudanças na estrutura da paisagem.....	60
4.4	DISCUSSÃO.....	62

4.4.1 Da floresta à Palma de Óleo.....	62
4.4.2 Condições e limitações ambientais para a Palma de óleo.....	64
4.4.3 Políticas Públicas e ações Sustentáveis para o Cultivo da Palma de Óleo.....	66
4.5 CONCLUSÕES.....	68
REFERÊNCIAS.....	70
5 DA FLORESTA À PALMA DE ÓLEO: EFEITO DAS MODIFICAÇÕES DO USO DA TERRA NA BIODIVERSIDADE ARBÓREA E NO ESTOQUE DE CARBONO NA AMAZÔNIA ORIENTAL.....	74
5.1 INTRODUÇÃO.....	75
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	76
5.2.1 Área de Estudo.....	76
5.2.2 Aquisição de dados e Processamento das Imagens	77
5.2.3 Levantamento Florístico e de Estrutura.....	78
5.2.4 Interação Paisagem e Biodiversidade Arbórea.....	80
5.2.5 Análises Estatísticas.....	80
5.3 RESULTADOS.....	80
5.3.1 Mudanças na Cobertura Vegetal e no Uso da Terra.....	80
5.3.2 Análise Fitossociológica.....	82
5.3.3 Composição Florística e Estoque de Carbono Associados a Diferentes Tipos de Uso da Terra	84
5.3.4 Influência de Determinantes da Paisagem da Riqueza de Espécies e Estoque de Carbono.....	85
5.4 DISCUSSÃO.....	87
5.4.1 A Taxa de Conversão de Florestas é muito Elevada em Moju.....	87
5.5 CONCLUSÕES.....	90
LITERATURA CITADA.....	92
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	95
REFERÊNCIAS.....	99
APÊNDICES.....	111
APÊNDICE A - ESQUEMA DA ÁRVORE DE DECISÃO USANDO TRABALHOS REALIZADOS NO RAS (SUSTAINABLE AMAZON NETWORK), NA REGIÃO DE MOJU, PARÁ.....	112
APÊNDICE B - MUDANÇAS DA COBERTURA VEGETAL E USO DA TERRA PARA OS ANOS 1991, 1995, 2001, 2005, 2010 E 2013, NA REGIÃO DE MOJU, PARÁ.....	113
APÊNDICE C - LISTA DAS ESPÉCIES COMUNS ENTRE OS TIPOS DE USO DA TERRA.....	115

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A Amazônia é o maior bioma de floresta úmida do planeta com área de 4,2 milhões de km², conhecida por sua diversidade biológica e riquezas naturais, é considerada um valioso patrimônio ambiental, econômico, social e cultural. A partir da década de 70 o desmatamento foi intensificado com a abertura de estradas, queimadas, expansão agrícola, programas de colonização, incentivos fiscais, implantação de grandes projetos agropecuários e processo de ocupação humana associada à posse de terra, que acentua a desigualdade social e conflitos relacionados com a terra (FEARNSIDE, 2005; BECKER, 2007, SAITO, 2011). Os programas desenvolvimentistas dessa época estavam voltados para a capitalização e modernização da agricultura, que passava por um processo de transformação tecnológica, também conhecido como “revolução verde” (MACHADO, 2009).

Os impactos humanos tornaram-se mais intensos na região a partir de 2000, sendo a pecuária responsável pela retirada da floresta em grandes áreas. Entre 1990 e 2003, o rebanho bovino na Amazônia Legal cresceu 240%, chegando a 64 milhões de cabeças (PERES, et al., 2010). O desmatamento chegou a uma taxa acumulada até 2014, de 760.305 km² (INPE, 2014), e grande parte desse desmatamento ocorreu ao longo da região conhecida como arco do desmatamento, que se estende do nordeste do estado do Pará ao leste do estado do Acre, o qual abriga a maior fronteira agrícola em expansão no mundo (BECKER, 2005; DA SILVA, PENA, DE ASSIS OLIVEIRA, 2015).

De certa forma, as várias tentativas de desenvolvimento agrícola estabelecido na região indicam claramente a inadequação dos modelos de agricultura importados de regiões do sudeste e centro do Brasil. Os resultados destes modelos importados muitas vezes são social, ambiental e economicamente adversos (RODRIGUES et al., 2009). Tais modelos resultaram em grande perda de biodiversidade, mais de 200.000 km² de pastagens degradadas e improdutivas, altas taxas de desmatamento (da ordem de 15 a 20.000 Km² por ano) e emissões de grandes quantidades de gases de efeito estufa e aerossóis (VIEIRA, SILVA, TOLEDO, 2005). Além dessas mudanças, é observado que o avanço desordenado da fronteira não está trazendo benefícios em longo prazo para as comunidades e os municípios (RODRIGUES et al. 2009). Assim, muitos são os investimentos para a ocupação da região, mas pouco são os resultados efetivos e eficientes na melhoria da qualidade de vida e na distribuição de renda para a população dessa região.

Essas mudanças, resultam em vários tipos de danos ao ecossistema, que levam à degradação da floresta causada por extração seletiva de madeira, caça excessiva e fogos no sub-bosque (PARROTTA, WILDBURGER, MANSOURIAN, 2012), além de intensificar o processo de fragmentação da paisagem e o empobrecimento biótico (CAPOBIANCO et al., 2001; LUI, MOLINA, 2009). Por se tratar de uma região de fronteira, a Amazônia vem sendo marcada pela incorporação de terras e de recursos naturais, realizada, via de regra, dentro de uma lógica puramente econômica, e, mais do que isso, insustentável.

Assim, observa-se que o processo colonizador na região impôs enorme pressão sobre os ecossistemas naturais, muito além de sua capacidade de suporte (FEARNSIDE, 1993), provocando alterações biológicas, químicas e físicas na região (DAVIDSON, ARTAXO, 2004). Além da pecuária, o cultivo de grãos, o monocultivo de espécies florestais e a implementação de infraestrutura de grandes empreendimentos de mineração e energia e, em menor escala, a agricultura familiar, têm provocado alterações na paisagem regional a partir do desmatamento das florestas nativas (VIEIRA et al., 2008; RIVERO et al., 2009).

A perda de biodiversidade é uma ameaça que persiste com a continuidade da abertura de novas fronteiras agrícolas (PERES et al., 2010; VIEIRA, SILVA, TOLEDO, 2005), estima-se que no mínimo 1.175.850.000 árvores tenham sido perdidas com a maior taxa de desmatamento ocorrida na região, entre 2003-2004 (VIEIRA, SILVA, TOLEDO, 2005). Dessa forma, entender qual espécie florestal nativa pode manter populações viáveis em paisagens modificadas, e sob quais regimes de manejo, continua sendo um grande desafio (PERES et al., 2010). Para tanto, estudos que apresentam a disposição espacial da cobertura florestal remanescente podem ser importantes, pois apontam o valor de conservação de remanescentes florestais espalhados na paisagem. (GARDNER et al., 2009).

Mais recentemente, nota-se que a política de ocupação continua abrindo novas fronteiras agrícolas na Amazônia. Em 2008, entrou em funcionamento o mercado nacional de biodiesel, tendo como base a adição de 2% de óleo vegetal ao diesel. Apesar do predomínio do óleo de soja, ampliaram-se as perspectivas favoráveis para a expansão da palma de óleo na região. Levantamentos e estudos realizados pela EMBRAPA estimam que o estado do Pará dispõe de boas condições, do ponto de vista edafoclimático, para o cultivo da palma de óleo (VENTURIERI, 2011) e cerca de 5 milhões de hectares estão aptos para o plantio dessa cultura. (COSTA, 2010).

Assim, nota-se que houve uma reorganização territorial do espaço amazônico em função da palma de óleo e uma série de ações foram priorizadas, com a criação do Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel (PNPB) em 2004 e do Programa de Produção Sustentável de

Óleo de Palma (PPSOP) em 2010, que têm como meta mais ampla adequar o país à crise energética e ambiental mundial, desencadeada pela limitação dos combustíveis fósseis. Assim, instala-se, mais um ciclo econômico no setor agrícola na Amazônia, denominada de “fronteira agrícola da bioenergia” (NAHUM, BASTOS, 2014).

No entanto, os efeitos do plantio da palma de óleo no meio ambiente amazônico são pouco conhecidos no Brasil, e entender esses impactos é extremamente importante, dadas as propostas para reclassificar o estatuto jurídico da palma de óleo como um uso da terra de baixo impacto (LEES, VIEIRA, 2013). Evidências em outras regiões tropicais demonstram o efeito considerável desta cultura sobre o meio ambiente e seria preciso aguardar uma investigação completa sobre os efeitos biológicos e sociais do cultivo da palma de óleo na paisagem amazônica para se determinar se esta cultura é ou não uma cultura de baixo impacto.

1.1 PROBLEMÁTICA

Os polos de produção de óleo de palma no Pará se instalam a partir de uma dinâmica globalizada e com muito capital (HOMMA, VIEIRA, 2012) e têm como meta a inclusão de agricultores familiares na cadeia de produção do biodiesel sustentável em 38 municípios no nordeste paraense. Porém, a cadeia de biocombustível como uma nova fronteira de bioenergia na Amazônia a partir da palma de óleo vem contrariando o paradigma da sustentabilidade (COUTO, SOUSA, MACEDO, 2012), e está levando a conflitos ambientais devido a utilização indevida da terra e ao cumprimento das leis, além de conflitos socioambientais e substituição da agricultura de subsistência pela monocultura do dendezeiro. Por outro lado, pouco se sabe sobre as consequências que uma monocultura em grande escala poderá causar na paisagem e na biodiversidade amazônicas. Estudos recentes (LEES et al., 2015) apontam que nas plantações de dendezeiro as comunidades de aves são mais pobres e possuem uma composição de espécies semelhantes a pastagens e à agricultura mecanizada e não oferecem habitat para espécies de áreas florestais de maior interesse para a conservação. Assim, monocultivos de dendezeiro foram identificados como uma ameaça emergente para a biodiversidade da Amazônia e entender esses impactos é extremamente importante, dada a rápida expansão projetada de cultivo de palma de óleo na região. Portanto, são necessárias pesquisas que contribuam para o entendimento da trajetória de longo prazo da cobertura florestal e do uso da terra na região, e a identificação das mudanças ambientais associadas à nova frente agrícola com dendezeiro.

1.2 OBJETIVOS E QUESTÕES

O objetivo geral da pesquisa é analisar os conflitos, as mudanças e as trajetórias de usos da terra e o valor de conservação da biodiversidade das plantações de palma de óleo e de outros usos da terra predominantes na região de Moju, leste do Pará.

Para o alcance desse objetivo, o trabalho foi organizado em quatro capítulos (apresentados como artigos independentes), nos quais foram trabalhados os seguintes objetivos específicos:

1. Analisar os conflitos entre usos da terra e a legislação ambiental em Áreas de Preservação Permanente de Moju, com a finalidade de responder às seguintes questões: os produtores de dendezeiro respeitaram o Código Florestal? Qual o passivo ambiental das APPs ao se aplicarem as velhas e as novas regras de recomposição?
2. Caracterizar a cobertura vegetal e os principais usos da terra predominante no ano de 2013 em três áreas produtoras de dendê no município de Moju, com a finalidade de responder às seguintes questões: qual a área desmatada? A floresta primária ainda é a cobertura predominante?
3. Analisar as mudanças de trajetórias na paisagem e a estrutura da paisagem no período 1991-2013, visando responder às seguintes questões: de que forma as trajetórias de cobertura e uso da terra em 22 anos mudaram a configuração e a estrutura da paisagem? A expansão do cultivo do dendezeiro modificou essa trajetória?
4. Avaliar os padrões de mudanças florísticas e de estoque de carbono de diferentes usos da terra, visando responder as seguintes questões: plantios de dendezeiro possuem valor de conservação em comparação a outros usos? Qual a intensidade de perda de biodiversidade arbórea e qual o estoque de carbono associados a diferente cobertura e uso da terra?

1.3 BASES CONCEITUAIS E VÍNCULO DO PROJETO

A área de estudo envolve 90% do município de Moju e 10% dos municípios Acará e Tailândia, no estado do Pará. Assim, a área analisada será denominada de Região de Moju. Entende-se região como entidade concreta e resultado de múltiplas determinações, destacando-se os elementos fundamentais com relação ao pertencimento entre homens e seu território e políticas praticadas na questão do controle e gestão de um território, ou seja, é a efetivação dos mecanismos de regionalização sobre um quadro territorial previamente ocupado (GOMES, 1995; CAVALCANTI, 2003). Assim, chama-se atenção para o território, como sendo a construção histórica a partir das relações de poder, que envolve a coexistência da sociedade e do espaço geográfico (HAESBAERT, LIMONAD, 2007). Sabendo-se que as denominações região e

território são categorias relacionadas ao espaço vivido, estas apresentam certa homogeneidade de características, derivadas da combinação entre elementos do meio natural, ação humana e ações políticas, inerente ao espaço ocupado.

O estudo trata da dendeicultura (palma de óleo), que será concebida como um evento que organiza, configura e dinamiza a paisagem (SANTOS, 2006). Um evento geográfico apresenta um conjunto variado de formas e processos, que através de interesses diversos podem levar a novas funções ao meio preexistente, reorganizando umas funções e desorganizando outras. Nesse contexto, o evento define várias intencionalidades sociais, configurando lugares produtores de commodities negociáveis para atender o mercado nacional e internacional (FERREIRA, 2002; GALLO, 2014; NAHUM, SANTOS, 2015) e, em consequência, a paisagem é moldada a partir das ações sociais, políticas e ambientais, que tem como proposição o plantio em grande escala da palma de óleo, submetendo tempo, atividade e a região aos domínios e desejo do grande capital internacional.

Esta pesquisa faz parte do projeto Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia - INCT Biodiversidade e Usos da Terra na Amazônia, que tem como objetivo analisar as consequências ambientais e sociais de diferentes usos da terra, fornecendo as bases científicas para práticas econômicas sustentáveis e subsídios a políticas públicas para a região amazônica.

Neste trabalho foram utilizados os termos “floresta primária” e “floresta secundária” para se referir à floresta intacta, que existe em sua condição original e a que cresce após o abandono de cultivos agrícolas em áreas originalmente de florestas, respectivamente, conforme o estudo de Barlow et al., (2007), adotado pelo projeto INCT.

2 CONFLITOS NO USO DA TERRA EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM UM POLO DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO ESTADO DO PARÁ¹

RESUMO

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) desempenham um papel fundamental na manutenção dos principais fatores que regulam os processos hidrológicos e de conservação biológica. Na Amazônia, as APPs vêm sendo ocupadas com atividades econômicas de alto impacto ambiental que levam à supressão de vegetação, desrespeitando o regime legal desse tipo de área protegida. Este artigo analisa os conflitos de uso da terra dentro das áreas destinadas à preservação e propõe uma delimitação dessas áreas de acordo com o Código Florestal Brasileiro de 2012, no município de Moju, um dos mais importantes polos de produção de biodiesel do estado do Pará. A pesquisa utilizou imagem multiespectral de alta resolução por satélite RapidEye de 2010, para classificação supervisionada que determinou oito classes de cobertura e uso da terra, com especial atenção para a floresta, o cultivo agrícola da palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.). As terras alteradas do município perfazem 30,29% do total, sendo que 17,07% estão ocupadas pela pecuária. Somente 5,2% do território de Moju são legalmente definidas como APP. Destas áreas, 28,29% se encontram em uso conflituoso, onde predomina a pastagem, presente em 15,6% das APPs do município. O cultivo de palma corresponde a apenas 0,63% da área da APP e a 2,17% do município. A aplicação das novas regras de recomposição de APPs pelo novo Código Florestal Brasileiro irá resultar em perda de 60,69% de área recuperada em APPs neste município.

Palavras chave: sensoriamento remoto, classificação supervisionada, cultivo de dendê.

ABSTRACT

Areas of Permanent Preservation (APPs) play a crucial rôle in the maintenance of the main factors regulating hydrological processes and biological conservation. In Amazonia, economic activities with high-impact environmental consequences have been applied to APPs, leading to the suppression of vegetation in disregard to the legislation concerning this category of protected area. This paper analyses the conflicts on land use within areas destined for preservation and proposes a delimitation of such areas, in conformity with the Brazilian Forest Code of 2012, within the municipality of Moju, one of the main biodiesel production centers in the State of Pará. This study used high-resolution multispectral imagery by the 2010 RapidEye satellite for a supervised classification, determining eight classes of land cover and use, with special attention given to the forest, agricultural cultivation and oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) cultivation. Altered lands in the municipality amount to 30.29% of the total, of which 17.08% is occupied by livestock. APPs with original vegetative cover (forest and campinarana) constitute 68% of the municipality area. The loss of 28.29% of the vegetative cover in local APPs is due mainly to agriculture and animal husbandry. Oil palm cultivation makes up for only 0.63% of the APP and 2.17% of the municipality areas. The application of the new recomposition guidelines for APPs according to the new Forest Code will result in the loss of 60.69% of the APP-recovered areas in this municipality.

Keywords: remote sensing, supervised classification, oil palm cultivation.

¹Este Capítulo foi publicado na revista Ambiente & Água (Almeida, A. S.; Vieira, I. C. G. Conflitos no uso da terra em Áreas de Preservação Permanente em um polo de produção de biodiesel no Estado do Pará. Revista Ambiente & Água. vol. 9 n. 3 Taubaté - Jul. / Sep 2014; doi: 10.4136/ambi-agua.1410)

2.1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas presenciamos grandes transformações da região amazônica, a partir de mudanças estruturais no processo de ocupação iniciado em 1960, impulsionadas por programas de desenvolvimento visando integrar a região ao restante do país (BECKER, 2007). Essas transformações tiveram como mola propulsora uma ocupação populacional desenfreada movida por migração espontânea ou estimulada por projetos de colonização, fruto da conjugação entre incentivos fiscais, e a implantação de eixos rodoviários e grandes projetos de mineração (BECKER, 2005). As taxas de desmatamento registradas na região variaram de 11.030 km²/ano em 1991 até um máximo de 27.772 km²/ano alcançado em 2004 (INPE, 2013). Mais recentemente, o desmatamento da Amazônia começou a diminuir, tendo alcançado, em 2013, a taxa de 5.843 km²/ano (INPE, 2013), considerada a segunda mais baixa registrada desde o início do monitoramento.

A adoção de políticas governamentais, que garantam a produção agrícola, de maneira a também preservar o meio ambiente é essencial para a manutenção dos ecossistemas naturais. Assim, o Código Florestal Brasileiro de 1965 estabelecia que a vegetação nativa nas margens dos rios e lagos, definidas como Áreas de Preservação Permanente (APP), deveriam ser preservadas. A necessidade de revisão e adequação da Lei de 1965 à realidade atual originou várias Medidas Provisórias (MP), e culminou com a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, a qual passou a vigorar posteriormente com as alterações estabelecidas na Lei Nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. Essa legislação estabelece as normas gerais para a preservação da vegetação em Áreas de Preservação Permanente e em Áreas de Reserva Legal (RL) e para a recomposição de APPs e RLs, além de outras ações.

A Lei 12.651/12 manteve o mesmo conceito de APP estabelecido no Código de 1965, considerando o seu caráter de preservação e a importância das funções ambientais e de proteção do solo. Porém, indica uma alteração bastante significativa ao estabelecer que as APPs de cursos d'água sejam contabilizadas da borda da calha do leito regular e não do seu nível mais alto. Essa mudança causou muita controvérsia, tendo os cientistas argumentado que o corpo d'água não pode ser entendido somente onde as águas correm na maior parte do tempo, pois o seu leito varia sazonalmente em função das chuvas (SBPC/ABC, 2011). Outra alteração relevante é a nova definição de nascente e olho d'água: o caráter de intermitência foi mantido somente para o último, tendo retirado do conceito de nascente. Isso afetou a própria definição de APP, que se refere apenas às áreas de raio mínimo de 50 m no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes (Lei Nº 12.727/12, Federal).

A lei e o decreto introduziram mecanismos e critérios para a recomposição de áreas degradadas de forma proporcional ao tamanho da propriedade e considerando a temporalidade da degradação. Assim, em se tratando de APPs, foi admitida a continuidade de atividades consolidadas até 22 de julho de 2008, sendo obrigatória a recomposição de determinadas faixas de vegetação a depender da extensão da propriedade e da largura do rio, entre outros aspectos.

Há várias décadas, as Áreas de Preservação Permanente da Amazônia vêm sofrendo perturbações e degradação devido à ação antrópica. O processo de uso e ocupação do solo na região é fortemente associado às práticas sociais, econômicas e culturais adotadas pelos produtores (VIEIRA *et al.*, 2008). Nessa forma de ocupação e uso da terra, a principal atividade econômica praticada é a agropecuária, implantada sem qualquer análise sobre as consequências que o processo de supressão da vegetação em APPs traz para o meio ambiente e para a sociedade.

Uma vez que cada constituinte da cobertura do solo pode ser determinado através de atributos espectrais, de textura e de forma, é possível utilizar técnicas de geoprocessamento para extração direta de informações contidas na paisagem e no mapeamento da cobertura do solo (FERREIRA *et al.*, 2005). Estudos feitos com mapas temáticos relacionados ao uso da terra têm servido, de forma geral, como base para as análises de mudanças das formas de uso ao longo do tempo num determinado espaço. Para a execução desse tipo de mapeamento, vêm-se incorporando as geotecnologias (Sensoriamento Remoto, Processamento Digital de Imagem e Sistemas de Informação Geográfica), os quais são usados como suporte para melhor interpretar o espaço geográfico por meio do tratamento de dados georeferenciados e de sua representação cartográfica (LONGLEY *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2004).

A análise gira em torno dos conflitos entre o cumprimento do Código Floresta Brasileiros e as mudanças ocasionadas pelas transformações de áreas naturais, por usos agropecuários ou por outro tipo de ação humana. HADLICH (2006), define conflitos como áreas quando o uso que dela é feito não corresponde à sua aptidão. Estes conflitos podem ser facilmente observados através da espacialização de atributos ambientais, que expressam as incompatibilidades quando a floresta é substituída por um tipo produção agrícola.

Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivos: delimitar as Áreas de Preservação Permanente no município de Moju, no Estado do Pará, de acordo com as determinações do Código Florestal de 2012; identificar a ocorrência de conflito entre o uso da terra e a legislação; avaliar qual seria o passivo ambiental das APPs ao se aplicarem as novas regras de recomposição, utilizando-se a combinação de tecnologias de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Área de estudo

O município de Moju pertence à mesorregião Nordeste paraense e à microrregião de Tomé-Açu (Figura 2.1.). A área total é de 9.094,10 km², dista cerca de 60 km em linha reta da capital do Estado e possui uma população estimada em 70 mil habitantes, sua economia é baseada no plantio de dendezeiro, produção de madeira, carvão e pecuária (IDESP, 2013).

O relevo apresenta compartimentação discreta: platôs baixos (tabuleiros), terraços fluviais e várzeas. Os tabuleiros apresentam-se aplainados e recobertos por depósitos inconsolidados. O clima característico é o quente e úmido, com temperaturas médias mensais de 25°C a 27°C. A precipitação pluviométrica varia entre 2.000 a 3.000 mm/ano, sendo o período de janeiro a junho a época mais chuvosa. O rio Moju nasce no município de Rondon do Pará e desagua no rio Guamá, tendo inúmeros afluentes em ambas as margens, os mais expressivos dos quais são os da margem esquerda, como os rios Cairari, Mamorama e Pirateua. A vegetação é composta de floresta densa de planície aluvial nas áreas de várzea, floresta latifoliada de terra firme e floresta densa de baixos platôs e terraços. (IDESP, 2013).

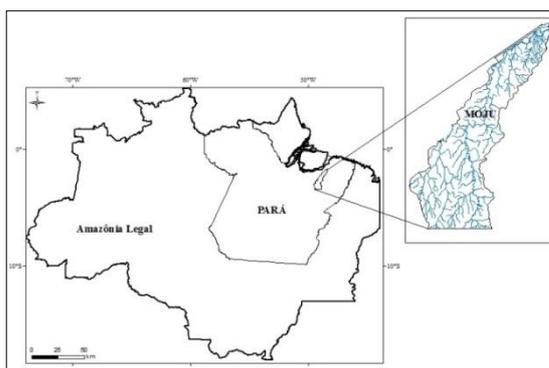


Figura 2.1. Localização do município de Moju, estado do Pará.

2.2.2 Processamento digital

Para a classificação da cobertura vegetal e uso da terra utilizaram-se 29 imagens multiespectrais, de 2010 do satélite RapidEye, no Sistema de Coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator), datum WGS84, com 12 bits de resolução radiométrica, 5 m de resolução espacial e imagens ortorretificada, com bandas espectrais (vermelho, verde, azul, red-edge, infravermelho próximo). As imagens cobriram 9.094,10 km² do município de Moju-PA.

Para a classificação foi utilizado o algoritmo Máximo Verossimilhança (MaxVer) precisa de informações para que o treinador defina qual a probabilidade de uma pixel pertencer a uma determinada classe. A distância do valor da célula para o valor central da classe, o tamanho e a forma das classes no espaço são fatores determinantes para a definição da probabilidade. Assim, considerando as classes de floresta primária (terra firme e igapó), floresta secundária

(inicial e avançada), plantio de dendezeiro, pastagem, área agrícola, área queimada, água, nuvem e sombra, foram definidas as variabilidades de cada banda (R, G, B), sendo determinado os valores centrais de cada classe do treinador. O mosaico foi realizado através do módulo Mosaico com Imagens Georeferenciadas objetivando a combinação perfeitas entre as imagens, que foram realçadas com intuito de otimizar a interpretação macro, assim como estabelecer um padrão para todas as imagens que possuem, de alguma forma, problemas técnicos de aquisição proveniente do sensor, programa utilizado ENVI 4.5. (CATTANI et al., 2013).

Após as etapas de classificação da imagem definindo os tipos de cobertura vegetal e uso da terra foi confeccionado o mapeamento identificando as APPs com uso irregular. A qualidade da classificação foi realizada a partir de uma matriz de erro, obtida pelo cruzamento dos dados de campo com informações do mapeamento, que gerou o cálculo da Exatidão Global e Índice de Kappa (valor de 0-1) (HUDSON; RAMM, 1987).

2.2.3 Delimitação das Áreas de Preservação Permanente

Os programas usados para delimitar as APP no município foram ESRI ArcGis 9.3 e ENVI 4.5. Neste trabalho, foram consideradas apenas as APPs ao longo dos cursos d'água e de nascentes, ressaltando que o município apresenta topografia moderada de 0 a 30m (IDESP, 2013). Para a delimitação das APPs utilizou-se o banco de dados do IBGE (2010) sobre a rede hidrográfica, com ajustes usando as imagens RapidEye. A delimitação das APPs foi realizada por meio da geração da zona de tamponamento (buffer) a partir do leito regular dos cursos d'água. A extensão do buffer foi estabelecida de acordo com o Código Florestal Brasileiro (Lei 12.727/2012), que determina as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, com largura mínima definida na Lei 12.651/2012 (Tabela 2.1.). Assim, essa delimitação foi feita a partir da digitalização dos dados vetoriais dos cursos d'água respectivamente com largura de 10, 50, 100, 200 e maior que 600 metros, gerando um delimitador no ArcGIS. As nascentes foram definidas a partir 50 m, tendo como ponto central a nascente, como determina o Código Florestal de 2012.

Tabela 2.1. Delimitação da largura das APP nos curso d'água em Moju, Pará, Lei 12.651/2012.

Largura dos cursos d'água (m)	APP (m)
>10	30
10 a 50	50
50 a 200	100
200 a 600	200
< 600	500

A área total das APPs foi determinada a partir da junção de todos os polígonos obtidos pelos diferentes critérios anteriormente descritos. Tal procedimento possibilitou a delimitação e a mensuração de toda a área prevista para preservação, com exclusão das eventuais sobreposições espaciais de APP.

2.2.4 Análise de conflito de uso da terra

Para identificar e analisar os conflitos de uso da terra, em relação as normas estabelecidas pela Lei 12.727/2012 nas áreas destinadas à preservação, foi realizado a sobreposição do mapa de cobertura vegetal e uso da terra com os polígonos de delimitação das APPs de acordo com o Código Florestal vigente. Logo após a sobreposição fez-se o recorte para determinar a localização das áreas consolidadas e os polígonos obtidos corresponderam exatamente às áreas de usos conflitantes nas APPs.

2.2.5 Recomposição de APPs

A Lei 12.727/2012 estabelece que nas Áreas de Preservação Permanente, é autorizada a continuidade das atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural somente em áreas rurais consolidadas até 22 de julho de 2008. O Código define regras específicas para a recomposição dessas áreas e prevê a recomposição escalonada da vegetação nativa, estabelecendo o tamanho da propriedade segundo o módulo fiscal, como critério para a determinação das faixas de recomposição para curso d'água contadas da borda da calha do leito regular, independentemente da largura do curso d'água (Tabela 2.2.). Para calcular a área passível de recomposição, selecionaram-se 608 propriedades (49,7%) que apresentam uso irregular de um universo de 1.224 propriedades registradas no Cadastro Ambiental Rural-CAR, disponível na página da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS), do Pará: o tamanho das propriedades declarado no CAR possibilitou enquadrá-las na regra do módulo fiscal. Foi necessário realizar mudanças na largura do buffer, devido ao município de Moju apresentar áreas consolidadas com diferentes tipos de uso da terra.

Em caso de áreas rurais consolidadas em APPs no entorno de nascentes e olhos d'água perenes, o novo Código obriga a recomposição em um raio mínimo de 15 (quinze) metros.

Tabela 2.2. Critérios de recomposição nos cursos d'água e nascentes em áreas consolidadas até 22 de julho de 2008, de acordo com a lei 12.727/2012.

Módulo Fiscal	Largura mínima de recomposição (m)
Até 1	5
1 a 2	8
2 a 4	15
Superior a 4	20 a 100 (determinado pelo PRA*)
Até 10	Somadas todas as APP do imóvel, não ultrapassará 10% da área total de imóveis rurais com área de até 2 módulos fiscais; e 2% da área total de imóveis rurais com área superior de 2 a 4 módulos fiscais
Nascente	15

* PRA – Programa de Regularização Ambiental

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sete classes de usos e coberturas da terra foram identificadas no município de Moju, distribuídas entre vegetação natural (floresta primária e campinarana), floresta secundária, área com dendezeiro, pastagem, área agrícola e queimada, água e nuvem/sombra. A vegetação natural ocupa 64,28% da área do município, valor ligeiramente inferior ao encontrado por Almeida *et al.* (2014) em 2009 (65,96%, usando imagens Landsat). A área ocupada com vegetação natural e floresta secundária é de 73,73%, o que atribui às autoridades do município uma grande responsabilidade quanto à manutenção e preservação dos remanescentes florestais existentes. Moju apresenta 30,29% de áreas alteradas, sendo 17,07% ocupadas pela pecuária. Esse resultado revela que o município acompanha o ritmo de desmatamento do nordeste paraense, com tendência à pecuarização, como evidenciado por Almeida e Vieira (2008) no município de São Francisco do Pará, por Venturieri *et al.* (2005) em Paragominas e mais recentemente pelo projeto TerraClass (INPE 2011).

A validação da classificação realizada por meio da matriz de erro é um indicativo da qualidade da classificação. Assim, obteve-se maior acerto para as classes de plantio de dendezeiro (96,84%) e floresta (95,53%) e o menor acerto para outras classes (66,55%). Isso é comum em estudos no leste da Amazônia, onde há mosaicos agrícolas e áreas de vegetação secundária, pastagens e floresta (VIEIRA, *et al.*, 2003; ALMEIDA e VIEIRA, 2008). Ao obter a exatidão global de 92,27% e o índice de Kappa de 0,88, percebe-se por esses altos valores que a classificação é satisfatória. O resultado reflete número suficiente de amostras utilizadas para a classificação.

A área destinada legalmente à preservação permanente (APP) em Moju é da ordem de 47.357,06 ha, que representa 5,21% da área municipal. No entanto, APPs com vegetação natural (florestas primárias e campinarana) representam 68,60% das APPs do município (Tabela 2.3.), o que, de certa forma, demonstra que o desmatamento de APP não é de grande envergadura e não ocorreu primeiramente nas matas ciliares. Em Paragominas (PA), Venturieri et al. (2005) mapearam perdas significativas em matas ciliares no ano de 1996, quando existia cerca de 20,7 km² de floresta até 1000 m de distância dos rios, passando para 1,2 km² em 2004. Enquanto, Watrin et al. (2007) contabilizaram apenas 42,57% e 54,41% de área vegetada em duas microbacias de Paragominas, a maior parte das APPs ao longo dos rios deste município foram convertidas em pastagem.

Tabela 2.3. Tipos de Cobertura e Uso da Terra em Moju, destacando o uso irregular de ocupação das Áreas de Preservação Permanente, 2010.

Tipos de Cobertura e Uso da Terra	Área (ha)	%	APP (ha)	%
Vegetação Natural (floresta e campinarana)	584.554,47	64,28	32.485,12	68,60
Floresta secundária	85.898,57	9,45	5.397,88	11,40
Pastagem	155.260,54	17,07	7.397,87	15,62
Culturas agrícolas e queimadas	14.616,87	1,6	301,78	0,64
Plantio de dendezeiro	19.714,43	2,17	297,00	0,63
Água	7.697,83	0,85	--	--
Nuvem e sombra	41.667,31	4,58	1.477,41	3,12
Área de APP com uso irregular			13.394,53	28,29
Área Total	909.410,00	100,00	47.357,06	100,00

A perda de 28,29% de vegetação natural nas APPs de Moju (APP com uso irregular) é preocupante, na medida em que o Código Florestal atual não garante a recuperação dessas áreas. Esse desmatamento favorece não apenas o processo erosivo, mas também afeta o escoamento superficial e subsuperficial das águas (Figura 2.2.). Alterações na mata ciliar causam modificações na abundância e volume de troncos no canal, afetando principalmente a complexidade estrutural desses ecossistemas, reduzindo o número e as características estruturais das drenagens (PAULA *et al.*, 2011). Esse entendimento soma-se ao de Buck *et al.* (2004), que ressalta que a preservação da mata ciliar impede o acesso do gado ao leito do rio, diminuindo assim os danos nas margens e a contaminação das águas pelas fezes dos animais.

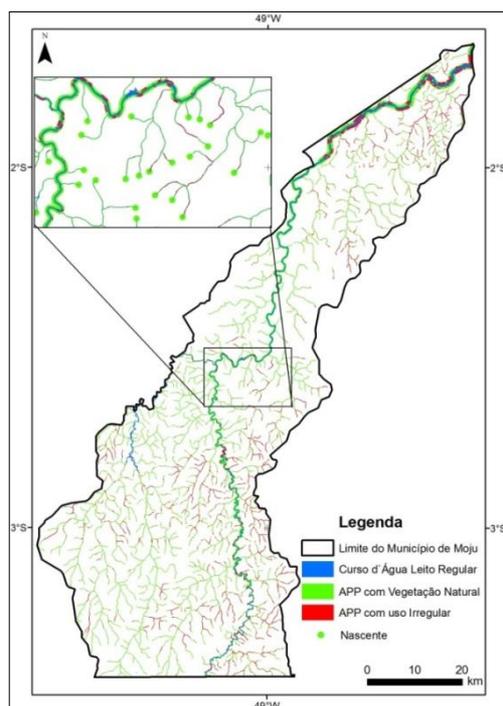


Figura 2.2. Delimitação das APPs com vegetação natural e com uso irregular no município de Moju-PA.

As APPs com uso irregular estão ocupadas principalmente com pastagens e florestas secundárias. As florestas secundárias cresceram após abandono de áreas cultivadas na APP e teriam um importante papel na recomposição de APPs se isoladas de distúrbios, para que pudessem seguir com a sucessão. Uma APP de qualquer curso d'água deve ter uma largura mínima de 30 metros, aumentando conforme a largura do rio. Dessa forma, a APP, quando existente, atenderia às principais funções ecológicas para a preservação dos mananciais e nascentes de rios. No caso deste município, 16,89% da vegetação nas APPs já foram suprimidas e estão ocupadas com pastagens e culturas agrícolas, incluindo o dendezeiro. Neste caso, a recomposição dessas APPs depende do tamanho da propriedade e deverá ser feita seguindo os critérios estabelecidos pela nova lei florestal.

O dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) ocupa uma área em APP de 297,00 ha (0,63% das APPs) em 2010, valor que pode ser considerado baixo em relação à área total do município (2,17%). Ressalta-se que se o plantio estiver concentrado próximo às nascentes, provavelmente esta fração poderá vir a se tornar fator de preocupação. O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), criado em 2004 pelo Governo Federal, apontava o dendê como opção mais viável de matéria-prima a ser produzida pela agricultura familiar na Região Norte (BRASIL, 2004) e isso tem modificado sobremaneira o padrão de uso da terra nos polos de produção de biodiesel no Estado do Pará. Destaca-se que a dendeicultura havia sido vista por muito tempo como econômica e ambientalmente benéfica, contribuindo ainda para a proteção contra a erosão

do solo através de plantio consorciado com leguminosas (HOMMA *et al.*, 2000). Entretanto, ela não deve ser considerada de baixo impacto para a restauração ecológica dessas áreas de proteção, pois plantios homogêneos extensos dessa espécie não contribuem para a conservação da biodiversidade (LEES e VIEIRA, 2013). O dendezeiro pode até representar uma ameaça para as áreas de APPs no município, uma vez que essa cultura é de altíssimo rendimento e hoje a principal matéria-prima de produção de biodiesel no nordeste paraense. O aumento de área plantada de dendezeiros poderá resultar em alterações nos ecossistemas da região, e é preciso aumentar o comando e controle no polo de produção de biodiesel para evitar a expansão do dendezeiro em APPs (HOMMA e VIEIRA, 2012).

As áreas de nascente nas regiões nordeste e sudeste do município de Moju são as mais afetadas com a retirada da mata ciliar e a introdução do dendezeiro, que com 297,00 ha ocupa nestas regiões suas maiores áreas de plantação. No entanto, considerando a área ocupada com dendezeiro no município (19.714,43 ha), percebe-se que não houve supressão de vegetação em APP em larga escala para o cultivo dessa espécie.

Os rios de tamanho menores, de 10 a 30 m de largura, apresentaram mais de 50% do total de APP de uso irregular (Figura 2). Este dado é relevante ao considerarmos que são as inúmeras pequenas nascentes que iniciam o fluxo das águas para os rios maiores. A diminuição do volume de água na região pode ocorrer com o assoreamento destas nascentes e desses pequenos cursos d'água pela ausência da mata ciliar.

Em 2008, seguindo as determinações do decreto que combate o desmatamento ilegal, o Ministério do Meio Ambiente elaborou uma lista com os 36 municípios que mais desmatam o bioma amazônico. Sete novos municípios foram incluídos na lista no ano seguinte, assim como mais tarde em 2011, quando Moju passou a integrar a relação. Os municípios que constam da lista crítica estão sujeitos a uma série de medidas de controle do desmatamento, como a intensificação da fiscalização ambiental e a consequente restrição de crédito e de mercado, além de serem impedidos de obter licença ambiental mesmo para desmatamento legal. Assim, a inserção dos imóveis rurais no Cadastro Ambiental Rural (CAR) foi uma das medidas adotadas pelo Governo do Estado. Moju já tem 1224 propriedades com cadastro ambiental, sendo 72 definitivos e 1152 provisórios (SEMAS, 2012) e a área que ocupam é de 679.169,71 ha, ou seja, 74,68% do município. Isso não significa que os problemas fundiários estejam resolvidos, pois o cadastro é apenas declaratório.

A análise das 608 propriedades com CAR (499.985,37 ha) mostra que há 9.202,21 ha de passivo ambiental em APPs, considerando tanto o código de 1965 quanto o de 2012. Porém, como somente 3.617,21 ha estão sujeitos à recomposição, conforme a lei vigente, verifica-se que

haverá uma perda de 60,69% da área total de APPs nessas propriedades, que legalmente deixarão de ser restaurada com a aplicação do novo código florestal (Tabela 2.4.).

Tabela 2.4. Módulo fiscal e recomposição das APPs de 608 propriedades com Cadastro Ambiental Rural em Moju, PA.

Categoria de APP	Módulo Fiscal	Faixas marginais (m)	Área com recomposição (ha)	Propriedades (Nº)
Curso d'água	< 1	5	59,28	206
	1 - 2	8	101,62	100
	2 - 4	15	98,22	54
	> 4	20 a 100 (PRA)	3349,84*	248
Nascente		15	8,25	687
Total			3.617,21	

*Cálculo da faixa marginal em 20 m

Pode-se afirmar, assim, que o novo Código Florestal nos remete a uma situação crítica quanto à manutenção das matas ciliares no município analisado e na Amazônia, por conseguinte, por dar legitimidade às perdas de biodiversidade e de recursos hídricos a partir das mudanças estabelecidas nas regras de recomposição. No Brasil, Soares Filho *et al.* (2014) estimam que o passivo ambiental com o novo Código Florestal passou a ser de 21 milhões de hectares, sendo 22% em Áreas de Preservação Permanente nas margens dos rios e 78% de áreas de Reserva Legal. Este valor representa 58% a menos do que a estimativa anterior, baseada no antigo Código.

As ações ilegais e de desrespeito ao Código Florestal Brasileiro, no que concerne à manutenção da floresta natural ao longo dos rios e nascentes, como também a falta de fiscalização e dificuldades na recuperação destas áreas são realidades encontradas nos municípios brasileiros. Os esforços em todos os níveis para modificar a situação atual de gestão ambiental dos municípios da Amazônia, serão importantes para amenizar o passivo ambiental gerado com a nova Lei.

2.4 CONCLUSÃO

A principal forma de uso da terra em Moju refere-se à pastagem, ocupando 17,07% da área total. A área preservada com vegetação natural é de 64,68% e com florestas secundárias é de 9,45%. As APPs representam 5,21% da área total do município, de acordo com os critérios estabelecidos no Código Florestal vigente. No entanto, foi evidenciado conflito no uso da terra em 28,29% dessas APPs, que são ocupadas principalmente por pastagens e florestas secundárias. O cultivo do dendê ocupou apenas uma fração pequena (0,63%) das APPs do município.

Perdas significativas de APPs vêm sendo registradas na Amazônia desde os anos 90, quando projetos agropecuários de larga escala se implantaram na região. Essas APPs deveriam ser recompostas a partir de iniciativas de restauração florestal, como exigido pelo código florestal de 1965. No Pará, uma governança florestal mais forte iniciou-se em 2007 com a exigência da recomposição florestal de APPs e reservas legais por decretos e leis estaduais. No entanto, o código florestal atual, embora não tenha alterado os critérios de preservação de APP, passou a considerar o tamanho da propriedade e o módulo fiscal do município como critérios essenciais para a recomposição de APP, alterando sobremaneira a quantidade de área com uso irregular a ser recomposta. É como se tivéssemos duas leis: uma para preservação e outra para recomposição. A análise feita neste trabalho com 50% das propriedades com Cadastro Ambiental Rural mostrou que 61% de APPs com uso irregular, que representam 5.584,82 ha do total de APPs, não sofrerão recomposição de acordo com o Código vigente, deixando um considerável passivo ambiental no município. Pelo Código anterior, todos os 13.394,53 ha (28,29%) de APP com uso irregular no município deveriam ser recompostos.

A principal contribuição deste estudo, para o município de Moju e o Estado do Pará é evidenciar a situação ambiental das APPs, e fornecer informação que pode ser usada pelos órgãos responsáveis pela gestão ambiental para o desenvolvimento de projetos de adequação e recomposição de APPs com usos irregulares e preservação de APPs intactas. Porém, sabe-se que há inúmeras dificuldades operacionais na estruturação da gestão ambiental municipal e somente com medidas de controle, um programa sério de restauração ecológica e maior governança ambiental pode-se conseguir recuperar pelo menos parte do passivo ambiental existente nas APPs do município.

2.5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio e os recursos financeiros do Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq) por meio do projeto INCT/ Biodiversidade e Uso da Terra na Amazônia (CNPq 574008/2008-0) e da bolsa de produtividade concedida a ICGV (CNPq 306368/2013-7); ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da Universidade Federal do Pará (UFPA) em convênio com o Museu Paraense Emilio Goeldi e Embrapa Amazônia Oriental pela oportunidade de doutorado de Arlete Silva de Almeida e aos revisores deste artigo por suas recomendações valiosas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. S., VIEIRA, I. C. G., 2008. Dinâmica da cobertura vegetal e uso da terra no município de São Francisco do Pará (Pará, Brasil) com o uso da técnica de sensoriamento remoto. **Bol. Mus. Par. Emílio Goeldi**, v. 3, n. 1, p. 81-92, 2008.
- ALMEIDA, A. S., VIEIRA, I. C. G., 2014. BARROS, M. N. R., ROCHA, D. P. N. Áreas de endemismo Belém e Xingu: configuração e espacialização do uso da terra e da cobertura vegetal. In: Emilio, T., Luizão, F. (Org.). Cenários para a Amazônia: Clima Biodiversidade e Uso da Terra. **Editora INPA**, Manaus, AM. p. 57-66.
- BRASIL. Presidência da República. Decreto nº. 5.298. 2004. Disponível em: <http://www.presidencia.gov.br>. Acesso em: 01 set. 2014.
- BECKER, B. K. **Amazônia: geopolítica na virada do III milênio**. Rio de Janeiro. Garamond, p. 23-25. 2007.
- BECKER, B. K. Geopolítica da Amazônia. **Estudos Avançados**. São Paulo. v. 19, n. 53, jan./abr. 2005.
- BUCK, O.; NIYOGI D. K.; TOWNSEND, C. R. Scale-dependence of land use effects on water quality of streams in agricultural catchments. **Environmental Pollution**, Braking, v. 130, p. 287-299, 2004.
- CATTANI, C. E. V.; MERCANTE, E.; SOUZA, C. H. W. de.; WRUBLACK, S. C. Desempenho de algoritmos de classificação supervisionada para imagens dos satélites RapidEye. Anais... XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Foz do Iguaçu, PR, 2013.
- FERREIRA, L. V.; VENTICINQUE, E.; de ALMEIDA, S. S. O Desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 53, p. 1-10. 2005.
- HADLICH, G. M. ANÁLISE DE RELAÇÕES ENTRE DECLIVIDADE E USO DO SOLO COM AUXÍLIO DO GEOPROCESSAMENTO, MUNICÍPIO DE SOMBRIO, SC. VI Simpósio nacional de Geomorfologia, 2006.
- HOMMA, A. K. O.; FURLAN JÚNIOR, J; CARVBALHO, R.; A.; FERREIRA A. Bases para uma política de desenvolvimento da cultura do dendê na Amazônia. In: VIEGAS, I. J. M; MULLER, A. A. (Orgs.). **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém: Embrapa Amazônia Ocidental. 2000. p. 11-30.
- HOMMA, A. K. O; VIEIRA, I. C. G. Colóquio sobre dendezeiro: Prioridades de Pesquisas Econômicas, sociais e Ambientais na Amazônia. **Amazônia (Banco da Amazônia. 2005)**, v. 8, p. 79-90, 2012.
- HUDSON, W. D.; RAMM, C. W. Correct formulation of the kappa coefficient of agreement. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v.53 n.4 p.421-422. 1987.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Downloads, Geociências. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: Dezembro de 2013.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2013. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>. Acesso em: 20 dez. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS/ EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Projeto TerraClass** 2011. Disponível em: www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2010.php. Acesso em: 22 de nov. 2014.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ; IMAZON; **Programa Municípios Verdes**. Diagnóstico da Gestão Ambiental dos Municípios Paraenses. Belém, 53 p. 2013.

LEES, A. C.; VIEIRA, I. C. G. Oil-palm concerns in Brazilian Amazon. **Nature**, v. 497, p. 188, 2013.

LONGLEY, P. A; GOODCHILD, M. F; MAGUIRE, D. J; RHIND, D. W; Geographic Information Systems and Science. New York: **John Wiley & Sons**, 2002.

PAULA, F. R.; FERRAZ, S. F. B.; GERHARD, P.; VETTORAZZI, C. A.; FERREIRA, A. Large woody debris input and its influence on channel structure in agricultural lands of Southeast Brazil. **Environmental Management**. Nova York, v. 48, p. 750-763. 2011.

SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA/ ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS. **O Código Florestal e a Ciência**: Contribuições para o Diálogo. São Paulo: SBPC, 2011.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE. Sistema Integrado de Monitoramento e Licenciamento Ambiental – Módulo Público (SIMLAM Publico), 2012. Disponível em; <http://monitoramento.sema.pa.gov.br/simlam/>, Acesso em jun. 2013.

SILVA, J. X. DA; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand, Brasil, 2004.

SOARES FILHO, B. S.; RAJÃO, R.; MACEDO, M.; CARNEIRO, A.; COSTA, W. L. S.; COE, M.; RODRIGUES, H. O.; ALENCAR, A. Cracking Brazil's Forest Code. **Science**, Minas Gerais v. 344, p. 363-364, 2014.

VENTURIERI, A.; FIGEIREDO, R.; WATRIN, O. S.; MARKEWITZ, D. Utilização de imagens Landsat e CBERS na avaliação da mudança do uso e cobertura da terra e seus reflexos na qualidade da água em microbacia hidrográfica do município de Paragominas, Pará. **In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 2005, Goiânia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2005. v. 1. p. 1127-1134.

VIEIRA, I. C. G.; TOLEDO, P. M. de; SILVA, J. M. C. da; HORÁCIO, H. Deforestation And Threats To The Biodiversity of Amazonia. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, p. 631-637, 2008.

VIEIRA, I. C. G.; ALMEIDA, A. S. de. DAVIDSON, E. A.; STONE, T. A.; CARVALHO, Cláudio J. R. de ; GUERRERO, J. B..Classifying Successional Forests Using Landsat Spectral Properties and Ecological Characteristics in Eastern Amazônia. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, n.4, p. 470-481, 2003.

WATRIN, O. S.; MACIEL, M. N. M.; THALES, M. C. Análise espaço-temporal do uso da terra em microbacias hidrográficas no município de Paragominas, Estado do Pará. **In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 2007, São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007. p. 7019-7026.

3 COBERTURA VEGETAL E USO DA TERRA EM ÁREAS CULTIVADAS COM PALMA DE ÓLEO NA REGIÃO DE MOJU, LESTE DO PARÁ²

RESUMO

As transformações socioambientais associadas a ações antrópicas vêm reduzindo drasticamente as áreas naturais do bioma Amazônia, aumentando assim, a preocupação em avaliar as mudanças nos padrões de uso e cobertura da terra. Este trabalho teve como objetivo mapear e quantificar os tipos de cobertura e uso da terra em uma região do Pará onde a implantação do cultivo da palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) está presente. Foram selecionadas para o estudo, três áreas (Ubá, Arauaí e Mamorana) localizadas no leste do Pará. Para a interpretação e classificação foram utilizadas imagens do satélite Landsat-8, ano de 2013, através do método árvore de decisão. Os resultados demonstram que a vegetação de floresta primária em cada área avaliada varia de 16,41% a 32,24%, enquanto a classe agropecuária ocupa de 20,12% a 33,74%. A área Mamorana está ocupada com a maior floresta primária, equivalente a 32,24%. A palma de óleo ocupa em média 12% da área total, sendo sua maior extensão em Arauaí (17,64%). Esses dados evidenciam as recentes transformações que ocorrem no território paraense sob a expansão da palma de óleo.

Palavras-chaves: Uso da terra, Palma de óleo, Sensoriamento remoto.

ABSTRACT

The socio-environmental changes associated with anthropic actions resulted on drastic loss of natural areas in Amazônia, hence the increase of concern towards the evaluation of the mentioned changes of pattern in cover and land use. The research aimed to map and quantify the types of cover and land use within the area in Pará state where were implanted the culture of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Therefore, the specific areas chosen to be studied were Ubá, Arauaí and Mamorana, that are located to the east of Pará state. In terms of interpretation and classification were used Landsat-8 satellite images from the year 2013 along with the tree decision method. The results showed that the primary forest vegetation for each studied area covers 16.41% to 32.24% , whereas the class of agriculture and cattle raising occupies the numbers from 20.12% to 33.74% . The Mamorana area owns the biggest primary forest cover, around 32.24%. The oil palm occupies an average of 12% of the total area, however its most significant extension is within Arauaí (17.64%). The data gathered highlights the recent changes that occurred within the Pará state area under the expansion of the oil palm.

Keyword: Land use; Oil palm, Remote sensing.

²Capítulo de acordo com as normas da Revista Brasileira de Cartografia (ISSN-1808-0936), Cobertura Vegetal e Uso da Terra em Áreas Cultivadas com Palma de Óleo na Região de Moju, Leste do Pará. (Almeida, A. S. de; Vieira, I. C. G.; Silva, T. C. M.).

3.1 INTRODUÇÃO

A Amazônia é o maior bioma de floresta tropical do mundo e desempenha um papel fundamental quanto aos serviços ecossistêmicos (DAVIDSON *et al.*, 2012). Grandes transformações vêm ocorrendo neste bioma, que registrou taxa de desmatamento anual, entre os anos de 1988 a 2014, de 40,8 milhões de hectares (INPE, 2014). O avanço da fronteira agrícola, com a expansão das pastagens e de monoculturas como a soja e a atividade madeireira são consideradas as principais causas do desflorestamento na região (VIEIRA *et al.*, 2005). As modificações biofísicas e socioeconômicas sofridas com o desmatamento em larga escala comprometem o desenvolvimento regional, intensificando os conflitos sociais, econômicos e ambientais devido à rápida mudança no uso da terra (VANWEY *et al.*, 2013).

Nos últimos anos observa-se que o leste da Amazônia encontra-se bastante antropizado, em decorrência da abertura de áreas para exploração agropecuária, principalmente a implementação de pastagens (VIEIRA *et al.*, 2005).

No Estado do Pará, a marcante transformação na utilização das terras e a substituição das vegetações naturais por pastagens plantadas e cultivos agrícolas têm levado ao aparecimento de florestas secundárias em áreas abandonadas (VIEIRA; GARDNER, 2012), que já dominam cerca de 63 mil km² (ADAMI *et al.*, 2015), além de florestas degradadas da ordem de 5.434 km², em 2013 (INPE, 2013). Mais recentemente, o plantio da cultura da palma de óleo (*dendezeiro - *Elaeis guineensis* Jacq.*) se intensifica na região do nordeste paraense e as mudanças estabelecidas e implantadas a partir de políticas públicas para incentivar esse monocultivo vêm ocasionando transformações na paisagem (IGAWA *et al.*, 2015) e gerando conflitos socioambientais com populações tradicionais (NAHUM; MALCHER, 2012).

No município de Moju e região vizinha, as transformações socioeconômicas e ambientais têm como mola propulsora a instalação de empresas para o cultivo da palma de óleo, a extração ilegal de madeira para fins comerciais, além das atividades de carvoarias que abastecem as indústrias de ferro gusa do sudeste do Pará. O impacto dessas atividades fez com que este município entrasse, em 2011, para a lista dos municípios que mais desmatam o bioma amazônico (MMA, 2013).

Para entender o real impacto destas atividades na paisagem e na biodiversidade deste município faz-se necessário mapear os principais tipos de usos e cobertura da terra, e identificar os padrões de organização dos elementos espaciais de forma a compreender as consequências ambientais do manejo inadequado da paisagem (SANCHÉZ, 2015).

Neste contexto, este estudo objetivou avaliar, por meio de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica – SIG, a cobertura vegetal e uso da terra em 2013,

analisando os desdobramentos das ações antrópicas na paisagem de três áreas produtoras de dendê, localizadas na região de Moju, leste do Estado do Pará.

3.2 MATERIAL E MÉTODO

3.2.1 Área de Estudo

A área de estudo foi delimitada a partir de três recortes espaciais nos municípios de Moju, Acará e Tailândia, na mesorregião nordeste paraense, doravante referida como região de Moju. Esses recortes possuem extensão total de 2588,72 km² (90% localizados no município de Moju) e são assim denominados: 1-Ubá (2° 30' 14,4''S / 48° 49' 15,6''W e 2° 48' 43,2''S / 49° 04' 19,2''W), 2-Arauaí (2° 30' 14,4''S / 48° 49' 15,6''W e 2° 48' 43,2''S / 49° 04' 19,2''W) e 3-Mamorana (2° 45' 39,6''S / 49° 06' 3,6''W e 3° 03' 54''S / 49° 16,56' 33,6''W). Esses recortes se basearam nas seguintes características: 1) presença do cultivo de palma de óleo e 2) área com intensa fragmentação (Figura 3.1).

As características fisiográficas compreendem relevo com compartimentação discreta: platôs baixos (tabuleiros), terraços fluviais e várzeas. Os tabuleiros apresentam-se aplainados e recobertos por depósitos inconsolidados. O clima característico é o quente e úmido, com temperaturas médias mensais de 25°C a 27°C. A precipitação pluviométrica varia entre 2000 a 3000 mm/ano, sendo o período de janeiro a junho a época mais chuvosa. A vegetação é composta de floresta densa de planície aluvial nas áreas de várzea, floresta secundária latifoliada de terra firme e floresta densa de baixos platôs e terraços (IDESP, 2013).

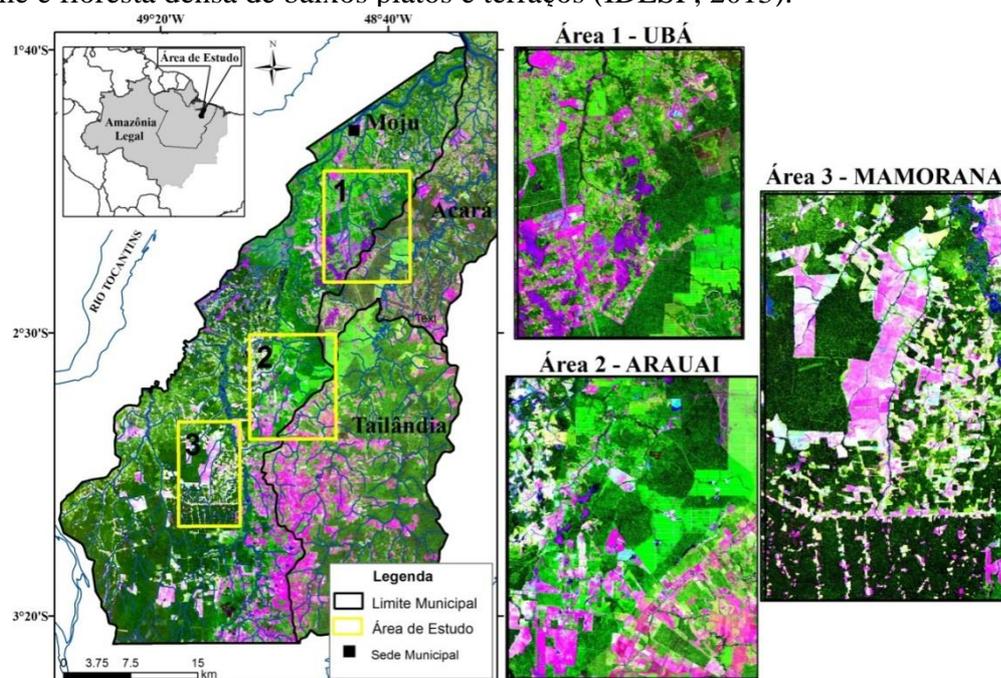


Figura 3.1 - Localização da área de estudo com o recorte das áreas Ubá, Arauaí e Mamorana, na região de Moju, utilizando-se imagem Landsat-8, ano 2013.

3.2.2 Processamento Digital

Foram utilizadas as imagens do satélite Landsat-8 do Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS, 2013), sensor OLI (Operational Land Imager), órbita/ponto 223-062 de (27/07/2013) e 224-062 de (13/09/2013), com projeção Geographic Coordinate System (GCS) e datum World Geographic System 1984 (WGS 84), contemplando as bandas 2 (azul), 3 (verde), 4 (vermelho), 5 (infravermelho próximo) e 6 (infravermelho médio), com resolução espacial de 30 m. Usou-se, ainda, as imagens Geocover (GLCF, 2000), obtidas através do acervo de cenas do United States Geological Survey (USGS), disponíveis na plataforma GLOVIS, que serviram de base para o georreferenciamento.

Para o mapeamento, três etapas foram realizadas. Na primeira etapa foi realizado o pré-processamento, que se baseia no registro das imagens a partir da base de referência de imagens Geocover. Esta etapa contou com 30 pontos de controle e aplicou-se o algoritmo de interpolação, baseado em triangulação e reamostragem pelo método de vizinhança mais próxima, obtendo-se um erro médio quadrático menor que um pixel (30 m). Em seguida, foi realizada a correção radiométrica relacionada na exclusão dos ruídos, e correção atmosférica que minimiza os efeitos ocasionados por neblina e fumaça nas margens (CARLOTTO, 1999). Com esse processamento, os dados da imagem são convertidos de número digital (DN) para reflectância de superfície (SOUZA JUNIOR, 2005).

Na segunda etapa, foi elaborada uma biblioteca espectral, que consiste no reconhecimento de componentes espectrais puros para calcular a abundância em cada pixel. Os componentes de interesse foram os pixels puros de vegetação (GV), vegetação não fotossinteticamente ativa (NPV), índice de fração diferencial normalizada (NDFI), solo exposto, nuvem e sombra. Após esse processamento, identificou-se a curva espectral potencial para a escolha final do conjunto desses componentes espectrais puros, através do SMA (análise de mistura espectral) proposto por Adams, (1995) e na terceira etapa, para a classificação foi utilizado o método de árvore de decisão, utilizando os componentes de interesse (GV, NPV, NDFI, solo exposto e nuvem) como variável de regra. Os programas utilizados foram o ImgTools 2.0 e o ENVI 4.5. (GARDNER *et al.*, 2013; SOUZA JUNIOR; SIQUEIRA, 2013).

Com o método edição de classes foi possível minimizar os erros de classificação (confusão das áreas de palma de óleo, floresta secundária e outras classes que não foram possíveis de serem classificadas e reconhecidas), conforme aplicado por Almeida *et al.*, (2014a).

O índice de Kappa foi utilizado para obtenção da acurácia da classificação, através de uma matriz de erro, contendo dados de campo e de laboratório (HUDSON; RAMM 1987).

3.2.3 Característica das Classes de Cobertura Vegetal e Uso da Terra

A tabela 3.1 apresenta as características das classes mais expressivas na região. Essas classes ocorrem com frequência em estudos na mesorregião nordeste paraense, como observado por Almeida e Vieira (2014).

TABELA 3.1 - CARACTERIZAÇÃO DAS CLASSES DE COBERTURA E USO DA TERRA MAIS EXPRESSIVAS NA REGIÃO MOJU, LESTE DO PARÁ.

A classe Floresta primária agrupa tipologias florestais como floresta ombrófila densa (aluvial, terras baixas e submontana) e floresta ombrófila aberta (cipós), é caracterizada por espécies de fanerófitos, lianas lenhosas e epífitas em abundância, apresenta altura de 30 a 40 m e árvores relativamente grossas e dossel emergente. Foram consideradas nesta tipologia, as florestas primárias intactas, sem alteração pela ação antrópica e em bom estado de preservação.



A classe Floresta degradada ou explorada é caracterizada como áreas florestais nas quais houve intervenção humana para a extração seletiva de madeira, facilitada pela abertura de estradas e construção de pátios de estocagem. São também consideradas florestas degradadas aquelas em que o fogo provocou danos ao dossel e/ou no sub-bosque. As alterações na floresta intacta afetam sua estrutura e funções, o que provoca a diminuição da capacidade de suprir produtos ou serviços.



A classe Floresta secundária ou capoeira é resultante de um processo de sucessão em áreas onde, no passado, houve corte raso da floresta primária. Os principais exemplos de capoeira na região amazônica são: áreas de pousio no sistema agrícola de corte e queima; vegetação formada após o abandono de áreas de pastagens degradadas e vegetação após o abandono de cultivos agrícolas semi-perenes.



A classe palma de óleo, dendê ou dendezeiro é uma das oleaginosas de origem africana mais produtiva do mundo, e com bom desenvolvimento em regiões tropicais. Conhecida cientificamente por *Elaeis guineensis* Jacq., cresce em média 8 m, é comercialmente utilizada por ter grande produtividade em óleo (oil palm).



A classe Agropecuária destina-se à prática da agricultura ou da pecuária. Devido às dificuldades em separá-las através de interpretações de sensoriamento remoto, optou-se por englobá-las em uma só classe. As pastagens, que são em maior extensão, servem de pastoreio do gado em criação extensiva e as áreas agrícolas, com culturas de ciclo curto (mandioca, milho, arroz, etc.), ou ciclo longo (coco, laranja, seringueira, etc).



Nota: Adaptado EMBRAPA, 1995; LAMB e GILMOUR, 2003; IBGE, 2012; BARLOW *et al.*, 2007

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As áreas cultivadas com palma de óleo no Estado do Pará ocupam cerca de 150 mil hectares e contam com mais de 10 empresas instaladas (BANCO DA AMAZÔNIA, 2012). Em Moju, Estado do Pará, há registros de que os primeiros plantios de dendzeiro ocorreram em 1980 (empresa REASA), com a perspectiva de expansão da dendzeicultura na região, observa-se que o aumento das áreas plantadas com dendzeiro neste município, entre os anos de 2010 e 2013, é da ordem de 20%, passando de 7,1 mil hectares a 34,6 mil hectares em menos de cinco anos (IBGE, 2015). O maior crescimento ocorreu após 2010, que coincide com o Programa Nacional de Produção do Biodiesel (PNPB) e com o Programa de Produção Sustentável de Palma de Óleo. Observa-se no município, que o plantio de dendzeiro ocorreu historicamente em áreas com melhores condições de escoamento da produção, ou seja, próximo à rodovia PA-150, que criou o mercado de terras com condições territoriais para a implantação das empresas (NAHUM; SANTOS, 2015).

Neste estudo, revelamos que as áreas estudadas apresentam características diferentes quanto à idade da palma de óleo, assim, foram observadas plantios consolidados a partir de 1980 em Arauai, plantios em processo de implementação a partir de 2000 em Ubá e plantios no início de implantação a partir de 2013 em Mamorana.

A paisagem da região é diversificada e foram identificadas oito classes de cobertura e uso da terra, sendo: floresta primária, floresta degradada, floresta secundária, palma de óleo, agropecuária, campinarana, nuvem/sombra e água. O desempenho geral da classificação foi de 0,87% para o índice Kappa. Este alto valor indica uma classificação satisfatória (LANDIS; KOCH, 1977).

A área Ubá possui 958,24 km², compreende 10 vilas com população aproximada de 12.000 habitantes, a estrada PA-150 atravessa essa região de norte a sul. Três empresas com o plantio da palma de óleo (Agropalma, Biopalma e Marborges) e uma com coco (Sococo) possuem atuação nessa área. A região é drenada pelo Rio Ubá e seus afluentes são os igarapés Ipitinga, Jambuaçu, Martinho e Maratauí, com altimetria variando de 0 a 60 m em relação ao nível do mar.

A figura 3.2 mostra as porcentagens de cobertura vegetal e usos da terra em Ubá, chamando atenção para a floresta primária com 284,81 km² (29,73%), e a floresta degradada com 129,55 km² (13,52%), esses dois tipos florestais ocupam 43,25% de área. As florestas secundárias ocupam 13,47% e a agropecuária 20,12% (192,72 km²). A floresta intacta

apresenta-se com área inferior à agropecuária, o que demonstra a tendência à pecuarização dessa região.

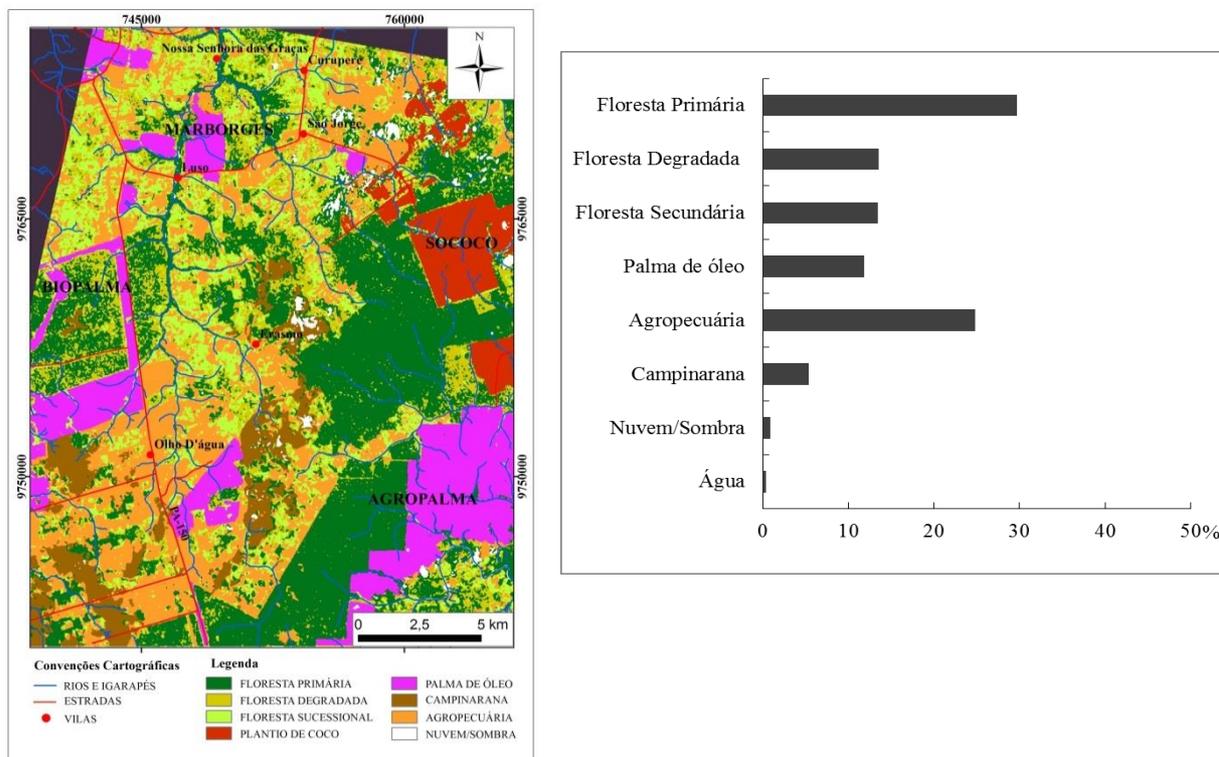


Figura 3.2 - Classes de uso da terra e cobertura vegetal em Ubá, região de Moju, em 2013.

A palma de óleo ocupa 113,77 km² (11,88%) de Ubá e os cultivos pertencem às empresas Biopalma, Agropalma e Marborges, que estão localizadas nas proximidades da PA-150. Em 2010, a área Ubá apresentava 93,78 km² (9,79% da área estudada) (ALMEIDA *et al.*, 2014b). Neste estudo analisado para o ano 2013, constatou-se que esta cultura passou a ocupar 11,88%, tendo tido um acréscimo de 20 km² (2,09%), no intervalo de três anos. Observa-se também que o dendezeiro apresenta-se ocupando áreas proporcionais às florestas degradada e secundária, e que a paisagem de Ubá não segue o que preconiza o Código florestal, estando à área com menos de 50% de florestas.

A área Arauaí abrange 951,38 km² sendo drenada pelo Rio Arauaí e seus afluentes igarapés Miriti, Curuperé, Sacutuba e Deserto, apresenta altimetria variando de 10 a 70 m em relação ao nível do mar. Possui nove vilas com população aproximada de 5.200 habitantes. A mobilidade ocorre por estradas vicinais não pavimentadas que surgem a partir da PA-150. Arauaí é considerada uma área consolidada com o cultivo da palma de óleo desde 1982 pelo grupo Agropalma, que há pelo menos 10 anos tem parceria com a agricultura familiar.

A floresta primária em Arauaí ocupa 16,41%, enquanto que a floresta degradada 20,15%. As florestas primária e degradada contabilizam, assim, 36,56% da área. A floresta

secundária ocupa 10,72% e a agropecuária se destaca com 33,74%, ocupando 320,96 km². Nota-se, então que a classe agropecuária ocupa praticamente o dobro da floresta primária nesta área, e também se aproxima da somatória dos três tipos florestais. Essa diminuição de floresta traz consequências na disponibilidade de recursos naturais, comprometendo os serviços ambientais, afetando diretamente a diversidade biológica (LEES *et al.*, 2015).

A palma de óleo domina uma área de 167,82 km², o que representa 17,64% da área Arauaí. Esta cultura possui área superior às ocupadas pelas florestas primária e secundária. (Figura 3.3). Esse resultado traduz quão intensa foi a conversão de florestas e de outros usos para a palma de óleo, que se consolida na área há mais de 30 anos pelo grupo Agropalma, hegemônica no agronegócio do dendê na mesorregião do nordeste paraense. Essa empresa surgiu no período de marcante violência no campo, ocasionada pela dinâmica territorial do espaço agrário, impulsionada pelo capital e o Estado, que incentivavam programas e projetos voltados para a expansão da fronteira agrícola, sem o devido estudo sobre as condições ambientais e o efeito da transformação da floresta em paisagens agrícolas nessa região (VEIGA, 2000). Atualmente, a empresa tem 39 mil hectares do plantio da palma de óleo, e adota o discurso da sustentabilidade, como membro do Roundtable on Sustainable Palm Oil-RSPO (SANTOS, 2008).

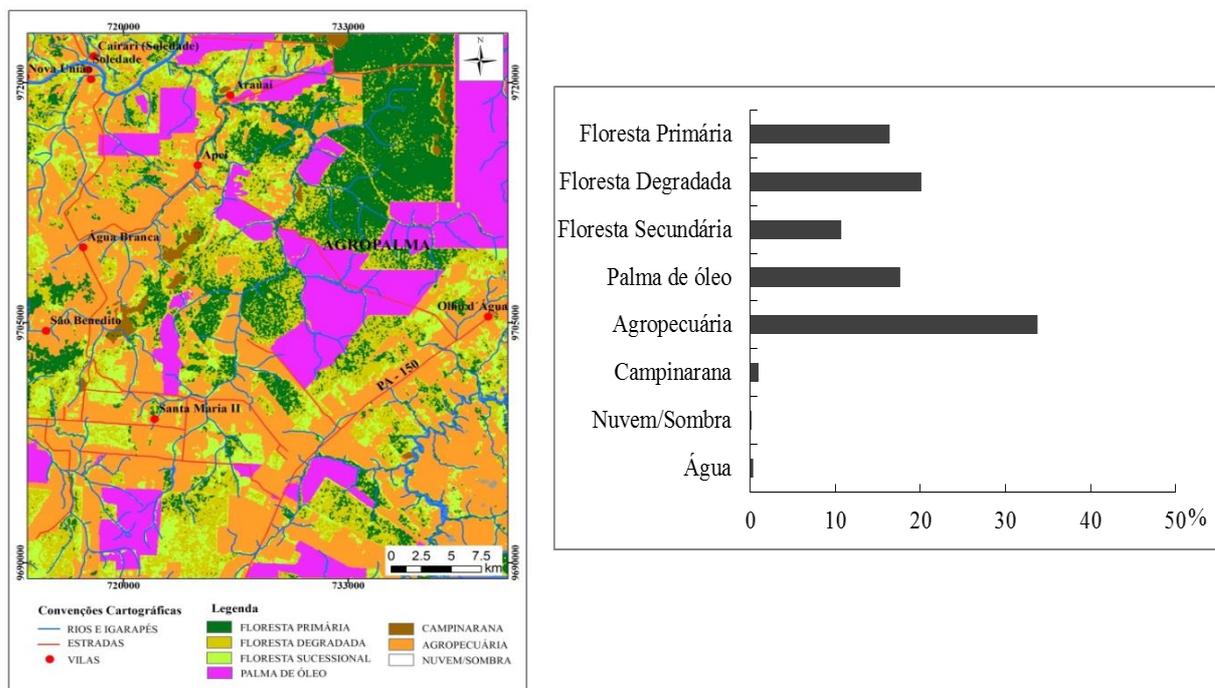


Figura 3.3 - Classes de uso da terra e cobertura vegetal em Arauaí, região de Moju, em 2013.

A expansão da palma de óleo na região acaba contribuindo para a ocupação de novas áreas para atender à crescente demanda na produção de óleo de palma no mercado nacional e internacional. Para Silva *et al.*, (2011), a maior parte das áreas utilizadas com nova implantação de cultivo da palma de óleo, estão ocorrendo em áreas desmatadas, que são utilizadas com pastos. A ocupação de novas áreas com dendezeiro está associada aos interesses das empresas, e tem levado a conflitos sócio-territoriais no espaço agrário paraense (COUTO *et al.*, 2012). Provavelmente, à medida em que as áreas florestais diminuem, esta classe deverá aumentar progressivamente na região e os efeitos dessa expansão gera um mercado de terra ocasionando conflitos sócio-territoriais no espaço agrário no Pará (COUTO *et al.*, 2012).

A área Mamorana é a menor área analisada neste trabalho, com cerca de 680,00 km². É drenada pelo rio Mamorana e seus afluentes são os igarapés Tabocal, Cauaçu, Camaandeuá, Moju e Capinacaia. Apresenta altimetria variando de 10 a 80 m em relação ao nível do mar, e possui nove vilas com população aproximada de 1.700 habitantes. O meio de circulação se dá por estradas e vicinais não pavimentadas que iniciam a partir da PA-150, no município de Tailândia. O cultivo da palma de óleo está no início do processo de implantação pela empresa Belém Bioenergia Brasil (Petrobrás Bioenergia), com produção voltada para o biodiesel.

Mamorana apresentou a maior porcentagem de floresta primária, equivalente a 32,24%, se somarmos com a classe floresta degradada esses dois tipos de florestas contabilizam 49,83% do total da área estudada, valor próximo ao que preconiza o Código Florestal para áreas consolidadas (50%). A floresta secundária ocupa 10,17% e a agropecuária desponta com 31,07%, valor próximo ao da floresta primária (Figura 4). Para Vieira e Gardner (2012), a floresta secundária faz parte de um mosaico de diferentes estágios de sucessão, e o seu potencial de conservação é elevado em paisagens muito antropizadas. Além disso, já existe legislação estadual que regulamenta a supressão de florestas secundárias para produção, devendo-se observar o estágio sucessional da floresta (VIEIRA *et al.*, 2014).

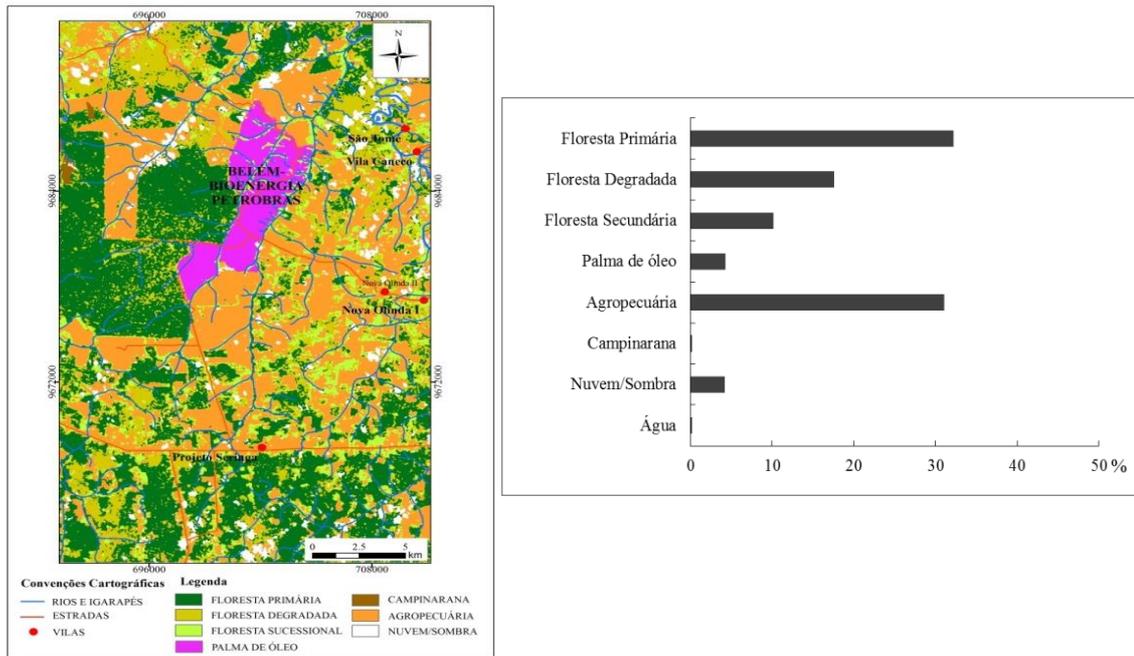


Figura 3.4 - Classes de uso da terra e cobertura vegetal em Mamorana, região de Moju, em 2013

A classe palma de óleo obteve resultado pouco expressivo em 2013 nesta área, ocupando uma área de apenas 29 km² (4,33%). Avalia-se que novos investimentos e com a crescente demanda por biocombustíveis ocorram incremento da área destinada ao cultivo do dendê. No entanto, estudos de campo mostram que em 2015 a Petrobras Biocombustível apresentou problemas econômico-financeiros, que ocasionaram quebra de contratos com alguns setores da economia.

Resta esperar quais procedimentos a Petrobras Biocombustível, definirá para os projetos com plantio da palma de óleo no polo de dendezeiro no nordeste paraense.

As áreas analisadas (Ubá, Arauai e Mamorana) apresentam como principais usos da terra, a agropecuária e a palma de óleo, e estão associadas a diferentes empresas. Estas, para atingir suas metas com plantio do dendezeiro e obter o selo de combustível social, se associam com o agricultor (proprietário com um lote de terra de 250 x 1000 m, na Amazônia), e formalizam contratos de compra e venda e fomento a produção, como no caso da Petrobras Biocombustível, ou adquirem terras desses agricultores ou de pecuaristas, esquentando o mercado de terra na região. Por volta de 1990, o preço médio de uma área de 5 hectares era 10 mil reais, porem, atualmente, o valor elevou-se para 50 mil reais por hectare (NAHUM; SANTOS, 2014). Assim, nota-se uma grande disputa por terra na área Ubá (958 km²), entre três empresas com plantio da palma de óleo e uma de produção de coco, que estão localizadas próximo uma das outras. Essa distribuição espacial das empresas é característico de áreas com

intensificação da agricultura associada a fomento de indústrias (Ferreira *et al.*, 2014) e se caracteriza por uma alta velocidade na transformação da paisagem.

De acordo com o Plano Nacional de Uso e Produção de Biodiesel-PNPB, haverá uma expansão do cultivo de palma de óleo da ordem de 316 mil hectares de área plantada até 2019, em uma região que envolve 38 municípios do nordeste paraense (MACEDO *et al.*, 2010; VILLELA, 2014). Monitorar essa expansão é um desafio à sociedade.

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A paisagem da região de Moju é bastante diversificada e há diferenças entre as áreas analisadas, no que diz respeito aos principais usos da terra e à cobertura de florestas. As áreas Ubá e Mamorana apresentam maior extensão de floresta primária, porém observou-se que houve uma perda considerável de vegetação natural, em decorrência da expansão das atividades agropecuárias na região. As maiores áreas de floresta primária encontram-se nas propriedades das empresas, o que garante certa proteção das mesmas, pois as propriedades precisam manter Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal de acordo com o Código Florestal Brasileiro, Lei 12.727/2012.

A classe agropecuária é a mais expressiva entre as classes antropizadas, o que caracteriza tendências à pecuáriação, um processo que ocorreu em todo o leste paraense. De maneira geral, o cultivo da palma de óleo na área de Arauaí apresenta-se consolidado por ter sido implantado no começo da década de 80, enquanto em Ubá e Mamorana o processo de implementação está na fase inicial.

As áreas Arauaí e Ubá são as áreas onde a palma de óleo ocupa mais de 10% de extensão em 2013, e cuja expansão vem ocorrendo de forma acelerada. Nessas áreas, a disputa por terra é intensa, o pequeno agricultor que trabalha em um lote de terra de 25 ha, ocupado em geral pela agricultura de subsistência, vende a mesma para o grande proprietário, que por sua vez, contabiliza grandes áreas e arrenda às empresas interessadas no cultivo da palma de óleo. Grande parte dessas terras possuem florestas degradadas e florestas secundárias, e são tidas como áreas “desmatada”, “degradadas” e “improdutivas”, e começam a fazer parte da cadeia de terras apta a novos plantios de dendezeiro.

Estudos como este são necessários, no sentido de demonstrar como está ocorrendo a expansão da palma de óleo na região e evidenciar a baixa cobertura florestal (30%) em algumas das áreas analisadas, o que é considerado crítico para a prestação de serviços ambientais e manutenção da biodiversidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do INCT/ Biodiversidade e Uso da Terra na Amazônia (processo CNPQ no 574008/2008-0) pelo financiamento para a realização dos trabalhos e ao Programa de pós-graduação de Ciências Ambientais da Universidade Federal do Pará, pela oportunidade de realização do Doutorado da primeira autora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMI, M., GOMES, A. R.; COUTINHO, A. C., ESQUERDO, J. C. D. M.; VENTURIERI, A. Dinâmica do uso e cobertura da terra no estado do Pará entre os anos de 2008 a 2012. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. SBSR João Pessoa-PB, Brasil, INPE. 2015.

ADAMS, J. B. Classification of multispectral images based on fractions of endmembers: Application to land-coverchange in the Brazilian Amazon. *Remote Sensing of Environment*, v. 52, n. 2, p. 137-154. 1995.

ALMEIDA, A. S. de.; VIEIRA, I. C. G. Conflitos no uso da terra em Áreas de Preservação Permanente em um polo de produção de biodiesel no Estado do Pará. *Rev. Ambient. Água*, vol. 9 n. 3 Taubaté – Sep. 2014.

ALMEIDA, A. S. de. I. C. G. VIEIRA., M. N. R. BARROS, E D. P. N. ROCHA. Áreas de endemismo Belém e Xingu: configuração e espacialização do uso da terra e da cobertura vegetal. In: EMILIO, T.; LUIZÃO, F. (Org.). **Cenários para a Amazônia: Clima Biodiversidade e Uso da Terra**. Editora INPA, Manaus, AM: 57-66. 2014a.

ALMEIDA, A. S. de.; VIEIRA, I. C. G.; SILVA, E. R. R.; JUNIOR, J. S. B. Análise da cobertura vegetal e uso da terra em microrregiões no município de Moju-PA. In: **Anais do XI Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal**. Paraná. Anais. Curitiba: FUPEF/UNICENTRO. 2014b.

BANCO DA AMAZÔNIA. A Experiência do Banco da Amazônia com Projetos Integrados de Dendê Familiar. 2012. Disponível em: http://www.basa.com.br/bancoamazonia2/includes/institucional/arquivos/biblioteca/contextoamazonico/contexto_amazonico_22.pdf> Acessado em: 13 jan 2015.

BARLOW, J.; GARDNER, T. A.; ARAUJO, I. S.; ÁVILA-PIRES, T. C.; BONALDO, A. B.; COSTA, J. E.; ... PERES, C. A. Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 104(47), 18555-18560. 2007.

CARLOTTO, M. J. Reducing the effects of space-varying wavelength-dependent scattering in ultispectral imagery. **International Journal of Remote Sensing**. v. 20, n. 17, p. 3333-3344. 1999.

COUTO, A. C. de O.; SOUSA, R. B. de.; MACEDO, C. O. A fronteira do dendê na Amazônia: o caso do Nordeste Paraense. In: XXI Encontro Nacional de Geografia Agrária.

Territórios em disputa: Os desafios da Geografia Agrária nas contradições do desenvolvimento brasileiro. Uberlândia-MG/UFU-ISSN 1983-487X. 2012.

DAVIDSON, E.; ARAÚJO, A. C. de.; ARTAXO, P.; BALCH, J. K.; BROWN, I. F.; BUSTAMANTE, M. M. C.; COE, M. T.; DEFRIES, R. S.; KELLER, M.; LONGO, M.; MUNGER, J. W.; SCHROEDER, W.; SOARES-FILHO, B. S.; SOUZA, C. M.; WOFSY, S. C. The Amazon basin in transition. **Nature**, v. 481, p. 321–328, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **A cultura do dendê. Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental**. Brasília: EMBRAPA-SPI, p. 68. 1995.

FERREIRA, A. E. de M.; PARRY, L. T. W.; BARLOW, B. J.; VIEIRA, I. C. G.; MORELO, T. F. Fomento florestal e sua função socioeconômica: estudo de caso no município de Almeirim (PA)-DOI: 10.5801/ncn. v17i1. 1488. *Novos Cadernos NAEA*, 17(1). 2014.

GARDNER, T. A., J. FERREIRA., J. BARLOW, E et. al. A social and ecological assessment of tropical land uses at multiple scales: the Sustainable Amazon Network. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**. Series B, Biological sciences. 2013.

GLCF. **Global Land Cover Facility**, Landsat Geocover. 2000. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em: 12 maio 2015.

HUDSON, W. D., RAMM, C. W. Correct formulation of the kappa coefficient of agreement. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 53, n. 4, p. 421- 422. 1987.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ- IDESP. 2013. **Estatística municipal do Moju**. Disponível em: <<http://www.idesp.pa.gov.br/paginas/produtos/EstatisticaMunicipal/pdf/Moju.pdf>> Acesso em Out. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE. **Projeto PRODES**. www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php. 2014. Acesso em 27/08/2015.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE. Mapeamento da degradação florestal na Amazônia Brasileira-**DEGRAD**. 2013. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/degrad/>. Acesso: agosto 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Produção Agrícola Municipal. Brasília. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Banco de Dados Agregados. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso: 15 outubro 2015.

IGAWA, T. K.; DIAS, F. G.; SOUSA, T. G. de. Análise da expansão da dendeicultura no município de Tailândia: Um estudo de caso dos anos de 1991 a 2006. **In: ANAIS XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, 2015.

LAMB, D.; D. GILMOUR. Rehabilitation and restoration of degraded forests: Issues in Forest Conservation. Switzerland. p. 122. 2003.

LANDIS, J., KOCH, G. G. **The measurements of agreement for categorical data.***Biometrics*, v.33, n.3, p.159-179. 1977.

LEES, A. C.; MOURA, N. G.; ALMEIDA, A. S. de.; VIEIRA, I. C. G. Poor Prospects for Avian Biodiversity in Amazonian Oil Palm. **PLOS ONE**, v. 10, n. 5. 2015.

MACEDO, J. L. V. de.; ROCHA, A. C. P. N. da.; LIMA, S. M. V.; ROCHA, M. G. da.; Lima, W. A. A. de. Sistema produtivo de dendê para a produção de biodiesel. In: Castro, A.M.G. de.; Lima, S.M.V.; Silva, J.F.V., Complexo Agroindustrial de Biodiesel no Brasil: competitividade das cadeias produtivas de matérias-primas. Brasília: **Embrapa Agroenergia**. p. 323-374. 2010.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Portarias nº 28/2008, nº 102/2009, nº 175/2011 e nº 323/2012. **Municípios paraenses incluídos na lista dos que mais desmatam a Amazônia**. 2013. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/florestas/control-e-prevencao-do-desmatamento/plano-de-acao-para-amazonia-ppcdam/lista-de-municipios-prioritarios-da-mazonia>>. Acesso 04 setembro 2015.

NAHUM, J. S.; SANTOS C. B. dos. Impactos Socioambientais da Dendeicultura em Comunidades Tradicionais na Amazônia Paraense. **ACTA GEOGRÁFICA**. p.63-80. 2014.

NAHUM, J. S.; dos Santos, C. B. Uma interpretação geográfica da dendeicultura na Amazônia Paraense. **Revista da ANPEGE**, 11(15), 309-331. 2015.

SANCHÉZ, L. E. Avaliação de impacto ambiental. Oficina de Textos, 2015.

SANTOS, A. M. Análise do Potencial do Biodiesel de Dendê para Geração Elétrica em Sistemas Isolados da Amazônia. 2008. p, 224. Dissertação (Mestrado- Ciências em Planejamento Energético; Programa de Pós-Grauação de Engenharia). Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2008.

SILVA, L. DA.; HOMMA, O.; PENA, A. O cultivo do dendezeiro na Amazônia: promessa de um novo ciclo econômico na região. **Observatório da Economia Latino-Americana**, n. 158, 2011.

SOUZA Jr., C. M. **Mapping and spatiotemporal characterization of degraded forests in the brazilian amazon through remote sensing**. Tese (Ph. D. em Geografia). University of California, Santa Barbara. 159 p. 2005.

SOUZA Jr, C. M., SIQUEIRA, J. V. N., *ImgTools: a software for optical remotely sensed data analysis*. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, INPE. 2013.

USGS. **Landsat Project Description**. 2013. Disponível em: http://landsat.usgs.gov/about_project_descriptions.php>. Acesso em: 12 julho 2014.

VANWEY, L. K.; SPERA S.; de Sa, R.; MAHR, D.; MUSTARD, J. F. Socioeconomic development and agricultural intensification in Mato Grosso. **Phil. Trans. R. Soc. B**. 368, 20120168. 2013.

VEIGA, J. E. da. Diretrizes para uma nova política agrária. In: **BRASIL**. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Reforma Agrária e Desenvolvimento Sustentável. Brasília, p.19-35. 2000.

VIEIRA, I. C. G.; SILVA, J. M. C. da; TOLEDO, P. M. de. **Estratégias para Evitar a Perda de Biodiversidade na Amazônia. Estudos Avançados** (USP.Impresso), Universidade de São Paulo, v. 19, n.54, p. 153-164. 2005.

VIEIRA, I. C. G., & GARDNER, T. A. (2012). Florestas secundárias tropicais: ecologia e importância em paisagens antrópicas. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. **Ciências Naturais**, v. 7, 3. 2012.

VIEIRA, I., GARDNER, T., FERREIRA, J., LEES, A., BARLOW, J. Challenges of Governing Second-Growth Forests: A Case Study from the Brazilian Amazonian State of Para. **Forests**, v. 5, p. 1737-1752. 2014.

VILLELA, A. A. **Expansão da Palma na Amazônia oriental para fins Energéticos**. DSc thesis). Rio de Janeiro, Brazil: Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2014.

4 **TRAJETÓRIAS DE COBERTURA VEGETAL E USO DA TERRA E ESTRUTURA DA PAISAGEM ASSOCIADAS À EXPANSÃO DO CULTIVO DA PALMA DE ÓLEO NA AMAZÔNIA ORIENTAL³**

RESUMO

O desmatamento e os usos da terra pós-desmatamento na Amazônia provocaram consideráveis mudanças na estrutura da paisagem natural. Essas modificações estão associadas a fatores socioeconômicos e afetam as funções biológicas, químicas e físicas da região. Entender as mudanças e trajetórias da cobertura e uso da terra e os consequentes efeitos na estrutura da paisagem é fundamental para esboçar políticas de gestão territorialambiental. Este trabalho tem como objetivo capturar a variabilidade espaço-temporal nas mudanças de trajetórias na paisagem e identificar o efeito das mudanças dos usos da terra na estrutura da paisagem por meio de uma análise multitemporal no período 1991-2013 de uma região agrícola sob expansão do cultivo da palma de óleo. A área em estudo está localizada nos municípios de Moju, Acará e Tailândia, no leste do Pará. Os aspectos metodológicos desta pesquisa são divididos em três fases: a) classificação das imagens Landsat usando os programas ImgTools v. 1.0 e ENVI v. 4.3, b) análise das trajetórias das mudanças na paisagem no período de 1991 a 2013 e c) estrutura da paisagem através das métricas de paisagem, usando o programa Fragstats v. 3.3. Entre os anos de 1991 a 2013 a conversão da floresta primária para outros usos da terra ocorreu em uma proporção de 47,72%. As classes que apresentaram maior aumento de área para o ano de 2013 foram a floresta degradada (17%) e a palma de óleo (11%). A taxa média de transição de vegetação natural para a palma de óleo foi de 20% em 22 anos e o índice de fragmentação aumentou consideravelmente, com valores de PD (densidade de mancha de floresta) alcançando de 0,3 a 4,5 (nº de manchas/100 ha). Esses valores retratam o quão intensa é a conversão de florestas para os outros usos da terra, deixando a região bastante fragmentada.

Palavras-chave: Ecologia da paisagem, Óleo de palma, Sensoriamento remoto.

ABSTRACT

Deforestation and post-deforestation land use in the Amazon caused considerable changes in the structure of the natural landscape. These changes are associated with socioeconomic factors and affect the biological, chemical and physical functions in the region. Understanding the land use trajectories and sequences of changes in land cover, mature forests to agricultural use and abandonment as well as their effect on the landscape structure is essential to outline the spatial and environmental management policies. This work aims to analyze the trajectories of changes of land use and landscape structure in an agricultural region under expansion of palm oil cultivation, through a multi-temporal analysis for the period 1991-2013. The area studied is located in Moju, Acará and Tailândia counties, in eastern Pará state. The methodological aspects of this research are divided into three phases: a) Classification of Landsat images using the ImgTools programs v. 1.0 and ENVI v. 4.3, b) analyses of landscape change trajectories within the period 1991 to 2013, c) landscape structure using FRAGSTATS 3.3 program. From 1991 to 2013 the conversion of forests to other types of land use occurred in a proportion of 47,82%. In relation to the year of 2013 the land use types which represented a higher increase of area was degraded forest (17%) and oil palm (11%). The average rate of primary forest transition to oil palm marked 20% in 22 years, where the

³Capítulo de acordo com as normas da Revista Land-use Policy (ISSN-02648377), intitulado Trajetórias de Cobertura Vegetal e Uso da Terra e Estrutura da Paisagem Associadas à Expansão do Cultivo da Palma de Óleo na Amazônia Oriental. (Almeida, A. S.; Vieira, I. C. G.; Ferraz, S. F. B.). A ser traduzido para a língua inglesa submetido.

fragmentation rate has increased considerably, with DP values (forest patch density) reached 0.3 to 4.5 (number of patches/100 ha). These data showed how intense is the conversion of primary forest to other types of land use, which caused fragmentation in the region.

Palavras-chave: Landscape ecology; Oil palm; Remote sensing.

4.1 INTRODUÇÃO

Uma das ferramentas importantes na compreensão dos ambientes naturais e das atividades humanas e no entendimento de mudanças do ambiente global é a formulação de modelos de mudanças de uso e cobertura da terra (LUCC) ao longo do tempo (Alves et al., 2009). Esses modelos apontam e identificam tendências espaciais e temporais de curto e longo prazos em um território, e permitem antecipar ações e políticas voltadas em amenizar problemas ocasionados pelas ações antrópicas (Jensen, 1996).

As características de LUCC na região amazônica são altamente heterogêneas, tanto no aspecto espacial quanto no temporal, assim como, também são heterogêneos os usos agrícolas que substituem a cobertura florestal (Alves et al., 2009). Entender a velocidade de transformação da paisagem amazônica, associada à ocupação do território é um desafio que demanda um esforço acadêmico considerável na análise das consequências dos impactos das políticas públicas para a região.

O plantio da palma de óleo (dendezeiro - *Elaeis guineensis* Jacq) na Amazônia não é recente. A partir da década de 80 os plantios dessa palmeira africana se intensificam no nordeste paraense e com a sua expansão, seguiu-se uma sequência de instalação de fábricas de beneficiamento de óleo a região (Homma e Vieira, 2012). Nos últimos dez anos, uma nova fronteira do biocombustível se instala no Pará associada à cadeia produtiva do óleo de palma, motivada pelo Plano Nacional de Uso e Produção de Biodiesel (PNPB), e pelo Programa de Produção Sustentável de Óleo de Palma no Brasil, lançado em 2010, que prevê o cultivo de 316 mil hectares de área plantada de palma de óleo até 2019, em uma região que envolve 38 municípios do nordeste paraense (Macedo et al., 2010 e Villela, 2014).

Políticas públicas como essas trazem consigo novas territorialidades e mudanças econômicas e ecológicas (Homma e Vieira, 2012), além de desafios para monitorar e controlar a expansão do cultivo, considerando fatores como os de mudanças dos usos da terra, mercados de mão-de-obra, migrações, impactos ambientais e alimentares, e respeito à legislação vigente (Homma e Vieira 2012). Constata-se, por exemplo, que os municípios que fazem parte do polo do dendezeiro no Pará não estão preparados para receber políticas como

essas que requerem capacidades de gestão ambiental e territorial de grande envergadura (Cardoso et al., 2014a; Lameira et al., 2015).

Neste contexto, este estudo apresenta uma análise de trajetórias do uso e cobertura da terra, para três décadas, em três áreas produtoras de palma de óleo da região de Moju no Pará, com vistas a capturar a variabilidade espaço-temporal nas mudanças de trajetórias de usos da terra e identificar o efeito dessas mudanças na estrutura da paisagem.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Área de estudo

A área de estudo foi delimitada a partir de três recortes espaciais, localizados entre as coordenadas geográficas, 2° 01' 26,4''S / 48° 36' 14,4''W e 3° 3,9' 54''S / 49° 16,56' 33,6''W, nos municípios de Moju, Acará e Tailândia, na mesorregião Nordeste Paraense, doravante denominada de região de Moju, com extensão total de 2588,72 km². Esses recortes se basearam nas seguintes características: 1) presença do cultivo de palma de óleo; e 2) área com intensa fragmentação (Figura 4.1.).

A área estudada apresenta solo predominante do tipo latossolo amarelo distrófico (LAd), enquanto que a cobertura vegetal é formada pela floresta densa de baixos platôs, bastante alterada, e de florestas secundárias ou capoeiras que crescem após o abandono de áreas agrícolas (Muniz, 2011). O relevo apresenta compartimento discreto, tais como: baixos platôs (tabuleiros), terraços fluviais e várzeas. O clima é de temperatura média anual elevada, em torno de 25° C, com regime pluviométrico de 2.250 mm (IDESP, 2013, IBGE, 2010). A hidrologia da região é provida pelos rios Moju e Acará, os quais se estendem de norte a sul dos municípios. A vegetação é composta por floresta densa de planície aluvial nas áreas de várzea, floresta secundária latifoliada de terra firme e floresta densa de baixos platôs e terraços (IDESP, 2013).

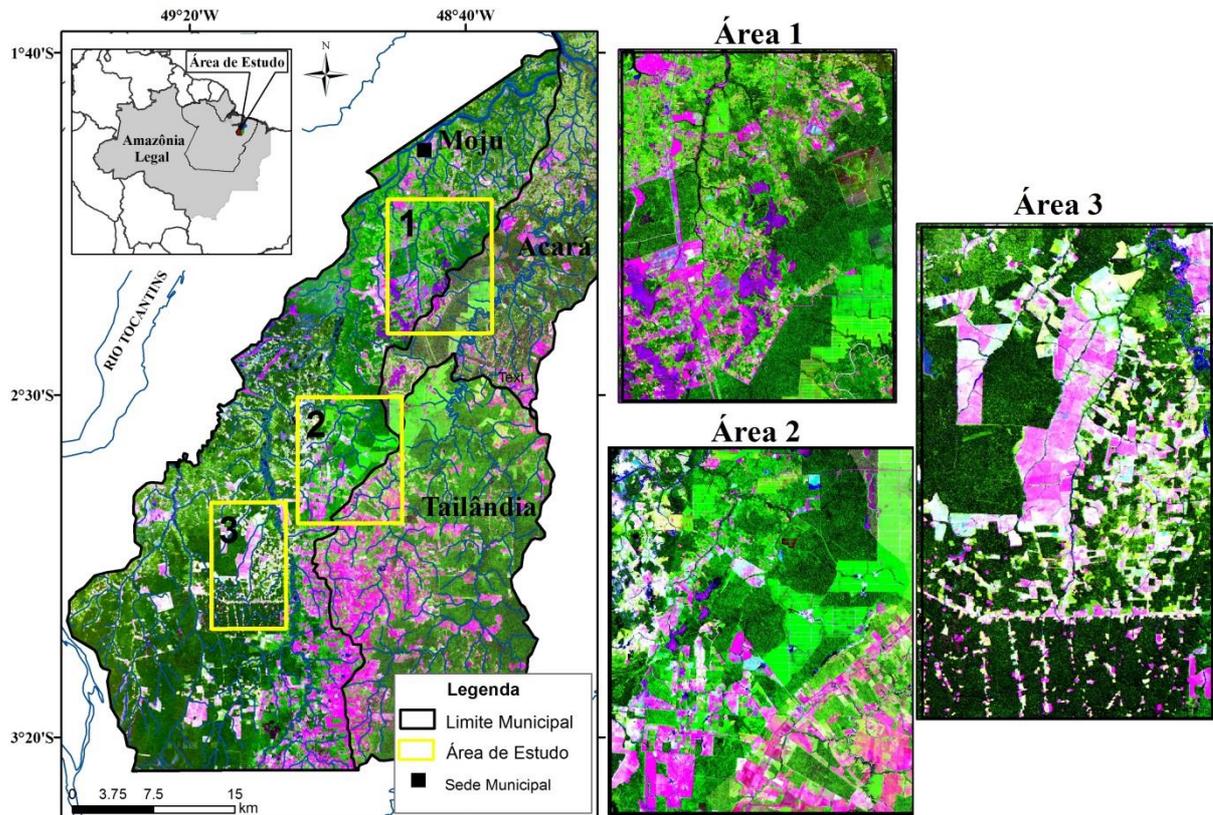


Figura 4.1. Localização da área de estudo, em três recortes espaciais, na região de Moju, leste do estado do Pará.

Segundo dados do IBGE (2010), a área apresenta forte expansão de atividades produtivas, centrada no setor de serviços e agropecuária. Atualmente, essa região se destaca em termos socioeconômicos por fazer parte do polo para a expansão de cultivo da palma de óleo em grande escala. A população é formada principalmente por agricultores familiares, trabalhadores rurais, ribeirinhos e quilombolas, os quais utilizam a terra como bem comum e a cultivam para o próprio sustento (Nahum e Malcher, 2012, Cardoso et al., 2014b).

4.2.2 Processamento das imagens e classificação multitemporal

Foram utilizadas cenas do satélite Landsat TM-5, órbita/ponto 223-62 e 224-62 e bandas 1 (azul), 2 (verde), 3 (vermelho), 4 (infravermelho próximo), 5 (infravermelho médio) e 7 (infravermelho médio), com resolução espacial de 30 m para os anos 1991, 1995, 2001, 2005 e 2010, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para o ano de 2013 foram utilizadas imagens orbitais do satélite Landsat-8, órbita/ponto 223-62 (27/07/2013) e 224-62 (13/09/2013), do Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS, 2013), sensor OLI (Operational Land Imager), bandas 2 (azul), 3 (verde), 4 (vermelho), 5 (infravermelho próximo) e 6 (infravermelho médio). Assim como as imagens

Geocover (GLCF, 2000), que serviram de base para o georreferenciamento. Estas foram obtidas através do acervo de cenas do United States Geological Survey (USGS), disponível de modo ortorretificado na plataforma GLOVIS.

Para o mapeamento três etapas foram realizadas. Na primeira etapa foi realizado o pré-processamento, que se baseia no registro das imagens a partir da base de referência de imagens Geocover. Esta etapa contou com 30 pontos de controle e aplicou-se o algoritmo de interpolação, baseado em triangulação e reamostragem pelo método de vizinhança mais próxima, obtendo-se um erro médio quadrático menor que um pixel (30 m). Em seguida, foi realizada a correção radiométrica relacionada na exclusão dos ruídos, e correção atmosférica que minimiza os efeitos ocasionados por neblina e fumaça nas margens (CARLOTTO, 1999). Com esse processamento, os dados da imagem são convertidos de número digital (DN) para refletância de superfície (SOUZA Jr., 2005).

Na segunda etapa, foi elaborada uma biblioteca espectral, que consiste no reconhecimento de componentes espectrais puros para calcular a abundância em cada pixel. Os componentes de interesse foram os pixels puros de vegetação (GV), vegetação não fotossinteticamente ativa (NPV), índice de fração diferencial normalizada (NDFI), solo exposto, nuvem e sombra. Após esse processamento, identificou-se a curva espectral potencial para a escolha final do conjunto desses componentes espectrais puros, através do SMA (análise de mistura espectral) proposto por Adams, (1995) e na terceira etapa, para a classificação foi utilizado o método de árvore de decisão, utilizando os componentes de interesse (GV, NPV, NDFI, solo exposto e nuvem) como variável de regra. Os programas utilizados foram o *ImgTools 2.0* e o *ENVI 4.5*. (GARDNER *et al.*, 2013; SOUZA Jr. e SIQUEIRA, 2013).

Com o método edição de classes foi possível minimizar os erros de classificação (confusão das áreas de palma de óleo, floresta secundária e outras classes que não foram possíveis de serem classificadas e reconhecidas), conforme aplicado por Almeida *et al.*, (2014).

A qualidade da classificação contou com uma matriz de erro, obtida pelo cruzamento dos dados de campo e informações do mapa de classificação, que gerou o Índice de Kappa, para 2013 (Hudson e Ramm, 1987).

O trabalho de campo foi conduzido nos anos de 2012 e 2013 para o levantamento florístico, assim como para verificar as classificações ambíguas de cobertura e usos da terra. Visitas adicionais e entrevistas informais foram realizadas para checar grandes mudanças observadas, de tal forma a validar a acurácia da classificação.

4.2.3 Trajetórias de uso da terra

Trajetórias de cobertura e uso da terra se referem à sequência temporal das classes em nível de pixel, que são descritas por meio de imagens classificadas reunidas em uma série temporal (Coppin et al., 2004). As ocorrências individuais dentro de uma trajetória são definidas como transições, mudanças ou transformações (Alves et al., 2009).

O estudo das trajetórias foi realizado a partir dos mapas de uso e cobertura da terra, para cada ano em estudo (1991, 1995, 2001, 2005, 2010 e 2013). Os mapas em formato raster com resolução de 30 m foram combinados com o auxílio do ArcGis (ESRI, 2008). Com base na análise de todas as trajetórias entre 1991 e 2013, as que apresentaram maior frequência de ocorrência foram analisadas neste trabalho.

4.2.4 Estrutura da paisagem

Na área definida para este estudo houve o estabelecimento de um grid composto de 654 quadrantes, com dimensão 2 x 2 km (4 km²), através do método da amostragem adaptativa (Thompson e Seber, 1996). Dos 654 foram selecionados aleatoriamente 150 quadrantes, para análise da estrutura da paisagem. Esse grid foi sobreposto aos mapas de floresta primária- FP e de palma de óleo-OP, obtidos através da classificação multitemporal.

Quatro métricas foram então consideradas para análise de composição e configuração da paisagem a partir da classe FP: proporção ocupada (PLAND), densidade de fragmentos (PD), proximidade média (PROX-MN) e índice da maior mancha (LPI) (Ferraz et al., 2005), com o auxílio do Fragstats 3.3 (Mcgarigal et al., 2002).

4.2.5 Análises estatísticas

Para avaliar as diferenças existentes no comportamento da floresta primária mensuradas pelas métricas de paisagem entre os anos 1991 a 2013 foi utilizada uma Análise de Variância (ANOVA one-way, Lees et al., 2015), considerando cada uma das variáveis ou métricas (PLAND, LPI, PD e PROX-NM). Para verificar a significância das diferenças encontradas, foi utilizado o teste a posteriori de Tuckey post-hoc, para Anova.

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Mudança da cobertura vegetal e uso da terra

Oito classes de cobertura e uso da terra foram identificadas, distribuídas entre floresta primária-FP, floresta degradada-FD, floresta secundária-FS, palma de óleo-OP, agropecuária-

AG, campinarana (CA), nuvem/sombra-CL e água-WT. Somente as classes mais expressivas foram selecionadas para a validação e análise das trajetórias (Tabela 4.1.).

Tabela 4.1

Descrição das principais classes de cobertura e uso da terra consideradas para o estudo, na região de Moju, estado do Pará.

Classes	Descrição
FP	A classe Floresta primária (FP) agrupa tipologias florestais como: floresta ombrófila densa (aluvial, terras baixas e submontana) e floresta ombrófila aberta (cipós) e é caracterizada por espécies de fanerófitos, lianas lenhosas e epífitas em abundância, apresenta altura de 30 a 40 m e árvores relativamente grossas e dossel emergente. Foram consideradas nesta tipologia, as florestas primárias intactas, sem alteração pela ação antrópica e em bom estado de preservação.
FD	A classe Floresta degradada (FD) ou explorada se refere a áreas florestais nas quais houve intervenção humana para a extração seletiva de madeira, facilitada pela abertura de estradas e construção de pátios de estocagem. São também consideradas florestas degradadas aquelas em que o fogo provocou danos ao dossel e/ou no sub-bosque. As alterações na floresta intacta afetam sua estrutura e funções, o que provoca a diminuição da capacidade de suprir produtos ou serviços.
FS	A classe Floresta secundária (FS), ou capoeira, resulta de um processo de sucessão em áreas onde, no passado, houve corte raso da floresta primária. Os principais exemplos de capoeira na região amazônica são: áreas de pousio no sistema agrícola de corte e queima; vegetação formada após o abandono de áreas de pastagens degradadas e vegetação após o abandono de cultivos agrícolas semi-perenes.
OP	A classe Palma de óleo, dendê ou dendezeiro (OP) é uma das oleaginosas de origem africana mais produtivas do mundo e com bom desenvolvimento em regiões tropicais. Conhecida cientificamente por <i>Elaeis guineensis</i> Jacq., cresce em média 8 m, é comercialmente utilizada por ter grande produtividade em óleo.
AG	A classe Agropecuária (AG) destina-se à prática da agricultura ou da pecuária (Past). Devido às dificuldades em separá-las através de interpretações de sensoriamento remoto, optou-se por englobá-las em uma só classe. As pastagens, que são em maior extensão, servem de pastoreio do gado em criação extensiva e as áreas agrícolas, com culturas de ciclo curto (mandioca, milho, arroz, etc.), ou ciclo longo (coco, laranja, seringueira, etc).

Nota: Adaptado de EMBRAPA, 1995; Lamb e Gilmour, 2003; IBGE, 2012; Barlow et al., 2007

A matriz de erros de classificação apontou maiores acertos para as classes FP (88%), FD (87%) e AG (90%), as demais classes apresentaram menos de 85% de acerto. O desempenho geral da classificação foi de 0,87% para o índice Kappa, em 2013. Este índice aponta a qualidade da classificação e os altos valores obtidos indicam uma classificação satisfatória (Landis e Koch, 1977).

Mudanças significativas ocorreram em 22 anos na área de estudo. Em 1991, a FP correspondia a 73,31% e em 2013 passou para 25,48%, o que representa uma perda de 1237,80 km² desmatados.

A classe FD aumentou 15,27% em 22 anos. Ocupava 51,91 ha (2%) em 1991, e passou a ocupar 440,72 ha (17%) em 2013. Também foi observado aumento de 11% e 19%

nas áreas ocupadas por OP e AG, respectivamente (Figura 4.2.). Das classes analisadas, a FP é a matriz que domina a paisagem em 1991, já em 2010 ocorre um ponto de convergência entre FP e AG, observando que neste ano, as duas classes perdem área e nota-se um aumento considerável na área de FD e de área plantada de OP. A classe de FS obteve comportamento estável, com perda de 2% (APÊNDICE B).

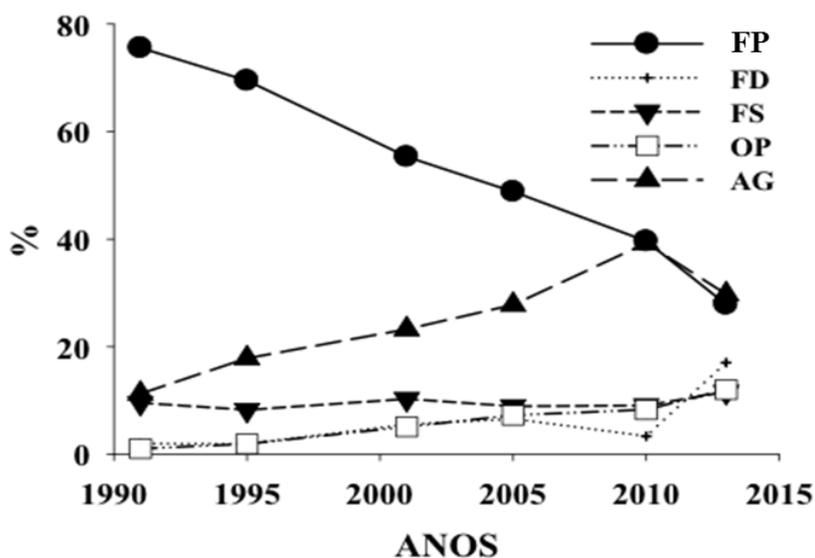


Figura 4.2. Mudança ao longo de 22 anos (1991 a 2013) representada em porcentagem para as classes: floresta primária-FP, floresta degradada-FD, floresta secundária-FS, palma de óleo-OP e agropecuária-AG, na região de Moju, estado do Pará.

4.3.2 Trajetórias de conversão para palma de óleo

A Figura 4.3. apresenta as quatro trajetórias até palma de óleo mais representativas (FP-OP, FP-AG-OP, AG-OP e OP-OP), que foram observadas na área de estudo entre 1991 e 2013. A área total analisada foi de 2588,72 km², sendo que a trajetória de FP-OP contabilizou 12% de conversão no período de 1995 a 2001 e a trajetória FP-AG-OP obteve 8% no período de 1995, 2001 e 2005, respectivamente. Outras trajetórias relevantes foram AG-OP (6%) no período de 1995 a 2001 e OP-OP (7%), esta última é caracterizada pela permanência do dendezeiro na paisagem, no período de 1991 a 2013, observando-se que a maior conversão ocorreu entre 1991 e 2005 na classe FP (Figura 4.3.).

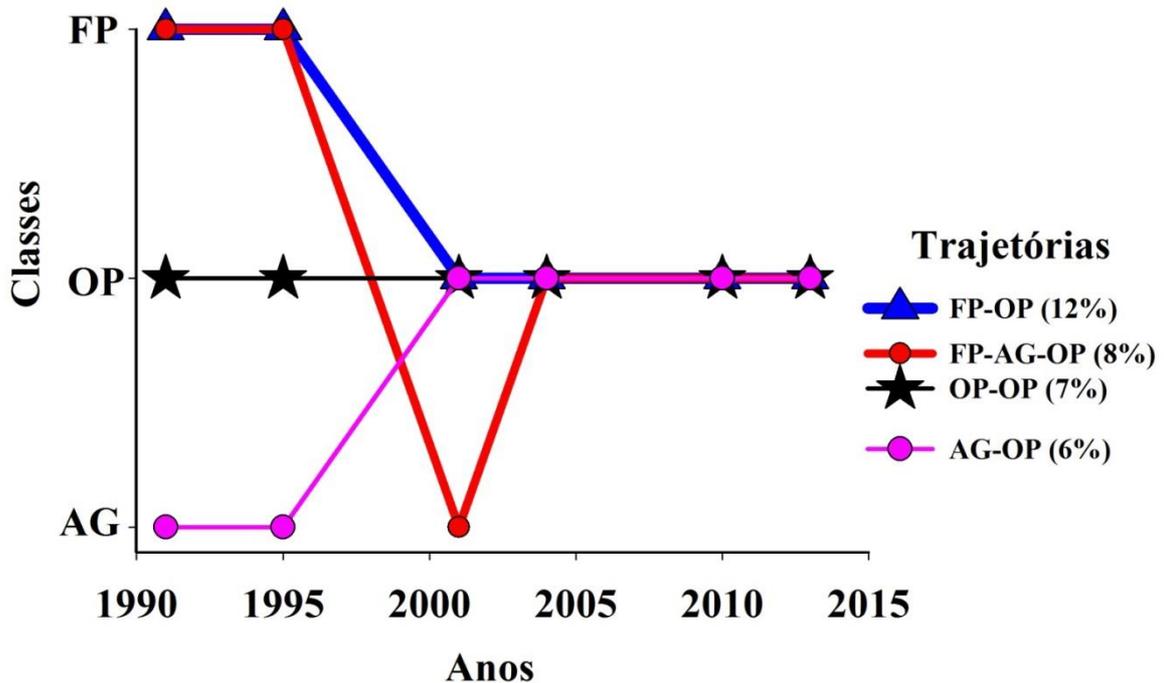


Figura 4.3. Trajetórias das classes floresta primária-FP e agropecuária-AG para o cultivo da palma de óleo-OP, no período de 1991 a 2013, referente à área total de estudo (2588,72 km²), na região de Moju, estado do Pará

A Figura 4.4. apresenta as trajetórias de palma de óleo-OP em uma área onde a implantação de cultivos de palma de óleo é recente (680,00 km²), no período de 1991 a 2013. Das quatro trajetórias, três tiveram o mesmo comportamento FP-AG-OP, e uma obteve a participação da floresta secundária na trajetória, como demonstrado FP-FS-AG-OP, em anos e percentuais diferenciados. A primeira trajetória apresentou 66% de FP (1995) sendo convertidas para AG (2001) e em seguida para OP (2010). Outra trajetória expressiva foi à conversão de 23% de FP em 2001 para AG em 2005 e em seguida para OP em 2010. Duas trajetórias tiveram valores de 2% e uma delas apresentou a seguinte trajetória FP (1995) - FS (2001) - AG (2005) e em 2010 foi convertido em OP. Ressaltando que 100% das trajetórias são provenientes de FP, sendo que de 1995 a 2005 (10 anos) houve conversão expressiva de 68% saindo de FP para AG, esse percentual mostra quão intensa e veloz são as mudanças na paisagem dessa região. Esse comportamento da área de detalhe caracteriza trajetórias no início do processo de implantação da palma de óleo no Pará, a partir do fomento de uma política pública.

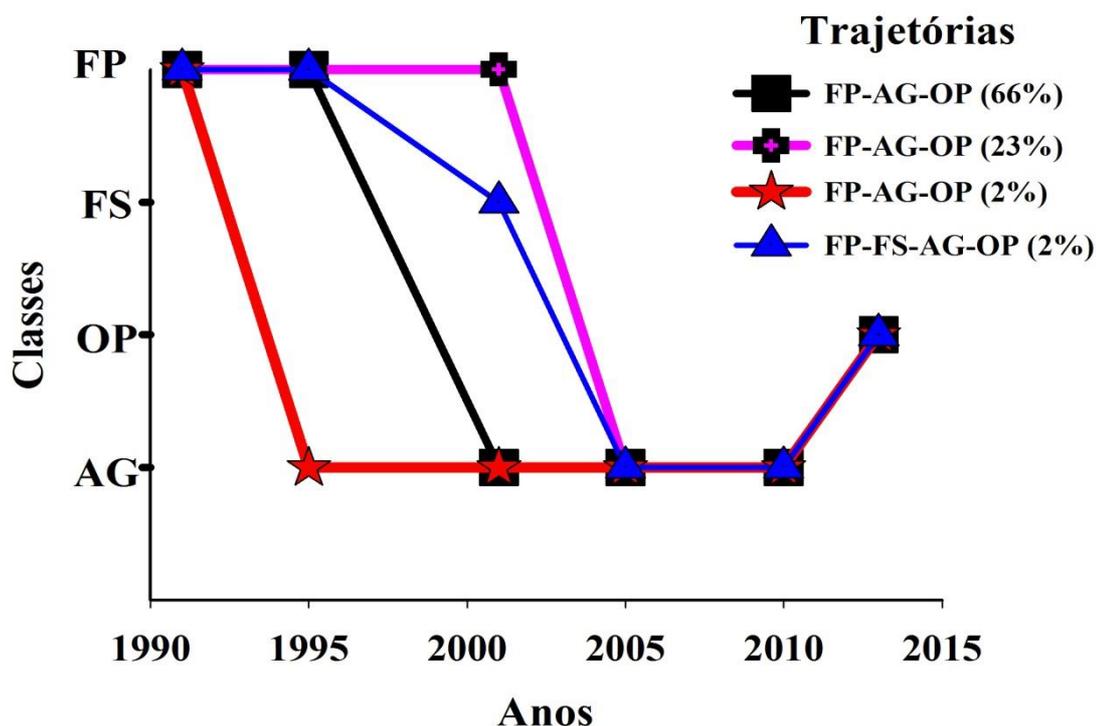


Figura 4.4. Trajetórias das classes floresta primária-FP, floresta secundária-FS e agropecuária-AG para o cultivo da palma de óleo-OP, no período de 1991 a 2013, referente à área de detalhe com 680,00 km², na região de Moju, estado do Pará.

Os tipos de mudanças de uso da terra observados na área de estudo, podem ser demonstrados pelas diferentes trajetórias, ocasionadas pelo processo de desmatamento. Apesar das análises terem sido realizadas nas mesmas classes no período de 1991 a 2013, as diferenças na proporção de área e na velocidade de mudanças foram bastante significativas, com valores de conversão expressivos a partir da floresta primária.

4.3.3 Mudanças na estrutura da paisagem

Para esta análise, foi estudada uma área de 2588,72 km², na região de Moju. O índice de maior mancha (LPI) dos fragmentos de FP apresentou mudança significativa de 1991 a 2013 ($F = 53624$, $p < 0,001$). Todos os anos foram significativamente diferentes entre si (Tukey a 95%). Esse índice (LPI) mostra comportamento semelhante ao da proporção de área ocupada (PLAND) de floresta primária na paisagem, com diminuição no tamanho do maior fragmento florestal no período de 1991 (18,4%) a 2013 (15,8%).

A densidade de manchas (PD) evidenciou mudança significativa ($F = 321826$, $p < 0,001$) no período e entre os anos estudados (Tukey a 95%). O PD retrata padrão inversamente proporcional à proporção ocupada na paisagem (PLAND), aumentando ao

longo dos anos, mostrando um alto nível de fragmentação, variando de 0,3 a 4,5 fragmentos/100 ha, na região, acentuando-se de 2010 a 2013 (Figura 4.5.).

Neste trabalho, mudanças significativas foram observadas para o índice de proximidade (PROX_MN) entre as manchas, ($F = 127$, $p < 0,001$), com diferenças significativas nos anos estudados (Tukey a 95%). A Figura 4.6. mostra que em 1991 os fragmentos florestais apresentavam um menor isolamento, ou seja, maior proximidade entre os fragmentos, e maior quantidade de habitat. Em 2013 a uma diminui de floresta primária ao longo dos anos, ocasionando maior isolamento e menor quantidade de habitat. Para Silva (2012), o índice PROX especifica a maior proximidade dos fragmentos entre si, quando apresentar maior valor de PROX. É considerada uma medida da quantidade de habitat em uma paisagem - quanto menos habitat há disponível na paisagem, maior grau de isolamento da mancha (Fahrig, 2003).

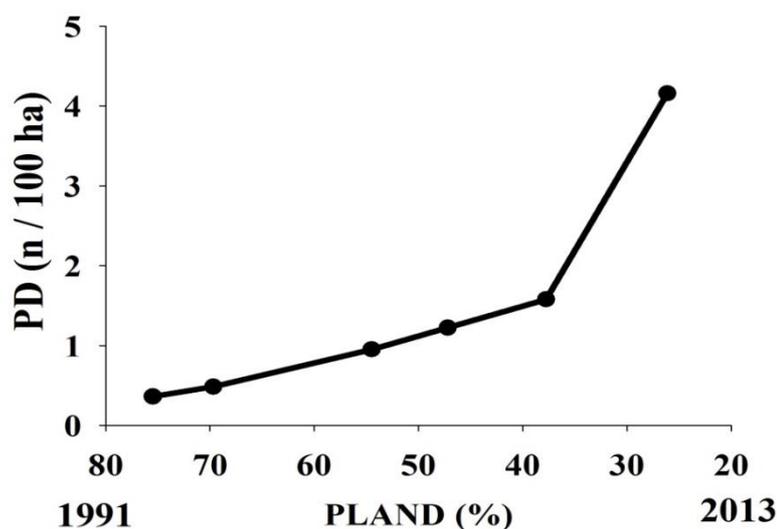


Figura 4.5. Métricas da estrutura de paisagem para a floresta primária (FP): relação entre a porcentagem de área - PLAND (%) e a densidade de fragmentos - PD (n/100 ha), no período de 1991 a 2013, na região de Moju no estado do Pará.

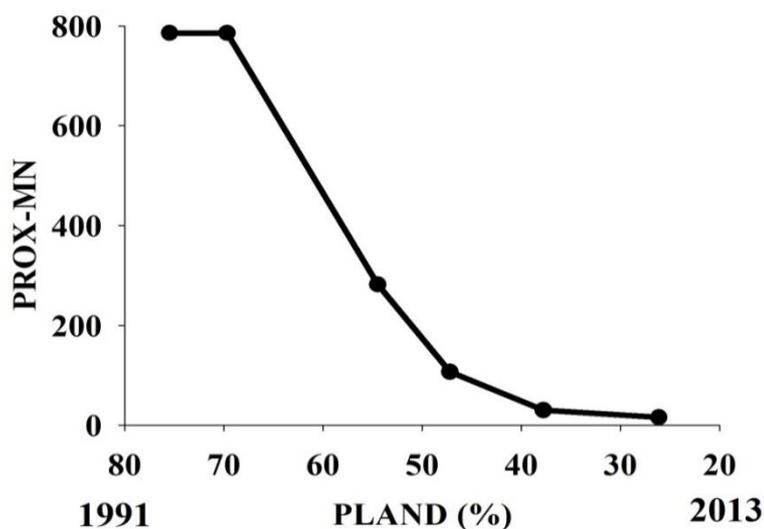


Figura 4.6. Métricas da estrutura de paisagem para a floresta primária (FP): relação entre a porcentagem de área - PLAND (%) e a proximidade de fragmento - PROX_MN, no período de 1991 a 2013, na região de Moju no estado do Pará.

4.4 DISCUSSÃO

4.4.1 Da floresta à palma de óleo

Nossos dados são os primeiros a mostrar as mudanças significativas ocorridas na paisagem da região de Moju ao longo de 22 anos, com a implementação em larga escala da palma de óleo. As trajetórias de conversão de florestas em dendezeiro demonstra que no período de 1991 a 2005 prevaleceu o corte de floresta primária para a formação de dendezais e de áreas de agropecuária.

Outros usos além do cultivo de dendezeiro podem estar influenciando na condição da perda de floresta primária desde 1991, mas a tendência progressiva de perdas e ganhos dessas duas classes (FP e OP) chama a atenção.

A redução de floresta primária aponta para a substituição das mesmas por atividades produtivas em expansão, como dendezeiro e pecuária e o aumento de florestas degradadas evidencia o efeito da degradação por incêndios e atividade madeireira desordenada nas florestas remanescentes da região. Este resultado corrobora com o que afirmam Butler e Laurance (2009), no que diz respeito à palma de óleo que vem se instalando em áreas desmatadas, e que se expande até áreas de florestas remanescentes.

Dessa forma, observa-se que ainda recentemente há pressão em áreas de floresta primária que ocasionam o desmatamento, o qual abre caminho para as novas frentes agrícolas na região. Para Becker (2005), a floresta só deixará de ser destruída se tiver valor econômico para competir com a madeira, com a pecuária e com as culturas permanentes (dendê e soja).

Na Indonésia e Malásia, que representam 86% da produção mundial de óleo de palma, de 1990 a 2010, houve conversão direta de 3,5 t/ha de floresta para acomodar uma expansão de quase 10 t/ha com palma, ou seja, um aumento de 474% de área plantada (Villela, 2014; Butler, 2011; Cardoso et al., 2014b). Há sinais de uma ligação direta entre desmatamento e a expansão do dendê em novas fronteiras, como Borneo, onde quase 30% das florestas primárias destruídas foram plantadas com dendezeiro (Carlson et al., 2012), enquanto novas plantações foram responsáveis por 10% do desmatamento que ocorreram na Indonésia e Malásia (FAO, 2010). Essa situação não leva em conta os efeitos indiretos do desmatamento associados a atividades que acontecem após a introdução das plantações de dendê nas bordas das florestas, atividades difíceis de serem estimadas, mas que não devem ser negligenciadas.

No Pará, principal polo produtor de óleo de palma na Amazônia, o aumento de área plantada com dendezeiro entre 1991 e 2010 foi de 39,6 mil hectares (Glovatski e Raiher, 2013) e a tendência é de que para 2020 o uso de áreas desmatadas e degradadas seja equivalentes a 330 mil hectares (Carvalho et al., 2015). No entanto, como se observa neste estudo, tem havido uma perda da floresta primária e de áreas destinadas à pecuária na região produtora de dendê, o que nos leva a pensar que a sustentabilidade da produção de óleo de palma ainda não está sendo alcançada, seja por transformação direta da floresta primária em dendezeais ou por seu papel indireto no desmatamento de novas áreas, como apontam Butler e Laurance (2009).

No período analisado, a área ocupada pela classe de florestas secundária se manteve quase estável, e como o valor de conservação dessas florestas é considerável, em uma paisagem antropizada (Vieira et al., 2014), nota-se que tem havido um esforço de governança de florestas secundárias voltadas para a normatização de usos da terra no Pará, incluindo uma legislação recente, como a instrução normativa 02/2014 (SEMAS, 2014), que regula a supressão de vegetação secundária em estágio inicial de sucessão (Vieira et al., 2014). Normas como essas, se respeitadas, deverão conter o avanço do plantio de dendezeiro e de outros usos da terra em áreas de florestas secundárias mais antigas (acima de 20 anos), pois pela nova lei, estas devem ser conservadas na paisagem. Não há, no entanto, nenhuma legislação específica para florestas degradadas e a tendência é a de que as mesmas venham a ser lentamente convertidas em usos da terra.

Estudos realizados nesta mesma região, apontam que os remanescentes florestais, sejam degradados ou conservados, são importantes para a conservação da biodiversidade (Lees et al., 2015) e que plantios de dendezeiro tem baixo valor de conservação, comparável

às pastagens. Neste sentido, a manutenção das florestas remanescentes (mesmo degradadas) na paisagem dominada pela palma de óleo é muito importante e deve ser perseguida.

4.4.2 Condições e limitações ambientais para a Palma de óleo

Na área de estudo, a redução de FP ocorreu em uma proporção de 6% para o último período estudado (2010 a 2013). Em 2013 a área ocupada por FP foi menor que 30%, exatamente o limiar crítico de fragmentação de uma paisagem, como especifica Andrén (1994), que definiu em 30% ou abaixo desse valor o limiar crítico, para ambientes que estão alterados pela ação antrópica.

Esse período coincide com algumas diretrizes ambientais que fundamentam o Programa de Produção Sustentável da Palma de Óleo (lançado em 2010), que estabelece a proibição da supressão de vegetação nativa, a exclusão de áreas de conservação, o não estabelecimento de novos plantios em áreas com desmatamento de floresta primária após o ano de 2006 e a implantação das áreas produtivas de forma a evitar a ocorrência de plantios contínuos (monoculturas) entre duas ou mais unidades produtivas e a uniformização da paisagem (Glass, 2010; Cardoso et al., 2014b).

Diante dessa configuração, observa-se que de 1991 até 2010 a paisagem apresentava um histórico de uso iniciando com a exploração madeireira, seguida pela substituição de FP pela pecuária e culturas agrícolas. A partir de 2010, outro comportamento de ocupação foi observado. Nota-se que a floresta primária é substituída pelas classes de floresta degradada e posteriormente pelo plantio da palma de óleo. Pode-se afirmar que a floresta primária está perdendo espaço para a palma de óleo, assim como para as áreas com agropecuária, que na maioria das vezes são caracterizadas como terras degradadas, quando se encontram abandonadas ou com pasto sujo.

Além disso, observou-se um padrão de estrutura de paisagem fragmentada em Moju, comprovando o grau de isolamento dos fragmentos de florestas, o que possivelmente dificulta o deslocamento e dispersão de animais e propágulos para áreas adjacentes às florestas. Para Groves et al., (2002); Lindenmayer et al., (2008), o tamanho e o grau de isolamento dos fragmentos são aspectos primordiais para estratégias de conservação. Na Indonésia e na Malásia, algumas medidas foram tomadas para proteger a floresta primária, através de moratória temporária sobre concessões para o cultivo da palma de óleo (UCS, 2013), estas ações podem e devem ser aplicadas em países que atuam na cadeia produtiva da palma de óleo, para garantir controle e a preservação de áreas de florestas e corredores ecológicos próximos aos cultivos.

O Programa Brasileiro de Palma de Óleo destaca a importância de expandir o plantio de dendzeiro em áreas degradadas, mas não conceitua o que são áreas degradadas e nem aponta onde elas estão. Dessa forma, o entendimento do setor produtivo sobre essas definições é variável e tanto pastagens abandonadas quanto florestas secundárias podem estar nesta categoria. Para Carvalho et al. (2015) o programa brasileiro além de não especificar os níveis de degradação da terra, não apresenta uma definição oficial de degradação e nem o mapeamento das terras degradadas, e isto certamente são obstáculos para alcançar a produção sustentável de óleo de palma. Autores como Wicke (2011) e Wicke et al., (2011), também mencionam que a definição de terras degradadas precisa ser melhor esclarecida através de metodologias específicas para a identificação de solos degradados.

O ZAE-Dendê (Zoneamento Agroecológico do Dendê para as Áreas Desmatadas da Amazônia Legal) forneceu uma representação espacial, mapeando as áreas desmatadas e degradadas com potencial para a implantação da palma de óleo, classificadas como: preferenciais, regulares, marginais, não adequadas e não mapeadas. De acordo com o Programa de Produção Sustentável de Palma de Óleo, as áreas degradadas são priorizadas pelo programa (Bertone, 2011). Vários autores apontam para as vantagens da expansão da palma de óleo nas terras degradadas (Danielson et al., 2009; Fairhurst e Mcleish, 2010), porém, existe a necessidade de investigação mais cuidadosa para avaliar a disponibilidade de terras e a viabilidade de sua utilização para a produção de bioenergia sustentável (Wicke et al., 2011).

Neste contexto, é importante deixar claro, quais critérios estão sendo utilizados na definição do nível de degradação em áreas antropizadas para o estabelecimento do cultivo da palma de óleo na Amazônia Legal. Estudos realizados por Almeida e Vieira (2001 e 2008), em florestas sucessionais no nordeste paraense (Amazônia Oriental), verificaram que uma vegetação com 3 anos de idade, altura variando de 1 a 5 metros e DAP < 5 cm, apresenta maior número de indivíduos (92%) e menor número de espécies, quando comparada com florestas secundárias de 6, 10, 20, 40 e 70 anos. Para Kanashiro e Denich, (1998) e Sano et al., (1989), esse estágio inicial de sucessão secundária é caracterizado pela alta densidade de espécies em uma proporção de 20 a 50%, de ervas, trepadeiras e arbustos, sendo configurada como média degradação, no nordeste paraense.

Em 2004 foi criado o Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO), organização mundial não governamental que estabelece proteção voluntária às empresas da cadeia de fornecimento de óleo de palma. Esse órgão apresenta critérios bastante robustos para o plantio

adequado da palma de óleo, onde está definido que terra limpa, desde novembro de 2005, e sem uma avaliação prévia adequada do Alto Valor de Conservação (HCV), estará excluída do programa de certificação (RSPO, 2013). De acordo com Cardoso et al., (2014b), no Brasil o Programa de Produção Sustentável da Palma de Óleo, tem como critério, o não estabelecimento de novos empreendimentos produtivos, em áreas cujo desmatamento da floresta primária tenha sido realizado após o ano 2006. Conforme o RSPO (2013), não deve haver evidência de novas plantações que substituam florestas primárias ou qualquer área necessária para manter ou melhorar um Alto Valor de Conservação, desde novembro de 2005. Neste estudo ficou evidenciado que a partir da trajetória de desmatamento, as áreas com floresta primária continuam a ser desmatadas ao longo de 2005 a 2013, chegando a um limiar crítico de fragmentação no ano de 2013. Segundo os princípios do RSPO, essas áreas não seriam certificadas.

4.4.3 Diferentes trajetórias até palma de óleo-OP e políticas para a região.

Agentes privados com apoio estatal introduzem historicamente na Amazônia matrizes tecnológicas ambientalmente danosas, que reforçam a homogeneização do espaço regional e local, com aplicação de padronizações que negligenciam a diversidade biológica da região (Monteiro, 2006). A questão polêmica na cadeia do óleo de palma é se os projetos possuem princípios de sustentabilidade econômica, ambiental e social, visto que as atividades agrícolas na Amazônia são caracterizadas por diferentes trajetórias sem condições de se consolidarem e necessariamente transferem os problemas econômicos intrínsecos de cada trajetória para a seguinte. Desde 2004, com a criação do PNPB, a cadeia produtiva do óleo de palma apresenta-se como uma nova frente agrícola para a região, tendo como ponto principal a inclusão da agricultura familiar neste processo.

Cinco diferentes tipos de trajetórias foram identificadas em 22 anos, finalizando com a palma de óleo-OP, sendo que três (FP-FS-AG-OP, FP-AG-OP, FP-OP) tiveram a floresta primária-FP como o início do processo de conversão e logo depois as maiores conversões ocorreram nas florestas secundárias-FS e pastos degradados, caracterizados como processos mais recentes. A trajetória OP-OP contempla áreas com plantios de palma de óleo do início da década de 80, quando foi implantado em uma grande área do município de Moju pelo grupo Agropalma e a trajetória AG-OP geralmente tem início com pastos degradados quando não são convertidos diretamente para o plantio da palma de óleo, então, começam a fazer parte do mercado de terra. Outro processo é desencadeado pela venda do lote do agricultor familiar, quando sua intenção não é fazer parte da cadeia do dendezeiro. Esse agricultor entra

no mercado de terra, onde vende sua terra (lote) ao latifundiário, que através da compra de pequenas áreas acaba agregando terras e formando uma grande propriedade, que posteriormente arrenda para as empresas ou então seguem, eles mesmos, com a implantação do cultivo (Tabela 4.2).

Tabela 4.2

Cinco trajetórias em 22 anos (1991 a 2013) finalizando com apalma de óleo e características envolvendo as classes: floresta primária-FP, floresta secundária-FS, agropecuária-AG e palma de óleo-OP

CONVERSÃO AO LONGO DE 22 ANOS (1991 A 2013)	
TRAJETÓRIAS DE USOS DA TERRA	CARACTERÍSTICAS
FP → FS → AG → OP	Desmatamento. ocorreu mais intensamente na década de 90 e mais recentemente com pouca conversão direta de FP para OP, mas com alta conversão de pastos degradados e floresta secundária.
FP → AG → OP	
FP → OP	
AG → OP	Intensificação. a palma de óleo expandiu em regiões onde ele foi introduzido na década de 80. Nesta trajetória, o dendezeiro não ocupa áreas de floresta, mas há alta taxa de conversão de pastagens e áreas agrícolas para cultivos de dendezeiro.
OP → OP	Concentração de Terra. é a comercialização dos espaços territoriais para a inserção de indústrias produtoras de óleo de palma, sendo intensificada com a chegada de novos grupos de dendeicultores para atender a demanda nacional e internacional. Assim, nota-se a concentração de terras em poucas empresas, que as adquirem por meio de compra, arrendamento e/ou associação com produtor familiar.

Neste contexto, é bom ressaltar que a trajetória da palma de óleo na Amazônia é antiga e já em 1968, estabeleceu-se um convênio entre a SUDAM e o IRHO (Instituto Francês de Pesquisas em Óleos e Oleaginosas), para o cultivo de 3.000 ha de palma de óleo em Benevides-PA (HOMMA e FURLAN Jr., 2010). Em 1970 foram organizadas várias cooperativas para o plantio da palma e na década de 80 e 90 iniciaram-se as atividades do plantio da palma pelas empresas Palmasa (Igarapé-Açu-PA), e Grupo Agropalma, Marborges e Yossam (Moju-PA). Em 2004 é lançado Programa Nacional de Produção do Biodiesel-PNPB, tendo com objetivo a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira com enfoque na inclusão social (DROUVOT e DROUVOT, 2011).

Programas voltados à produção energética e alimentícia se intensificam a partir da produção do óleo de palma, estabelecendo diretrizes para atender as demandas econômicas nacionais e internacionais. Por outro lado, os desafios se multiplicam no combate ao desmatamento, como a implementação do Programa de Combate o Desmatamento da Amazônia - PPCDAM (MMA, 2013). Estudos apontam áreas preferenciais para o cultivo da palma de óleo no ZAE-Dendê (Brasil, 2010), e critérios robustos direcionados ao plantio da palma de óleo no que diz respeito às empresas (RSPO, 2013). Além disso, algumas políticas são estabelecidas para a consolidação de medidas na manutenção e recomposição florestal na região (REDD+). Dentre os programas apresentados uma lacuna aparente são as política de proteção à regeneração florestal em áreas com desmatamento consolidado (Arco do Desmatamento).

Embora todo esse esforço tenha sido desenhado para a Amazônia, com políticas de comando e controle que levaram à diminuição do desmatamento e as alternativas de produção sustentável para áreas degradadas, a questão ambiental ainda é o grande gargalo para esses programas de expansão de dendezeiro, devido às consequências que a palma de óleo em grande escala poderá trazer para a floresta e para os animais, visto que a região apresenta-se bastante fragmentada.

Assim, a expansão dos cultivos de palma de óleo na Amazônia deve ser acompanhada com políticas voltadas ao setor florestal, priorizando o reflorestamento com florestas nativas principalmente nos corredores ecológicos, viabilizando outros cultivos perenes e a implantação de sistemas agroflorestais, na busca de recuperação de áreas degradadas e cobertura do solo. Porém, caso não haja políticas públicas apropriadas ao setor, a expansão dessa cultura exercerá pressão sobre as florestas primárias e secundárias (capoeiras) reduzindo-as ao longo do tempo.

4.5 CONCLUSÕES

Este estudo comprova que o uso da terra tem impactado negativamente a conservação das florestas primárias na região de Moju. Fato que ocorre pela conversão de florestas primárias para o cultivo da palma de óleo em 20% e aumento da degradação de florestas em 17% ao longo dos últimos 22 anos. No nordeste paraense, é comum observar que a floresta primária, inicialmente é submetida à extração seletiva de madeiras de valor comercial, resultando em uma floresta empobrecida altamente susceptível ao fogo, o que caracteriza as

florestas degradadas. Os níveis de alteração e degradação da floresta vão se intensificando com mais retirada de madeira para atender o mercado clandestino de carvão e compra e venda de madeira ilegal, e logo em seguida essas áreas começam a fazer parte das terras aptas para implantação de projetos agropecuários e mais recentemente de plantios de dendezeiro.

A mudança na estrutura da paisagem observado neste trabalho, aponta grandes alterações, quanto aos aspectos ecológicos, que leva ao processo de fragmentação florestal, como diminuição de tamanho, aumento na densidade de manchas e o isolamento das florestas. Esses resultados indicam o alto nível de degradação da paisagem, com percentuais de floresta primária inferiores a 30%, considerado um limiar crítico de fragmentação. Certamente, esses resultados explicam em parte, o alto índice de espécies ameaçadas de extinção no nordeste paraense, devido estarem isoladas em áreas muito pequenas e sem corredor ecológico para sua locomoção, o que ocasiona perdas da biodiversidade na região.

A principal contribuição deste estudo em áreas potenciais de produção de óleo de palma é demonstrar o nível de degradação da paisagem ao longo dos anos, o grau de isolamento das manchas de floresta e a diminuição das áreas remanescentes florestais. Essas informações podem ser utilizadas pelo poder público (municipal, estadual e federal), para o desenvolvimento de projetos adequados que visem mitigar os impactos diretos e indiretos da expansão da palma de óleo nos remanescentes de floresta primária, na perda de biodiversidade e no controle das grandes extensões de monocultura, garantindo assim, a sustentabilidade ambiental da região.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do INCT/ Biodiversidade e Uso da Terra na Amazônia (processo CNPQ no 574008/2008-0) pelo financiamento para a realização dos trabalhos e ao Programa de pós-graduação de Ciências Ambientais da Universidade Federal do Pará, pela oportunidade de realização do Doutorado da primeira autora. Aos colegas Carlos Alberto Silva, Nelson Rosa, Carlos Alberto Silva Junior e Rodolfo Rayol agradecemos pelo apoio técnico no trabalho de campo.

REFERÊNCIAS

- Adams, J.B.; 1995. Classification of multispectral images based on fractions of endmembers: Application to land-coverchange in the Brazilian Amazon. *Remote Sensing of Environment*, v. 52, n. 2, p. 137-154.
- Almeida, A.S.de, Vieira, I.C.G.; 2001. Padrões florísticos e estruturais de uma cronosequência de florestas no Município de São Francisco do Pará, Região Bragantina, Pará. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi*, v. 17, n. 1, p. 209-240.
- Almeida, A.S.de, Vieira, I.C.G.; 2008. Dinâmica da cobertura vegetal e uso da terra no município de São Francisco do Pará (Pará, Brasil) com o uso da técnica de sensoriamento remoto. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi*, v. 3, n. 1, p. 81-92, 2008.
- Almeida, A.S.de, Vieira, I.C.G., 2014. Barros, M. N. R., Rocha, D. P. N. Áreas de endemismo Belém e Xingu: configuração e espacialização do uso da terra e da cobertura vegetal. In: Emilio, T., Luizão, F. (Org.). *Cenários para a Amazônia: Clima Biodiversidade e Uso da Terra*. Editora INPA, Manaus, AM. p. 57-66.
- Alves, D.S., Morton, D.C., Batistella, M., Roberts, D.A., Souza, C.Jr., 2009. Taxas de Mudança e Padrões de Desmatamento e Uso da Terra na Amazônia Brasileira. *Amazônia and Global Change*.
- Andrén, H., 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscape different proportion of suitable habitat: a review. *OIKOS*, v. 71, n. 3, p. 355-366.
- Barlow, J.; Gardner, T. A.; Araujo, I. S.; Ávila-pires, T. C.; Bonaldo, A. B.; Costa, J. E.; ... Peres, C. A. 2007. Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(47), 18555-18560.
- Brasil, 2010. Zoneamento Agroecológico do Dendezeiro para as Áreas Desmatadas da Amazônia Legal. Rio de Janeiro: Embrapa Solos.
- Becker, B.K., 2005. Geopolítica da Amazônia. *Estudos Avançados*. vol.19. n°. 53. São Paulo.
- Bertone, M.V., 2011. A importância do Programa de Produção Sustentável de Palma de Óleo: produtividade e sustentabilidade. *Agroenergia em Revista*, ano II, nº 2. Brasília.
- Butler, R., 2011. In Brazil, Palm Oil Plantations Could Help Preserve Amazon. Disponível em :<<http://e360.yale.edu/content/feature.msp?id=2415>>. Acesso em: 07 novembro 2011.
- Butler R.A., Laurence W. F., 2009. Is oil palm the next threat to the Amazon? *Tropical Conservation Science*, v. 2, n. 1, p. 1-10.
- Cardoso, A.S., de Toledo, P.M., Vieira, I.C.G., 2014a. Dimensão Institucional da Sustentabilidade e Gestão Ambiental no município de Moju, Pará: uma aplicação do Barômetro da Sustentabilidade. *Sustentabilidade em Debate*, v. 5, n. 2, p. 203-22.
- Cardoso, A.C.D., Maneschy, M.C., Matlaba, V.J., 2014b. Produção de óleo de palma no nordeste do Estado do Pará, Brasil: desafios e subsídios para o desenvolvimento sustentável. *Estudos Sociedade e Agricultura*, v. 22, n. 1.
- Carlotto, M.J., 1999. Reducing the effects of space-varying wavelength-dependent scattering in ultispectral imagery. *International Journal of Remote Sensing*, v. 20, n. 17, p. 3333-3344.
- Carlson K.M., Curran L.M., Asner G.P., McDonald Pittman A., Trigg S. N., Adeney J. M. 2012. Carbon emissions from forest conversion by Kalimantan oil palm plantations. *Nature Climate Change*. <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate1702>
- Carvalho, C.M.de., Silveira, S., Rovere, E.L.L., Iwama, A.Y., 2015. Deforested and degraded land available for the expansion of palm oil for biodiesel in the state of Pará in the Brazilian Amazon. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, n. 44, p. 867-876.
- Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K., Muys, B., Lambin, E., 2004. Digital Change Detection Methods in Ecosystem Monitoring: a review. *International Journal of Remote Sensing*, v. 9, p. 1565-1596.
- Danielson, U., 2009. Fragment library screening and lead characterization using SPR biosensors. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, vol. 9, p. 1725-1735.
- Drouvot, C.M., Drouvot, H. 2011. “O Programa de Produção Sustentável do Dendê na Amazônia: a mobilização dos grupos de interesse no reflorestamento das áreas degradadas”. In: 6º Congresso do Instituto Franco-Brasileiro de Administração de Empresas. Franca, SP.

- ESRI, 2008. ESRI. Arcgis 9: what is ArcGIS 9.3. p.122.
- EMBRAPA. 1995. A cultura do dendê. Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental. – Brasília: EMBRAPA-SPI, 68p.
- Fairhurst, T., Mcleish, M., 2010. Prasodjo, R. Conditions Required by the Private Sector for Oil Palm Expansion on Degraded Land in Indonésia. Prince's Rainforest Project. London. Disponível em: <<http://www.tropcropconsult.com/downloads/files/Fairhurst2010a.pdf>> Acesso em: 29 maio 2015.
- Fahrig, L., 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 34, p. 487-517.
- FAO, 2010. Global Forest Resources Assessment 2010: Main Report (Food and Agric Org of the UN, Rome, Italy).
- Ferraz, S.F.B., Vettorazzi, C.A., Theobald, D.M., Ballester, M.R.V., 2005. Landscape dynamics of Amazonian deforestation between 1984 and 2002 in central Rondônia, Brazil: assessment and future scenarios. *Forest Ecology and Management* 204, 67–83.
- Gardner, T.A., Ferreira, J., Barlow, J., e et. al. 2013. A social and ecological assessment of tropical land uses at multiple scales: the Sustainable Amazon Network. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*.
- Glass, V., 2010. Dendê na Amazônia: novos projetos, alerta permanente. Disponível em: <<http://www.reporterbrasil.org.br/exibe.php?id=1752>>. Acessado em: 22 agosto 2014.
- GLCF, 2000. Landsat Geocover. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em: 12 maio 2015.
- Glovatski, T.G.G., Raiher, A.P., 2013. A oferta de matérias-primas (oleaginosas) do biodiesel no Brasil e seus determinantes: uma análise dos anos de 1991 a 2010. *Estudo & Debate, Lajeado*, v. 20, n. 2, p. 07-32.
- Groves C.R., Jensen, D.B., Valutis, L.L., Redford, K.H., Shaffer, M.L., Scott, J.M., Baumgartner, J.V., Higgins, J.V., Beck, M.W., Anderson, M.G., 2002. Planning for biodiversity conservation: putting conservation science into practice. *BioScience*, v. 52, n. 6, p. 499-512.
- Homma, A.K.O.; Furlan Jr., J. 2001. Desenvolvimento da dendeicultura na Amazônia: cronologia. In: Muller, A. A.; Furlan Júnior, J. (Ed.). *Agronegócio do dendê: uma alternativa social, econômica e ambiental para o desenvolvimento sustentável da Amazônia*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, p. 193-207.
- Homma, A.K.O., Vieira, I.C.G., 2012. Colóquio sobre dendezeiro: prioridades de pesquisas econômicas, sociais e ambientais na Amazônia. *Amazônia: Ci. & Desenv.* Belém, v. 8, n. 15.
- Hudson, W.D., Ramm, C.W., 1987. Correct formulation of the kappa coefficient of agreement. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, v. 53, n. 4, p. 421- 422.
- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. Produção Agrícola Municipal. Brasília.
- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades @ 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm> Acesso em: 15 dezembro 2013.
- IDESP Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará, 2013. Estatística municipal do Moju, Disponível em: <<http://www.idesp.pa.gov.br/paginas/Produtos/EstatisticaMunicipal/pdf/Moju.pdf>>. Acesso em: maio de 2015.
- Jensen, J.R., 1996. *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*. New Jersey: Prentice Hall, p. 318.
- Kanashiro, M., Denich, M.A., 1998. A vegetação secundária como vegetação de pousio na paisagem agrícola da Amazônia oriental: função e possibilidades de manipulação em possibilidade de utilização e manejo adequado de áreas alteradas e abandonadas na Amazônia brasileira. Sub-programa “Studies on Human Impact on Forests and Floodplain in the Tropics-SHIFT. Convênio CNPq/IBAMA/DLR, p. 177.
- Landis, J., Koch, G.G., 1977. The measurements of agreement for categorical data. *Biometrics*, v.33, n.3, p.159-179.
- Lamb, D., Gilmour, D., 2003. *Rehabilitation and restoration of degraded forests: Issues in Forest Conservation*. Switzerland: IUCN. p. 122.
- Lameira, W.J. de M., Vieira, I.C.G., Toledo, P. 2015. Panorama da Sustentabilidade na Fronteira Agrícola de Bioenergia na Amazônia. *Sustentabilidade em Debate, Brasília*, v. 6, n. 2, p. 193-210

- Lees, A.C., Moura, N.G., Almeida, A. S. de., Vieira, I. C. G., 2015. Poor Prospects for Avian Biodiversity in Amazonian Oil Palm. *PLOS ONE*, v. 10, n. 5.
- Lindenmayer, D., et al., 2008. A checklist for ecological management of landscapes for conservation. *Ecology letters*, v. 11, p. 78-91.
- Macedo, J.L.V. de., Rocha, A.C.P.N. da., Lima, S.M.V., Rocha, M.G. da., Lima, W.A.A. de., 2010. Sistema produtivo de dendê para a produção de biodiesel. In: Castro, A.M.G. de., Lima, S.M.V., Silva, J.F.V., *Complexo Agroindustrial de Biodiesel no Brasil: competitividade das cadeias produtivas de matérias-primas*. Brasília: Embrapa Agroenergia. p. 323-374.
- Mcgarigal, K., 2002. Landscape pattern metrics. apud El-Shaarawi, A.H., Piegorsch, D.W.W. eds. *Encyclopedia of environmentrics*, Sussex, England: John Wiley & Sons, v. 2, p. 1135-1142.
- MMA, 2013. Plano de Ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm): 3ª fase (2012-2015) pelo uso sustentável e conservação da Floresta. Brasília, p. 174.
- Moteiro, M.deA., 2006. "A opção possível e desejável por um novo modelo de desenvolvimento." *Desafios na Amazônia: uma nova assistência técnica e extensão rural*. Belém: UFPA/NAEA: 3-13.
- Muniz, R.S., Teixeira, W.G., de Sousa Bueno Filho, J.S., Pérez, D.V., Boari, A., de AbreuPina, A.J., 2011. Dinâmica do potencial redox em condições de alagamento em amostras de latossolo amarelo, textura média do nordeste paraense. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 33, Uberlândia, MG
- Nahum, J.S., Malcher, A.T.C., 2012. Dinâmicas territoriais do espaço agrário na Amazônia: a dendeicultura na microrregião de Tomé-Açu (PA). *Revista Confins*. Disponível em: <<http://confins.revues.org/7793>>. Acesso em: 22 janeiro 2013.
- RSPO, 2013. Principles and criteria for the production of sustainable palm oil. Disponível em: <<http://www.rspo.org/file/PnCRSPORev1.pdf>>. Acesso em: 2 junho 2015.
- Sano, E.E., Watrim, O.S., 1989. Funaki, R.S., Medeiros, J.S., Dias, R.W.O. Levantamento do Uso Atual da Terra através de Imagens do Landsat 5-TM na Microrregião de Tomé-Açu e Alguns Municípios das Microrregiões do Baixo Tocantins e Guajarina Pará. Belém, Sudam-CHSRA/OEA, p. 67.
- SEMAS, 2014. Instrução Normativa nº 02 de 26 de fev. de 2014. Normas para a obtenção de autorização de supressão, a serem realizadas nas áreas de vegetação secundária em estágio inicial de regeneração, localizadas fora da Reserva Legal e da Área de Preservação Permanente – APP dos imóveis rurais. *Diário Oficial do Estado do Pará*, n. 32594, 28 de fev. de 2014, Caderno 5, p. 6-8.
- Silva K.G.da., 2012. Avaliação da cobertura florestal da sub-bacia hidrográfica do rio Alegre, sul do Estado do Espírito Santo, utilizando geotecnologias. 2012. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro.
- Souza Jr, C.M., Siqueira, J.V.N., 2013. *ImgTools: a software for optical remotely sensed data analysis*. Anais... XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, INPE.
- Souza Jr., C.M., 2005 Mapping and spatiotemporal characterization of degraded forests in the brazilian amazon through remote sensing. Tese (Ph. D. em Geografia) – University of California, Santa Barbara. 159 p.
- Thompson, S.K., Seber, G.A.F., 1996. Adaptive sampling. New York: John Wiley & Sons, 265p.
- UCS Union of Concerned Scientists. 2013. Palm Oil and Global Warming. Disponível em: <<http://www.ucsusa.org/sites/default/files/legacy/assets/documents/Globalwarming/palm-oil-and-global-warming.pdf>>. Acesso em: 31 maio 2015
- USGS United States Geological Survey, 2013. Landsat Project Description. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/about_project_descriptions.php>. Acesso em: 12 julho 2014.
- Vieira, I., Gardner, T., Ferreira, J., Lees, A., Barlow, J., 2014. Challenges of Governing Second-Growth Forests: A Case Study from the Brazilian Amazonian State of Para. *Forests*, v. 5, p. 1737-1752.
- Villela, A.A., 2014. Expansão da Palma na Amazônia oriental para fins Energéticos. DSc thesis). Rio de Janeiro, Brazil: Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

- Wicke, B., Sikkema, R., Dornburg, V., Faaij, A., 2011. Exploring land use changes and the role of palm oil production in Indonesia and Malaysia. *Land Use Policy*, n. 28, p. 193–206.
- Wicke, B., 2011. Bioenergy production on degraded and marginal land: assessing its potentials, economic performance, and environmental impacts for different settings and geographical scales (PhD Thesis) Utrecht University, Faculty of Science, Copernicus Institute, The Netherlands.

5 DA FLORESTA À PALMA DE ÓLEO: EFEITO DAS MODIFICAÇÕES DO USO DA TERRA NA BIODIVERSIDADE ARBÓREA E NO ESTOQUE DE CARBONO NA AMAZÔNIA ORIENTAL.⁴

RESUMO

Os efeitos da expansão do cultivo da palma de óleo em grande escala na Amazônia nas taxas locais de mudanças do uso da terra e na perda de biodiversidade e de carbono, ainda são pouco compreendidos. Neste trabalho foram investigadas as variações na riqueza de espécies de árvores e de estoque de carbono em florestas primárias e secundárias, plantações de palma de óleo e pastagem (em várias idades), em três áreas na região de Moju, Estado do Pará. Para o levantamento florístico foram estabelecidas comparações entre riqueza de espécies e estoque de carbono em relação à distância (m) até a floresta mais próxima e à porcentagem de floresta primária em buffer de 500 m. Foram registrados em 8,55 ha amostrados, 5.770 indivíduos arbóreos, distribuídos em 425 espécies e 74 famílias, das quais 387 são espécies de floresta primária. O estoque de carbono da floresta primária apresentou valores superiores a 80 t/ha, enquanto nos outros usos (palma de óleo, pastagem e florestas secundárias) os valores foram inferiores a 50 t/ha. A palma de óleo retém comunidades empobrecidas de árvores, com valores de riqueza de espécies inferiores à pastagem, enquanto que o estoque de carbono é superior. Os remanescentes florestais dentro das áreas das empresas produtoras de óleo de palma têm importante papel na retenção de espécies arbóreas na paisagem, e estes são importantes para o futuro da biota em paisagens antrópicas.

Palavras-chave: biodiversidade; usos da terra; região amazônica; estoque de carbono.

ABSTRACT

The effects of the expansion of large-scale cultivation of oil palm in the Amazon on local rates of land use change and loss of biodiversity and carbon, are still poorly understood. In this paper they were report variations in species richness trees and carbon stock in primary and secondary forests, palm oil plantations of various ages (1-25 years) and on pasture, in three areas in the region Moju, State Para. For the floristic survey were established comparisons between species richness and carbon relative to the distance (m) to the nearest forest and the percentage primary forest buffer of 500 m. They were recorded in 8.55 ha sampled, 5,770 individual trees, distributed in 425 species and 74 families, of which 387 are primary forest species. The inventory primary forest carbon showed values greater than 80 Mg / ha, while in other uses (oil palm, pasture and secondary forest) values were less than 50 Mg / ha. The oil palm retains impoverished communities of trees with species below the pasture richness, while the stock of carbon is higher. The remaining forest within the areas of palm oil producing companies play an important role in the retention of tree species in the landscape, and these are important for the future of biota in those landscapes.

Palavras-chave: biodiversity; land use; amazon region; carbon stock.

⁴Capítulo de acordo com as normas da Revista Biotropica (ISSN-online-17447429), intitulado Da Floresta à Palma de Óleo: Efeito das Modificações do Uso da Terra na Biodiversidade Arbórea e no Estoque de Carbono na Amazônia Oriental. (Almeida, A. S. de; Vieira, I. C. G.; Lees, A.C.). A ser traduzido para a língua inglesa e submetido.

5.1 INTRODUÇÃO

A expansão da palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) é considerada uma das responsáveis pela alta taxa de conversão de usos da terra no mundo. Com a crescente demanda por alimentos, bem como por biodiesel para exportação, é provável que novas e importantes conversões de floresta para plantios de palma de óleo ocorram (Koh *et al.* 2007). Evidências nas regiões tropicais demonstram o impacto considerável dessa cultura sobre o meio ambiente da Indonésia e da Malásia, que concentram 86% da produção mundial de óleo de dendê (Simas 2012). Nestes países de 1990 a 2010 houve conversão direta de 3,5 milhões de hectare de floresta para acomodar 10 t/ha da palma de óleo, um aumento de 474% de área plantada (Butler 2011, Villela 2014).

Embora a maior parte do crescimento da palma de óleo nos últimos anos, tenha se concentrado nos trópicos asiáticos, a Amazônia está sendo considerada como a próxima fronteira para a expansão dessa cultura. O Pará desponta com 95% da produção brasileira, sendo considerado pelo Programa de Produção Sustentável da Palma de Óleo, um estado muito promissor para a expansão em grande escala dessa cultura, por apresentar condições edafoclimáticas favoráveis e possuir grandes extensões de terras desmatadas e degradadas (Venturieri 2011). O Zoneamento Agroecológico do Dendê Amazônia Legal (ZAE-Dendê), mapeou como locais favoráveis para o cultivo da palma de óleo, as áreas desmatadas da região. Porém, acredita-se que mesmo que a palma de óleo venha a se instalar em áreas desmatadas, ela tem o efeito de empurrar a produção de alimentos para mais longe na fronteira agrícola, de modo que sempre haverá a pressão em áreas de vegetação natural ocasionando o desmatamento de forma indireta (Butler & Laurance, 2009).

Os impactos dessa cultura na biodiversidade da Amazônia não são bem conhecidos. Lees *et al.* (2015) mostraram que plantações da palma fornecem poucos habitats para comunidades de aves, enquanto Cunha *et al.* (2015) mostraram uma redução na integridade dos sistemas aquáticos dentro de áreas de palma de óleo. Entender esses impactos é extremamente importante, visto que a palma de óleo foi identificada, inicialmente, como potencial fonte de energia de baixo impacto. Na Amazônia, existe uma pressão dos produtores para que esta cultura seja considerada de baixo impacto para restauração de APPs e de Reservas Legais (Lees & Vieira 2013).

Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar as variações na riqueza de espécies de árvores e no estoque de carbono em diferentes coberturas vegetais e usos da terra, incluindo plantações de palma de óleo, em três áreas na região de Moju, estado do Pará.

5.2 MÉTODOS

5.2.1 Área de Estudo-A área de estudo contabiliza três recortes espaciais, localizados nos municípios de Moju, Acará e Tailândia, na mesorregião Nordeste Paraense, doravante denominada de região de Moju, com extensão espacial de 2588 km². Para a escolha das áreas foram consideradas: (1) presença do cultivo de palma de óleo; e (2) área com intensa fragmentação (Figura 5.1.).

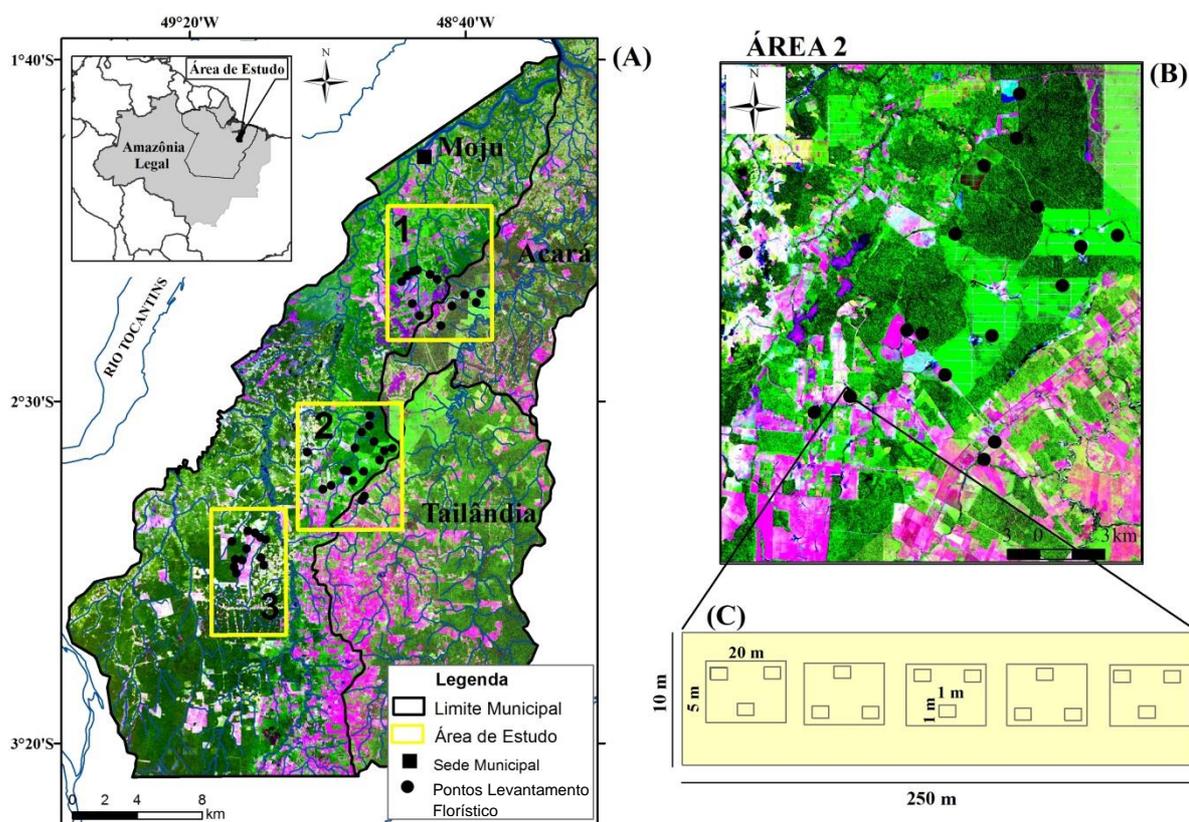


Figura 5.1. Localização das áreas de estudo: A) América do sul com a Amazônia legal e os municípios Moju, Acará e Tailândia, localizando os pontos de amostragem florística; B) recorte detalhado de uma das áreas (área 1) com localização dos pontos de amostragem; C) o transecto mostra as parcelas e subparcelas do levantamento florístico, utilizando imagens do satélite Landsat TM-5, ano 2013.

As áreas apresentam solos predominantes do tipo latossolos amarelo distrófico (LAd), enquanto que a cobertura vegetal é formada pela floresta densa de baixos platôs, bastante alterada, a qual favorece o surgimento das florestas secundárias ou capoeiras (EMBRAPA 2009). O relevo apresenta compartimentação discreta: platôs baixos (tabuleiros), terraços fluviais e várzeas. Os tabuleiros apresentam-se aplainados e recobertos por depósitos inconsolidados. O clima característico é o quente e úmido, com temperaturas médias mensais

de 25°C a 27°C. A precipitação pluviométrica varia entre 2000 a 3000 mm/ano, sendo o período de janeiro a junho a época mais chuvosa. A vegetação é composta de floresta densa de planície aluvial nas áreas de várzea, floresta secundária latifoliada de terra firme e floresta densa de baixos platôs e terraços (IDESP 2013).

Segundo dados do IBGE (2010), a área apresenta forte expansão de atividades produtivas, centrada no setor de serviços e agropecuária (IBGE 2010). Atualmente, essa região se destaca em termos socioeconômicos por fazer parte do polo para a expansão do cultivo da palma de óleo, em grande escala. A população é formada principalmente por agricultores familiares, trabalhadores rurais, ribeirinhos e quilombolas, os quais utilizam a terra como bem comum e a cultivam para o próprio sustento (Nahum & Malcher 2012, Cardoso *et al.* 2014).

5.2.2 Aquisição de dados e Processamento das Imagens- Foram utilizadas as imagens do satélite Landsat-8 do Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS 2013), sensor OLI (Operational Land Imager), órbita/ponto 223-062 de (27/07/2013) e 224-062 de (13/09/2013), com projeção Geographic Coordinate System (GCS) e datum World Geographic System 1984 (WGS 84), contemplando as bandas 2 (azul), 3 (verde), 4 (vermelho), 5 (infravermelho próximo) e 6 (infravermelho médio), com resolução espacial de 30 m. Usou-se, ainda, as imagens Geocover (GLCF 2000), obtidas através do acervo de cenas do United States Geological Survey (USGS), disponíveis na plataforma GLOVIS, que serviram de base para o georreferenciamento.

Para o mapeamento três etapas foram realizadas. Na primeira etapa foi realizado o pré-processamento, que se baseia no registro das imagens a partir da base de referência de imagens Geocover. Esta etapa contou com 30 pontos de controle e aplicou-se o algoritmo de interpolação, baseado em triangulação e reamostragem pelo método de vizinhança mais próxima, obtendo-se um erro médio quadrático menor que um pixel (30 m). Em seguida, foi realizada a correção radiométrica relacionada na exclusão dos ruídos, e correção atmosférica que minimiza os efeitos ocasionados por neblina e fumaça nas margens (Carlotto 1999). Com esse processamento, os dados da imagem são convertidos de número digital (DN) para reflectância de superfície (Souza Junior 2005).

Na segunda etapa, foi elaborada uma biblioteca espectral, que consiste no reconhecimento de componentes espectrais puros para calcular a abundância em cada pixel. Os componentes de interesse foram os pixels puros de vegetação (GV), vegetação não fotossinteticamente ativa (NPV), índice de fração diferencial normalizada (NDFI), solo

exposto, nuvem e sombra. Após esse processamento, identificou-se a curva espectral potencial para a escolha final do conjunto desses componentes espectrais puros, através do SMA (análise de mistura espectral) proposto por Adams (1995) e na terceira etapa, para a classificação foi utilizado o método de árvore de decisão, utilizando os componentes de interesse (GV, NPV, NDFI, solo exposto e nuvem) como variável de regra. Os programas utilizados foram o ImgTools 2.0 e o ENVI 4.5. (Gardner *et al.* 2013, Souza Junior & Siqueira 2013).

Com o método edição de classes foi possível minimizar os erros de classificação (confusão das áreas de palma de óleo, floresta secundária e outras classes que não foram possíveis de serem classificadas e reconhecidas), conforme aplicado por Almeida *et al.* (2014a).

A qualidade da classificação foi analisada por meio de uma matriz de erro, obtida pelo cruzamento dos dados de campo e informações do mapa de classificação, que gerou resultados para o índice de kappa (Hudson & Ramm 1987).

O trabalho de campo foi conduzido nos anos de 2012 e 2013 para o levantamento florístico, assim como para verificar as classificações ambíguas de cobertura e usos da terra. Visitas adicionais e entrevistas informais foram realizadas para checar grandes mudanças observadas, de tal forma a validar a acurácia da classificação.

5.2.3 Levantamento Florístico e de Estrutura-A definição do número de parcelas para o levantamento florístico em cada classe de uso e cobertura da terra levou em consideração a razão entre a área da parcela (2.500 m²) e o tamanho da área ocupada por cada classe (Gardner *et al.* 2013). Foram estabelecidas 50 parcelas no total, de 2.500 m² no interior de cada classe, assim distribuídas: 17 em florestas primárias-FP, 4 em florestas secundárias-FS de diferentes idades (5 a 20 anos), 15 em plantios com palma de óleo-OP (1 a 25 anos), e 14 parcelas localizadas em áreas de pastagem-Past (5 a 22 anos). O inventário das árvores foi feito de forma estratificada, considerando todos os indivíduos com DAP \geq 10 cm nas parcelas de 10 x 250 m (2500m²), os indivíduos arbóreos de $2 \leq$ DAP < 10 cm em parcelas de 5 x 20 m dentro das parcelas maiores e também foram inventariados indivíduos com DAP < 2 cm em parcelas de 1 x 1 m por contagem, dentro das parcelas de 100 m² (Gardner *et al.* 2013). Todas as parcelas foram localizadas a pelo menos 1500 m de distância umas das outras, como forma de reduzir a dependência entre as mesmas. Também foi evitado o efeito de borda, alocando-se as parcelas adentro 100 m da borda de cada classe de uso e cobertura.

Os indivíduos foram identificados em nível de espécie e os que não puderam ser identificados em campo pelos para-taxonomistas, seguiram para identificação no Herbário

João Murça Pires, localizado no Museu Paraense Emílio Goeldi. Todas as famílias estão baseadas no sistema de classificação APG III (2009) e as espécies foram sinonimizadas de acordo com o site MOBOT (2014).

A estrutura horizontal foi avaliada a partir dos parâmetros fitossociológicos: densidade relativa (DR), frequência relativa (FR), dominância relativa (DoR) e índice de valor de importância (IVI) (Moro & Martins 2011), calculados através do programa Mata Nativa 3.

A biomassa aérea (t/ha) foi estimada para 17 parcelas de floresta primária, 4 parcelas de floresta secundária (idade de 5 a 20 anos), 7 parcelas de palma de óleo (idade de 12 a 24 anos), e 3 parcelas de pastagem, a partir de equações alométricas para indivíduos com DAP \geq 2 cm, acima do solo. Para as espécies encontradas em floresta primária, floresta secundária e pastagem, a biomassa foi calculada pela equação (Eq. 1) ajustada por Chave *et al.* (2005), para ambientes florestais úmidos. A estimativa da biomassa do gênero *Cecropia* utilizou a equação (Eq. 2) desenvolvida por Nelson *et al.* (1999), tendo como variáveis DAP (cm) e altura do fuste (m). A biomassa da palmeira *Elaeis guineensis* Jacq. foi estimada através da equação (Eq. 3) de Corley & Tinker (2003), a qual considera a altura total (m) e DAP \geq 1 cm. Os dados de densidade da madeira das espécies inventariadas foram retiradas da base de dados de Zanne *et al.* (2009). (Tabela 5.1).

Tabela 5.1. Equações utilizadas no cálculo da biomassa para as espécies com DAP \geq 2 cm, para o gênero *Cecropia* e para a espécie *Elaeis guineensis*: (AGB) biomassa estimada (Kg); ρ = densidade da madeira ($g.cm^{-3}$); DW = biomassa calculada para o gênero *Cecropia* (Kg); Bt = biomassa do tronco (estipe) da espécie *Elaeis guineensis*; r = raio do tronco da palmeira (cm); Z = diâmetro da base estimado em 0,777; h = altura total (m); ρ = densidade do tronco da palmeira ($Kg.m^{-3}$); Id = palmeira *Elaeis guineensis* em anos.

Autor	Espécie	Equação	Identificação
Chave <i>et al.</i> (2005)	DAP \geq 2 cm	$(AGB)_{EST} = 0,0509 * \rho D^2 H$	Eq. 1
Nelson <i>et al.</i> (1999)	<i>Cecropia sp.</i> DAP \geq 2 cm	$DW = EXP(2,5118 + 2,4257 \times Ln(DAP))$	Eq. 2
Corley e Tinker (2003)	<i>Elaeis guineensis</i> DAP \geq 1 cm	$Bt = \pi \times (r \times Z)^2 \times 100 \times h \times \rho$, sendo que $\rho = \frac{Id \times 0,0076 + 0,083}{1000}$	Eq. 3

Foi estimado o estoque de carbono acima do solo para cada tipo de uso da terra a partir da biomassa. O carbono foi assumido como 50% de biomassa acima do solo, assim como em Berenguer *et al.* (2014).

5.2.4 Interação Paisagem e Biodiversidade Arbórea-As variáveis associadas ao contexto da paisagem foram estimadas utilizando o mapeamento a partir da classificação de 2013, com uso do programa ArcGis v. 9.3. Considerou-se assim: (1) a distância média para a borda mais próxima da floresta primária dos pixels que compõem uma área. Neste caso, a distribuição das amostras foi definida como: valores negativos quando as amostras estão no interior da floresta primária e valores positivos quando estão fora, e (2) a cobertura de floresta primária em buffer de 500 m (maior nível de detalhamento e abrangência de interação) em torno das parcelas localizadas nas diferentes classes de cobertura e uso da terra.

5.2.5 Análises Estatísticas-A variação na composição de espécies entre as diferentes classes de cobertura e uso da terra foi avaliada através de ordenações de escalonamento multidimensional não métrico-nMDS, utilizando a matriz de similaridade de Sorensen para os dados de presença-ausência de espécies, utilizando o programa Primer v. 6 (Clarke & Gorley 2006). Para avaliar a significância estatística das diferenças observadas na composição de espécies entre as diferentes classes de uso e cobertura da terra foi realizado uma PERMANOVA de um fator (one-way) que utiliza valores pseudo-F para comparar entre e dentro os grupos de similaridade e avaliar a significância por permutação. As comparações entre riqueza de espécies em cada classe de uso da terra foram feitas usando um teste ANOVA one-way com intervalos, seguidos por um teste post-hoc de Tukey (95%), para verificar diferenças significativas entre pares, através do programa STATISTICA v. 7.

5.3 RESULTADOS

5.3.1 Cobertura Vegetal e Uso da Terra-Oito classes de cobertura e uso da terra foram obtidas na classificação das imagens na área de estudo (2588 km²) e somente as mais expressivas serão caracterizadas (Tabela 5.2.). A matriz de erros apontou maiores acertos para as classes FP (88%), FD (87%) e AG (90%), as demais classes apresentaram menos que 85% de acerto. O desempenho geral da classificação foi de 0,87% para o índice kappa, em 2013. Este índice indica a qualidade da classificação e os altos valores obtidos indicam uma classificação satisfatória (Landis & Koch 1977).

Tabela 5.2. Caracterização das classes de cobertura e uso da terra consideradas neste estudo realizado na região de Moju, Pará, Brasil.

Classes	Descrição
FP	A classe Floresta primária (FP) agrupa tipologias florestais como floresta ombrófila densa (aluvial, terras baixas e submontana) e floresta ombrófila aberta (cipós), e é caracterizada por espécies de fanerófitos, lianas lenhosas e epífitas em abundância, apresenta altura de 30 a 40 m e árvores relativamente grossas e dossel emergente. Foram consideradas nesta tipologia, as florestas primárias intactas, sem alteração pela ação antrópica e em bom estado de preservação.
FD	A classe Floresta degradada (FD) ou explorada é caracterizada como áreas florestais nas quais houve intervenção humana para a extração seletiva de madeira, facilitada pela abertura de estradas e construção de pátios de estocagem. São também consideradas florestas degradadas aquelas em que o fogo provocou danos ao dossel e/ou no sub-bosque. As alterações na floresta intacta afetam sua estrutura e funções, o que provoca a diminuição da capacidade de suprir produtos ou serviços.
FS	A classe Floresta secundária (FS) ou capoeira é resultante de um processo de sucessão em áreas onde, no passado, houve corte raso da floresta primária. Os principais exemplos de capoeira na região amazônica são: áreas de pousio no sistema agrícola de corte e queima; vegetação formada após o abandono de áreas de pastagens degradadas e vegetação após o abandono de cultivos agrícolas semi-perenes.
OP	A classe Palma de óleo, dendê ou dendezeiro (OP) é uma das oleaginosas de origem africana mais produtiva do mundo, e com bom desenvolvimento em regiões tropicais. Conhecida cientificamente por <i>Elaeis guineensis</i> Jacq., cresce em média 8 m, é comercialmente utilizada por ter grande produtividade em óleo (oil palm).
AG	A classe Agropecuária (AG) destina-se à prática da agricultura ou da pecuária (Past). Devido às dificuldades em separá-las através de interpretações de sensoriamento remoto, optou-se por englobá-las em uma só classe. As pastagens, que são em maior extensão, servem de pastoreio do gado em criação extensiva e as áreas agrícolas, com culturas de ciclo curto (mandioca, milho, arroz, etc.), ou ciclo longo (coco, laranja, seringueira, etc).

Nota: Adaptado de EMBRAPA 1995, Lamb & Gilmour 2003, IBGE 2012, Barlow *et al.* 2007

A Figura 5.2. apresenta a área ocupada por cada classe de cobertura e uso da terra na região de Moju. Nota-se que a floresta primária ocupa 659,83 km² (25,48% da área total), e a floresta degradada detém 440,72 km² (17,02%). Observa-se que 28,99% da área é ocupada pela classe agropecuária, valor muito próximo ao ocupado com florestas. A classe OP ocupa 12,01% da área, enquanto florestas secundárias ocupam 11,59%.

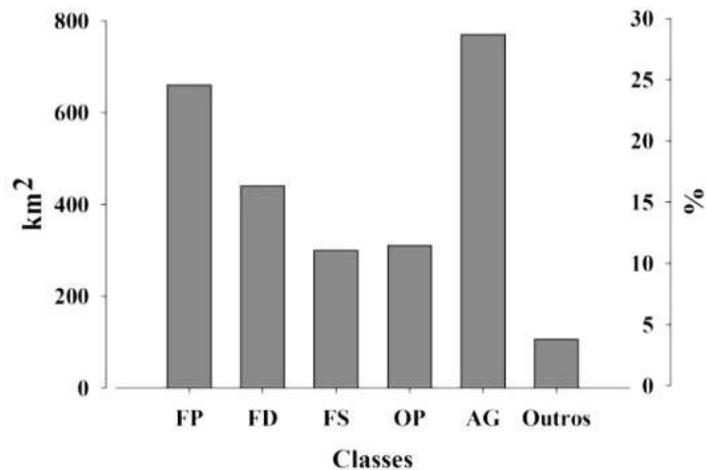


Figura 5.2. Área ocupada por FP (floresta primária), FD (Floresta degradada), FS (floresta secundária), OP (palma de óleo) e AG (agropecuária), classificação do ano de 2013, região de Moju, Pará, Brasil.

5.3.2 Análise Fitossociológica-Foram registrados no levantamento florístico total (9,30 ha), 5770 indivíduos com DAP maior ou igual a 2 cm, distribuídos em 425 espécies e 74 famílias, das quais 387 espécies foram encontradas em floresta primária. Observa-se que os maiores valores de riqueza de espécie e família foram encontrados nas florestas primárias, enquanto que a palma de óleo apresentou os menores valores, sendo de longe inferiores aos encontrados em pastagem (Tabela 5.3.).

Tabela 5.3. Área amostrada (ha) por classe de diâmetro adotado, densidade (Nº ind./ha), número de espécies (Nº spp) e família (Nº Fam.), biomassa aérea média (t/ha) para florestas primárias (FP), florestas secundárias (FS), plantios de dendê (OP) e pastagem (Past), na região de Moju, Pará.

Classe	Área amostrada	DAP (cm)	Nº Ind.	Nº Spp.	Nº Fam.	Biomassa *
FP	4,25	≥ 10	2179	275	55	317
FP	0,85	≥ 2 <10	2170	287	58	16
FS	1,00	≥ 10	364	56	27	28
FS	0,20	≥ 2 < 10	628	90	36	20
OP	1,75	≥ 10	359	2	2	60
OP	0,35	≥ 2 < 10	13	2	2	0.36
Past	0,75	≥ 10	0	0	0	0
Past	0,15	≥ 2 <10	57	14	10	0.78

*Média das parcelas inventariadas

A curva de acumulação espécie-área demonstrou padrão assintótico para a floresta primária e para palma de óleo (Figura 5.3.A, 5.3.B) (Freitas & Magalhães 2012), enquanto que para floresta secundária e para a pastagem (Figura 5.3.B, 5.3.C) as curvas não tenderam à estabilidade (Schilling & Batista 2008), provavelmente pelo baixo número de parcelas estudadas nesses usos da terra.

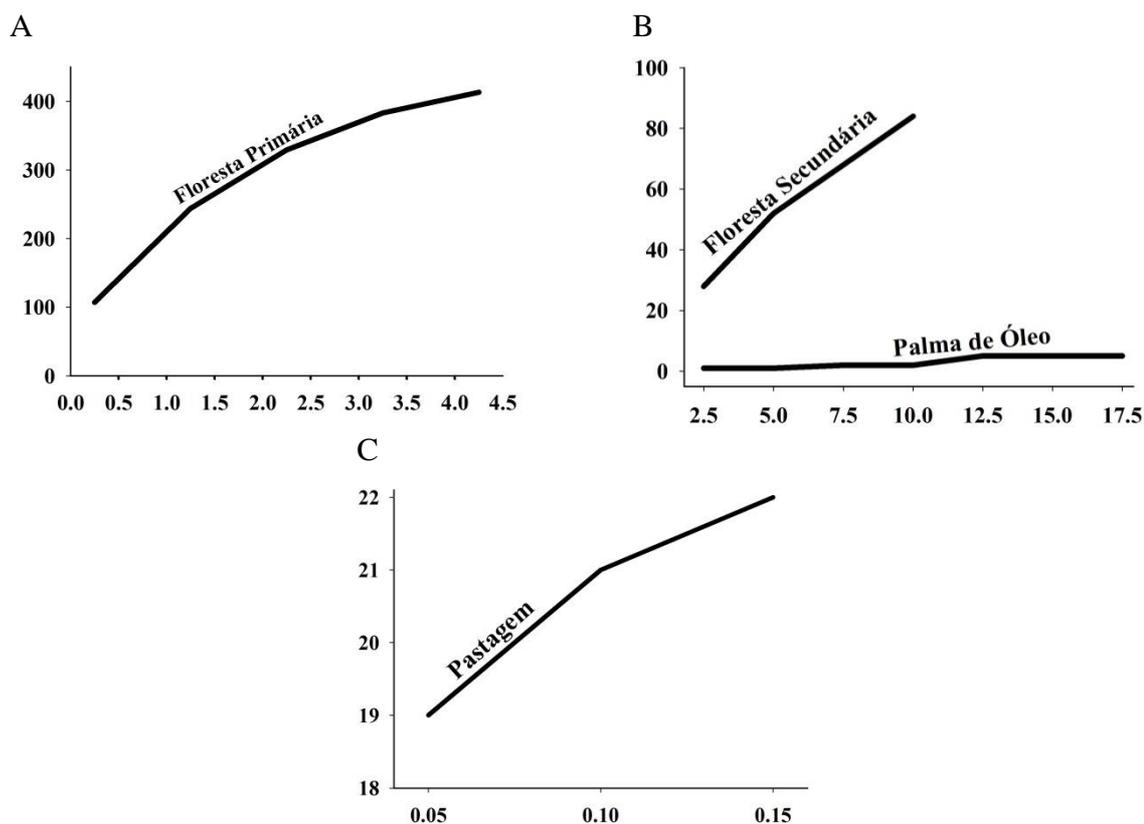


Figura 5.3. Curvas espécie-área para as amostragens de indivíduos arbóreos, realizada na floresta primária (A), floresta secundária e óleo de palma com $DAP \geq 2$ cm (B) e pastagem com $DAP \geq 2 \leq 10$ cm (C), na região de Moju, Pará, Brasil.

Considerando o total de amostragem nas diferentes classes de uso e cobertura da terra, encontrou-se maior riqueza para as famílias Fabaceae com 72 espécies, seguido de: Sapotaceae (40), Moraceae (23), Anonaceae (17), Myrtaceae (17), Chysobalanaceae (16) e Burseraceae (15); essas famílias juntas contabilizaram 2934 indivíduos. As espécies arbóreas com maior IVI (Índice de Valor Importância) foram *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A. Mori (11,5), seguida da *Rinorea guianensis* Aubl. (7,5), *Lecythis idatimon* Aubl. (6,51), *Vouacapoua americana* Aubl. (5,78), *Inga alba* (Sw.) Willd. (4,2). A espécie *Eschweilera coriacea* apresentou maior desempenho em relação aos parâmetros relativos de: densidade (DR), frequência (FR) e dominância (DoR) (Figura 5.4.).

Das 387 espécies encontradas em florestas primárias, oitenta destas ocorreram nos outros usos da terra (APÊNDICE C), sendo 97,5% (78 sp) em floresta secundária, seguido da pastagem com 13% (16 sp) e a palma de óleo com 3,75% (3 sp). As três espécies arbóreas observadas nas áreas com palma de óleo foram a *Cecropia obtusa*, *Cecropia distachya*, *Inga thibaudiana*, são espécies de floresta primária, mas somente *Inga thibaudiana* DC. foi a que ocorreu nas quatro classes de cobertura e uso da terra analisadas neste estudo.

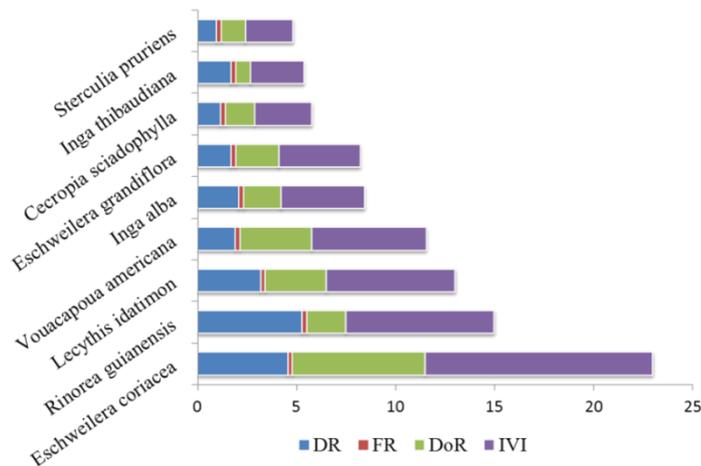


Figura 5.4. Desempenho das dez espécies com maiores índices valor de importância (IVI), densidade relativa (DR), frequência relativa (FR), dominância relativa (DoR), nas áreas definidas para o estudo, na região de Moju, Pará, Brasil

5.3.3 Composição Florística e Estoque de Carbono Associados a Diferentes Tipos de Usos da Terra

Houve diferenças significativas entre as classes de uso e cobertura da terra em relação à riqueza de espécies ($F = 2.41$ e $\rho < 0.001$, Figura 5.5.A), e ao estoque de carbono ($F = 94.6771$ e $\rho < 0.01$, Figura 5.5.B), para todos os anos. Foi observada uma grande discrepância entre FP e os usos da terra analisados em relação ao número de espécies de árvores e estoque de carbono. A FP obteve acima 90 espécies e carbono acima 80 t/ha para árvores com DAP > 2 cm. Nos outros usos da terra esses valores foram inferiores, com 50 espécies arbóreas e 50 t/ha de carbono. A FS apresenta posição intermediária quanto à riqueza de espécies em relação à FP, OP e Past. Quanto ao carbono, FS e OP apresentaram equivalência nos resultados, atingindo 50 t/ha no máximo.

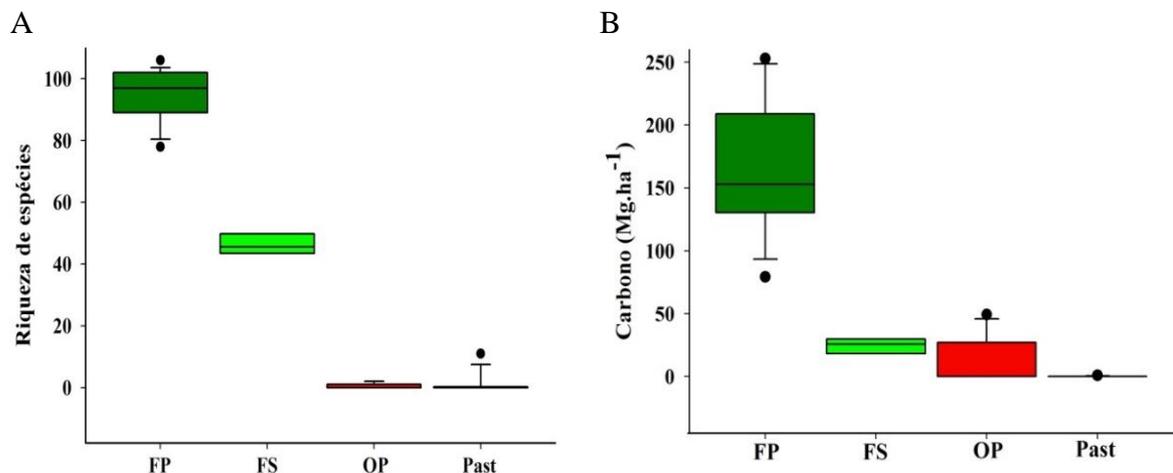


Figura 5.5. Comportamento da floresta primária-FP, secundária-FS, palma de óleo-OP e pastagem-Past, com relação à riqueza de espécies e estoque de carbono (t/ha), na região de Moju, Pará, Brasil.

A composição de espécies arbóreas demonstrou diferença significativa entre as florestas primárias e os usos analisados ($F = 12.901$, $\rho < 0.001$) (Figura 5.6.). Todos os conjuntos de espécies foram significativamente diferentes entre si (Tukey a 95%). A ordenação de escalonamento (nMDS) apresenta para o eixo nMDS 1 dois agrupamentos com relação a similaridade de espécie, representado pelas florestas primária e secundária e outro representado pela palma de óleo e pastagem. Percebe-se uma tendência a um padrão sucessional no comportamento das parcelas de pastagem, que após um período de tempo tende às características de floresta secundária. O eixo nMDS 2 apresenta agrupamentos diferenciados quanto à similaridade de espécies entre as parcelas de um mesmo tipo de cobertura ou de uso da terra. A maior similaridade ocorre entre as parcelas de floresta primária, entre as parcelas de floresta secundária e entre as parcelas de pastagem, sendo que a menor similaridade ocorreu entre as parcelas de palma de óleo.

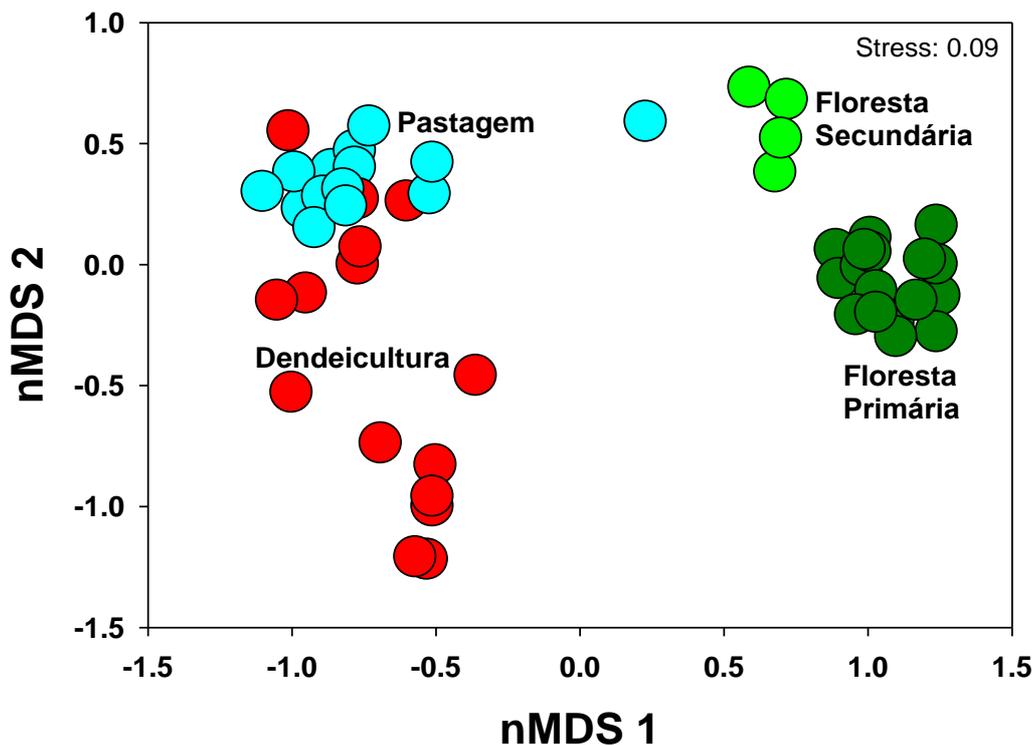


Figura 5.6. Distribuição das classes de uso e cobertura da terra usando escalonamento multidimensional-MDS para identificação de agrupamentos florísticos. Floresta primária (verde), floresta secundária (verde claro), palma de óleo (vermelho) e pastagem (azul claro).

5.3.4 Influência de Determinantes da Paisagem na Riqueza de Espécies e Estoque de Carbono- A floresta secundária e a pastagem ocorreram a menores distâncias a partir de 200 m até a borda da floresta primária mais próxima, sendo que dentre os usos, o maior número de espécies foi encontrada na floresta secundária (40 a 50 espécies), que tende a se aproximar da

floresta primária quando esta apresenta sinais de exploração. Por sua vez, a palma de óleo e a pastagem apontam menos que 20 espécies, valores inferiores ao da floresta secundária (Figura 5.7.A). Vale ressaltar que a palma de óleo foi um dos usos que apresentou as maiores distâncias até a borda da floresta primária, variando de 500 a 1500 m. Quando analisado o estoque de carbono, observou-se que o comportamento em relação a distâncias até a borda da floresta primária mais próxima foi semelhante aos observados com a riqueza de espécies, no entanto, a taxa do estoque de carbono variou de 80 a 250 t/ha para a floresta primária e os outros tipos de uso apresentam-se agrupados, com valores inferiores a 50 t/ha (Figura 5.7.B). A palma de óleo obteve estoque de carbono próximo a 50 t/ha, equivalentes aos de floresta secundária (45 t/ha).

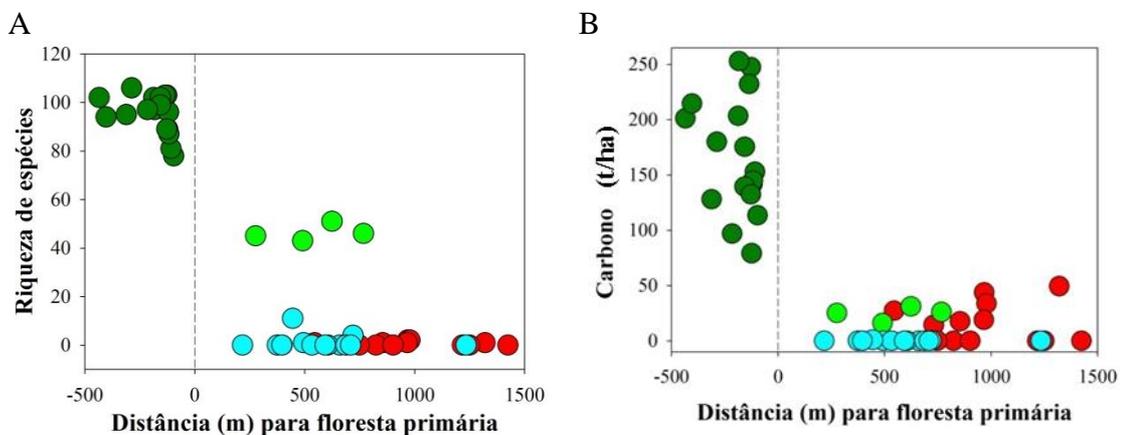


Figura 5.7. Riqueza de espécies (a) e estoque de carbono (b) com relação à distância até a borda da floresta primária mais próxima. FP (verde), FS (verde claro), OP (vermelho) e Past (azul claro), na região de Moju, Pará.

A Figura 5.8. apresenta uma relação linear positiva e amplamente significativa para a riqueza de espécies ($R^2 = 0,75$, $\rho < 0,001$, Figura 5.8.A) e para o estoque de carbono ($R^2 = 0,80$, $\rho < 0,001$, Figura 5.8.B), em relação à proporção da área ocupada por floresta primária em um buffer de 500 m de raio. A floresta secundária, mesmo estando localizada em paisagens com 1 a 20% de ocupação de floresta primária, apresenta o maior número de espécies do que palma de óleo e a pastagem. Vale ressaltar que das 17 parcelas de floresta primária analisadas, 9 destas estão com ocupação de floresta primária no seu entorno inferior a 50%, no buffer de 500 m de raio, o que demonstra uma diminuição na riqueza de espécies e estoque de carbono.

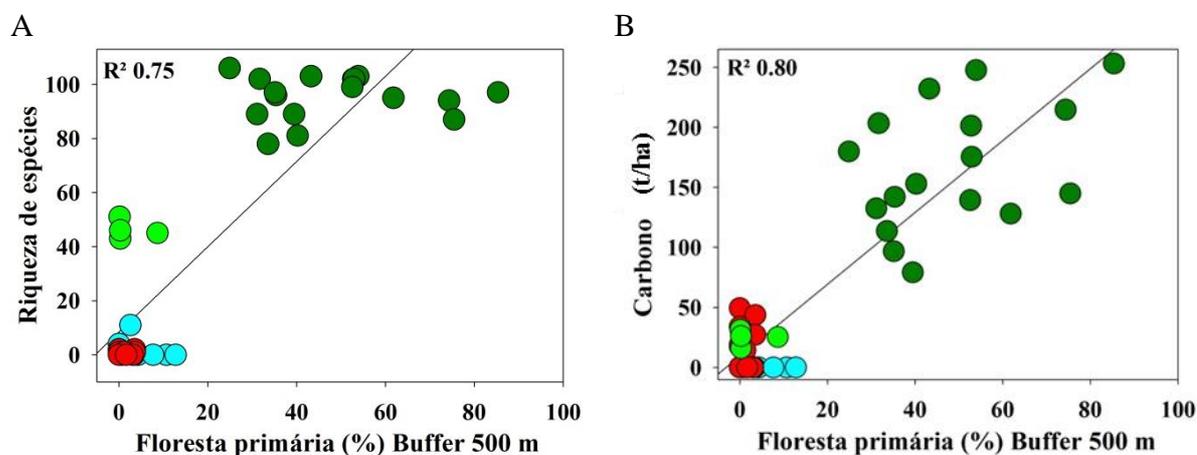


Figura 5.8. Regressão linear entre floresta primária em um buffer de 500 m de raio e A) riqueza de espécies e B) carbono (t/ha) para as classes: floresta primária-FP (verde), floresta secundária-FS (verde claro), palma de óleo-OP (vermelho) e pastagem-Past (azul), na região de Moju, Pará, Brasil.

5.4 DISCUSSÃO

5.4.1 A Taxa de Conversão de Florestas é muito Elevada em Moju. Em 2013, esta região apresentou apenas 25,48% de cobertura com florestas primárias e outros 17,02% de florestas degradadas. Mesmo em se tratando de uma paisagem antropizada, observou-se que em um hectare de floresta primária foram registrados altos valores de número de indivíduos arbóreos com $DAP \geq 10$ cm (512), riqueza de espécies (203), famílias (47) e biomassa (240 t/ha). Estudos em florestas primárias localizadas no Pará demonstram valores semelhantes aos desse estudo, como os encontrados por Salomão *et al.* (1998), em Porto Trombetas que registrou em um hectare, 508 indivíduos, 199 riqueza de espécies, 47 famílias e 246 t/ha de biomassa. Isto demonstra que as florestas de Moju são diversificadas, mesmo estando submetidas a constantes perturbações antrópicas como exploração madeireira e incêndios florestais, que degradam as florestas da região. O número de espécies arbóreas, por outro lado, diminui com a intensidade de usos da terra, assim como demonstrado por vários outros estudos na Amazônia (Almeida & Vieira 2014; Berenguer *et al.* 2014).

Florestas secundárias apresentam apenas 19% das árvores nativas das florestas primárias, considerando indivíduos maiores que 10 cm de DAP. Vieira & Almeida (2014) encontraram valores similares em florestas secundárias da Zona Bragantina, que possui cerca de 150 anos de colonização agrícola e considerável perda de cobertura vegetal primária. Neste estudo, a floresta secundária quando observada a partir da riqueza de espécies arbóreas,

apresenta-se em um status sucessional intermediário (até 20 anos) em relação à estrutura da floresta primária. Em termos de composição taxonômica, a abundância de Sapotaceae, Lauraceae, Meliaceae, e Moraceae são consideravelmente reduzidas em florestas secundárias com relação às florestas primárias, enquanto as famílias Fabaceae, Malvaceae, Urticaceae e Anonaceae foram elevadas, que são típicas de estágios sucessionais iniciais e intermediários (Vieira 1996). As florestas secundárias são áreas que devem ser consideradas como florestas em recuperação, pois restabelecem as funções orgânicas do solo e constituem reserva de sementes e frutos de espécies nativas regionais, e possibilitam a manutenção da diversidade florística e sustentam parte da fauna silvestre de uma região antropizada (Vieira *et al.* 1996).

A área com remanescentes de floresta primária intacta e degradada (42,5%) nesta região, não atinge o patamar exigido pelo Código Florestal (Lei Nº 12.727, de 17 de outubro de 2012), que estabelece de 50 a 80% de reserva legal em propriedades localizadas na Amazônia Legal. A intensa conversão de florestas para vários usos da terra (FS, OP e Past) levou à perda considerável de estoque de carbono, não ultrapassando 50 t/ha, muito abaixo que a floresta primária (80 a 250 t/ha). Essa tendência de perda de carbono pela conversão de floresta primária foi também observada em trabalhos realizados em Paragominas (PA) e Santarém (PA), onde o estoque de carbono para diferentes classes de florestas (intacta à floresta secundária) variou de 20 a 350 t/ha (Berenguer *et al.* 2014). O conhecimento do estoque de carbono de floresta primária e de diferentes usos da terra, associado ao histórico de perturbação, torna-se necessário, na medida em que a floresta perturbada pela ação humana fica vulnerável a novos eventos de alteração, que comprometem em longo prazo a permanência dessas áreas em paisagens agrícolas (Alencar *et al.* 2004, Barlow *et al.* 2012, Melo *et al.* 2013, Broadbent *et al.* 2008).

Houve perdas gradativas de floresta primária quando se analisou um buffer de 500m, com diferentes níveis de riqueza de espécies e de estoque de carbono, configurando um intenso dinamismo na conservação de florestas. Dentre os usos, a maior variabilidade de ocupação ocorreu na pastagem, demonstrando alta capacidade de regeneração, mesmo com o menor valor de carbono (1 t/ha). Por outro lado, a palma de óleo mostrou valores de carbono equivalentes à floresta secundária, e possui as maiores distâncias até a borda da floresta primária mais próxima, isso porque é cultivada em grandes extensões, onde prevalece a monocultura, que se caracteriza por plantios não consorciados (sistema agrossilviculturais). Nota-se, assim, que as distâncias dos usos da terra até a borda da floresta e a proporção de florestas na paisagem, são fatores importantes para a diversidade arbórea da paisagem, na

medida em que a proximidade de usos da terra a uma floresta primária ajuda no processo de dispersão de sementes e na regeneração de plantas em áreas que se encontram desmatadas ou degradadas.

Dados sobre diversidade de árvores em plantações de dendezeiro são fornecidos pela primeira vez neste trabalho. Como era esperado, essas plantações apresentam as menores riquezas de espécies, com valores inferiores às pastagens cultivadas, que dominam 27,99% da região e às florestas secundárias. No entanto, quanto ao estoque de carbono, os resultados se aproximaram da floresta secundária e foram superiores aos resultados encontrados para a pastagem. Os parâmetros fitossociológicos analisados em 7 parcelas de palma de óleo, 4 parcelas de floresta secundária, e 3 parcelas de pastagem, mostram que mesmo com quantidade de parcelas inferiores, a diversidade de espécie de uma floresta secundária tende a ser superior aos outros usos da terra (palma de óleo e pastagem), isto porque as florestas secundárias são áreas em recuperação, que possuem grande riqueza de espécies. Como observado neste estudo, das oitenta espécies de floresta primária que ocorreram nas classes de uso da terra, 97,5% pertencem às florestas secundárias. Isso demonstra a variedade de riqueza ecológica dessas áreas, o que indica sua importância, no sentido de apresentar condições favoráveis na conservação e preservação de espécies endêmicas, visto que a região está localizada na zona fisiográfica intitulada área de endemismo Belém, que apresenta 88,87% de área caracterizada com diferentes tipos de uso (Almeida *et al.* 2014a)

Neste estudo, foi encontrado um dendezeiro de 12 anos com estoque de carbono equivalente a 33 t/ha, comparando com levantamento realizado no nordeste paraense (Denpasa) em dendezeiro de 11 anos (30 t/ha de carbono) (Filho 2012), percebe-se que mesmo com métodos diferenciados de análise, os valores se mostraram próximos, considerando as idade dos plantios. Estima-se que um hectare de dendê, aos 15 anos, sequestre 35,87 t de carbono ou 90 t de matéria seca (Projeto Biodiesel 2007). Esta é uma das potencialidades da palma de óleo, assim como na recuperação potencial de áreas abandonadas, geração de renda e na produção de energias renováveis (Koh & Wilcove 2008). Mesmo com todo esse potencial, à medida que transforma uma paisagem, que se sustenta pela diversidade biológica de vegetais e animais (Amazônia), em áreas com predominância de monocultura em grande escala, ocorrem perdas irreversíveis de espécies e populações de plantas e animais devido à perda de habitat. Este trabalho aponta as plantações de dendezeiro com baixo valor de conservação, como bem demonstrado também por Lees *et al.* (2015) e Cunha *et al.* (2015).

Os dados do TerraClass (INPE 2012), mostram 9,6 milhões de hectare de áreas desmatadas e abandonadas, que seguramente já foram mapeadas pelo Zoneamento Agroecológico do Dendê para as Áreas Desmatadas da Amazônia Legal (ZAE-Dendê), que delimita essas áreas como potenciais para a implementação da palma de óleo, classificando-as como: preferenciais, regulares, marginais, não adequadas e não mapeadas (Carvalho *et al.* 2015). Essa delimitação é de suma importância para o controle do cultivo, mas algumas informações devem ser melhor esclarecidas, no sentido, de identificar quais parâmetros estruturais e florísticos estão sendo utilizados para definir os níveis de degradação das áreas potenciais para plantio de dendezeiro, pois sem esta definição uma floresta secundária com alto valor para conservação da biodiversidade, pode estar incluída como área degradada ou abandonada. Vale ressaltar, que as áreas potenciais para o cultivo da palma de óleo apresentam história de uso próximo há um século, e estão localizadas no arco do desmatamento, onde o nível de fragmentação e o processo de regeneração é intenso.

A integração entre a política de desenvolvimento e as estratégias das empresas e dos atores locais é fundamental para a busca de uma produção sustentável de óleo de palma. Em termos de sustentabilidade ambiental, preocupa o fato de florestas estarem ainda sendo substituídas pelo dendezeiro e a existência de trajetórias de usos da terra que levem à fragmentação da paisagem e à perda significativa de biodiversidade, embora haja na paisagem alto estoque de carbono na biomassa aérea. Da mesma forma do que aconteceu na Ásia, os produtores de dendê na Amazônia oriental destruíram áreas de floresta para acomodar o crescimento da plantação e se utilizaram de técnicas de cultivo, como monocultura, que trouxeram impactos ambientais, como os aqui relatados. Sabe-se que o dendezeiro adapta-se a áreas degradadas e apresenta alta produtividade nas condições amazônicas. Porém, um ambiente de alta diversidade biológica como a Amazônia, não pode suportar monoculturas em larga escala, pois é justamente a diversidade florística que assegura a resiliência de suas florestas e garante uma “paisagem sustentável”.

5.5 CONCLUSÕES

As florestas primárias inseridas na paisagem fortemente antropizada da região de Moju detém muitas espécies de árvores e sua riqueza é similar a outras regiões da Amazônia. No entanto, usos da terra que destroem a floresta para formar monoculturas de larga escala, como pastagens e plantações de dendezeiro, levam ao empobrecimento de árvores na

paisagem e à riqueza de espécies arbóreas é mais fortemente afetada quanto mais distante estiver da borda de uma floresta, que é fonte principal de propágulos de sementes.

Das oitenta espécies de floresta primária que ocorreram nos outros usos da terra analisados neste estudo, a floresta secundária (97%) apresentou o maior potencial em número de espécies e a palma de óleo (3%) a menor, enquanto com relação ao carbono, os valores foram semelhantes em ambos usos da terra (cerca de 50 t/ha). O interessante é que foram analisadas quatro parcelas de floresta secundária com idade de 5 a 20 anos e sete parcelas de palma de óleo na idade de 12 a 24. Como o limiar de produção de um dendezeiro gira em torno de 25 a 30 anos, provavelmente após essa idade, os plantios serão derrubados para novas plantações, neste caso, zera-se a participação do cultivo de dendezeiro quanto ao estoque de carbono. Por sua vez, uma floresta secundária em estágio avançado de sucessão, se permanecer na paisagem poderá alcançar até 70 t/ha aos 70 anos de idade e ter um papel importante no estoque de carbono. Esses resultados explicam o quanto uma floresta em regeneração é importante para a recuperação ecológica da paisagem.

Este estudo comprova que a conservação da diversidade de árvores na paisagem é incompatível com usos da terra que destroem o dossel de florestas. Assim, este estudo demonstra que o dendezeiro tem baixo valor de conservação da biodiversidade e que políticas que buscam o valor sustentável do dendezeiro tem que levar em consideração o papel das florestas primárias que estão localizadas em propriedades particulares, mantidas, por obrigação de lei, em reservas legais e áreas de preservação permanente. Devem considerar ainda, as potencialidades e fragilidades da paisagem, como também os diversos interesses conflituosos dos atores sociais, instituições e empresas, quanto à expansão no cultivo da palma de óleo, objetivando o monitoramento das florestas primárias e o manejo das florestas secundárias, de forma a permitir a conservação da biodiversidade nos ambientes ameaçados pela expansão do monocultivo em grande escala.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do INCT/ Biodiversidade e Uso da Terra na Amazônia (processo CNPQ no 574008/2008-0) pelo financiamento para a realização dos trabalhos e ao Programa de pós-graduação de Ciências Ambientais da Universidade Federal do Pará, pela oportunidade de realização do Doutorado da primeira autora. Ao Carlos Alberto Silva, Nelson Rosa, Carlos Alberto Silva Junior, Rodolfo Rayol, pelo apoio na identificação botânica. As

empresas Agropalma, Biopalma, Belém Bioenergia e aos técnicos, pelo apoio logístico e em trabalho de campo dispensado à equipe do Museu Paraense Emílio Goeldi.

LITERATURA CITADA

- ADAMS, J. B. 1995. Classification of multispectral images based on fractions of endmembers: Application to land-coverchange in the Brazilian Amazon. *Remote Sensing of Environment*, v. 52, n. 2, p. 137-154.
- ALENCAR, A., L. SOLORZANO, e D. NEPSTAD. 2004. Modeling forest understory fires in an eastern Amazonian landscape. *Ecological Applications*. 14: 139-149.
- ALMEIDA, A. S. de, I. C. G. VIEIRA. M. N. R. BARROS e D. P. N. ROCHA. 2014a. Áreas de endemismo Belém e Xingu: configuração e espacialização do uso da terra e da cobertura vegetal. In: EMILIO, T.; LUIZÃO, F. (Org.). *Cenários para a Amazônia: Clima Biodiversidade e Uso da Terra*. Editora INPA, Manaus, AM: 57-66.
- ALMEIDA, A. S. de. e I. C. G. VIEIRA. 2014b. Conflitos no uso da terra em Áreas de Preservação Permanente em um polo de produção de biodiesel no Estado do Pará. *Rev. Ambient.Água*, vol. 9 n. 3 Taubaté – Sep.
- APG III. Angiosperm Phylogeny Group. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, vol. 141, p. 399-436
- BARLOW, J., L. PARRY, T. A. GARDNER, J. FERREIRA, L. E. O. C. ARAGÃO, R. CARMENITA, E. BERENQUER, I. C. G. VIEIRA, C. SOUZA, e M. A. COCHRANE. 2012. The critical importance of considering fire in REDD+ programs. *Biological Conservation*, 154: 1-8.
- BERENQUER, E., J. FERREIRA, T. A. GARDNER, L. E. O. C. ARAGÃO, P. B. de. CAMARGO, C. E. CERRI. e et al. 2014. A large-scale field assessment of carbon stocks in human-modified tropical forests. *Global Change Biology*.
- BROADBENT, E., G. ASNER, M. KELLER, D. KNAPP, P. OLIVEIRA, e J. SILVA. 2008. Forest fragmentation and edge effects from deforestation and selective logging in the Brazilian Amazon. *Biological Conservation*. 141: 1745-1757.
- BUTLER, R. A. 2011. In Brazil, Palm Oil Plantations Could Help Preserve Amazon. *Yale Environment*, v. 360.
- BUTLER, R. A., e F. W. LAURENCE. 2009. Is oil palm the next threat to the Amazon? *Tropical Conservation Science*. V. 2 (1): 1-10.
- CARDOSO, A. S., P. M. TOLEDO e I. C. G. VIEIRA. 2014. Dimensão Institucional da Sustentabilidade e Gestão Ambiental no município de Moju, Pará: uma aplicação do Barômetro da Sustentabilidade. *Sustentabilidade em Debate*. 2:203-222.
- CARLOTTO, M. J., 1999. Reducing the effects of space-varying wavelength-dependent scattering in ultispectral imagery. *International Journal of Remote Sensing*, v. 20, n. 17, p. 3333-3344.
- CARVALHO, C. M. de., S. SILVEIRA, E. L. L. ROVERE, A. Y. IWAMA. 2015. Deforested and degraded land available for the expansion of palm oil for biodiesel in the state of Pará in the Brazilian Amazon. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, n. 44, p. 867–876.
- CHAVE, J., C. ANDALO, S. BROWN, M. A. CAIRNS, J. Q. CHAMBERS, D. EAMUS, e et al. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*. 145: 87-99.
- CLARKE, K. R., e R. N. GORLEY. 2006. *PRIMER Ver. 6. User Manual/Tutorial*, Plymouth, UK: PRIMER-E.

- CORLEY, R. H. V., and P. B. TINKER. 2003. The oil palm. Fourth edition. Blackwell Science, Oxford, UK.
- CUNHA, E. J. L. F. de ASSIS MONTAG. E L. JUAN. 2015. Oil palm crops effects on environmental integrity of Amazonian streams and Heteropteran (Hemiptera) species diversity. *Ecological Indicators*, 52, 422-429.
- EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-. 1995. A cultura do dendê. Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental. – Brasília: EMBRAPA-SPI, p. 68
- EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2009. Sistema brasileiro de classificação de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Brasil). Serviço de Produção de Informação. Brasília: EMBRAPA. 412.
- FREITAS, W. K. de. e MAGALHÃES, L. M. S. 2012. Métodos e Parâmetros para Estudo da Vegetação com Ênfase no Estrato Arbóreo. *Floresta e Ambiente*, v. 19, n. 4, p. 520-540.
- FILHO, D. C. 2012. Crescimento e estoque de carbono no dendezeiro híbrido interespecífico BRS Manicoré em função da idade no Nordeste Paraense Amazônia oriental. Tese (Doutorado Ciências Agrárias) – Universidade Rural da Amazônia Campus de Belém.
- GARDNER, T. A., J. FERREIRA, J. BARLOW, e et. al. 2013. A social and ecological assessment of tropical land uses at multiple scales: the Sustainable Amazon Network. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*.
- GLCF. Global Land Cover Facility, 2000. Landsat Geocover. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em: 12 maio 2015.
- HUDSON, W. D., e C. W. RAMM. 1987. Correct formulation of the kappa coefficient of agreement. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 4: 421-422.
- IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2010. Cidades @ 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>> Acesso em: 15 dezembro 2013.
- IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2012. Produção Agrícola Municipal. Brasília.
- IDESP-INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ. 2013. Estatística municipal do Moju. Disponível em: <<http://www.idesp.pa.gov.br/paginas/produtos/EstatisticaMunicipal/pdf/Moju.pdf>> Acesso em Out. 2013.
- INPE-PROJETO TerraClass. Mapeamento do uso e da cobertura da terra na Amazônia Legal brasileira; 2012. Available: http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/TerraClass.
- KOH, S. C., M. DEMIRBAG., E. BAYRAKTAR., E. TATOGLU., e S. ZAIM. 2007. The impact of supply chain management practices on performance of SMEs. *Industrial Management and Data Systems*. 1:103-124.
- KOH L. P., e D. S. WILCOVE. 2008. Is oil palm agriculture really destroying tropical biodiversity? *Conserv Lett*. 1: 60-64.
- LAMB, D., e D. GILMOUR. 2003. Rehabilitation and restoration of degraded forests: Issues in Forest Conservation. Switzerland. 122.
- LANDIS, J., KOCH, G.G., 1977. The measurements of agreement for categorical data. *Biometrics*, v.33, n.3, p.159-179.
- LEES, A. C., e I. C. G. VIEIRA. 2013. Oil-palm concerns in Brazilian Amazon. *Nature*. 497: 188.
- LEES, A. C., N. G. MOURA, A. S. de ALMEIDA, e I. C. G. VIEIRA. 2015. Poor Prospects for Avian Biodiversity in Amazonian Oil Palm. *PLOS ONE*. 10:5.

- MELO, F. P. L., R. V. ARROYO, L. FAHRIG, M. MARTINEZ R., e M. TABARELLI. 2013. On the hope for biodiversity-friendly tropical landscapes. *Trends in Ecology & Evolution*. 28: 462-468.
- MOBOT- Missouri Botanical Garden. 2014. Tropicos, botanical information system at the Missouri Botanical Garden. Missouri Bot. Gard. Disponível em: <<http://www.tropicos.org/>>. Acesso em: 20 outubro 2014.
- MORO, M. F., E F. R. MARTINS. 2011. Métodos de levantamento do componente arbóreo-arbustivo. In: J. M. FELFILL, P. V. EISENLOHR, M. M. DA R. F. DE MELO, L. A. DE ANDRADE, AND J. A. A. MEIRA NETO, eds. *Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso volume I*. Viçosa: UFV, 174-212.
- NAHUM, J. S., e A. T. C. MALCHER. 2012. Dinâmicas territoriais do espaço agrário na Amazônia: a palma de óleo na microrregião de Tomé-Açu (PA). *Revista Confins*. Disponível em: <http://confins.revues.org/7793>. Acesso em Jan. 2013.
- NELSON B.W., R. MESQUITA, J. L. G. PEREIRA, S. G. A. SOUZA, G. T. BATISTA, e L. B. COUTO. 1999. Allometric regressions for improved estimate of secondary forest biomass in the central Amazon. *Forest Ecology and Management*. 117: 149-167.
- PROJETO BIODIESEL. 2007. Viabilidade de Extração Óleo de dendê no Estado do Pará. Viçosa: UFV/MDA.
- SALOMÃO, R. de P., D. C NEPSTAD, I. C. G. VIEIRA. 1998. Biomassa e estoque de carbono de florestas tropicais primária e secundária. *Floresta Amazônica: dinâmica, regeneração e manejo*. Manaus: INPA, p. 99-119.
- SCHILLING, A. C., e J. L. F. BATISTA. 2008. Curva de acumulação de espécies e suficiência amostral em florestas tropicais. *Revista Brasil. Bot.*, v.31, n.1, p.179-187.
- SIMAS, J. P.; PENTEADO C. L. C. Potencialidades do Dendê para Produção de Biodiesel, na Região Amazônica. VI Encontro Nacional da ANPPAS. Belém, Pará, Brasil. 2012.
- SOUZA Jr., C. M., 2005 Mapping and spatiotemporal characterization of degraded forests in the brazilian amazon through remote sensing. Tese (Ph. D. em Geografia) – University of California, Santa Barbara. 159 p.
- SOUZA Jr, C. M., SIQUEIRA, J. V. N., 2013. ImgTools: a software for optical remotely sensed data analysi. *Anais... XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, INPE.
- USGS, 2013. Landsat Project Description. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/about_project_descriptions.php>. Acesso em: 12 julho 2014.
- VENTURIERI, A. 2011. Evolução da área plantada com palma de óleo no Brasil, com ênfase no estado do Pará. *Agroenergia em Revista*, Brasília, DF. 2: 18.
- VIEIRA, I. C. G. 1996. Forest succession after shifting cultivation in Eastern Amazonia. Tese de Doutorado, Universidade de Stirling, Scotland. 215p.
- VIEIRA I. C. G., R. SALOMÃO, N. ROSA, D. C. NEPSTAD, E J. ROMA. 1996. O renascimento da floresta no rastro da agricultura. *Ciência Hoje*. 119: 38-44.
- VILLELA, A. A. 2014. Expansão da Palma na Amazônia Oriental para fins Energéticos. Tese (doutorado) - UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, Rio de Janeiro.
- ZANNE, A.E., G. LOPEZ-GONZALEZ, D. A. COOMES, J. ILIC, S. JANSEN, S. L. LEWIS, R. B. MILLER, N. G. SWENSON, M. C. WIEMANN, e J. CHAVE. 2009. Global wood density database. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>. Acesso em: 04 de out. 2014.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho interdisciplinar envolvendo: ecologia, geografia e geoprocessamento, alcançou o objetivo proposto que foi o de fornecer informações sobre os conflitos, mudanças e trajetórias de usos da terra e avaliar os efeitos da cobertura vegetal e uso da terra na biodiversidade arbórea, na paisagem da região de Moju, que está inserida no polo de produção de biocombustíveis do Pará. O município de Moju vem passando por transformações na paisagem e a agropecuária é o uso predominante da terra. As florestas primárias de terra firme ocupam mais de 50% do município, mas já ocorrem florestas secundárias em quase 10% da área municipal. A expansão da palma de óleo na região analisada aumentou 11% nos últimos 22 anos.

Uma das contribuições desse estudo foi demonstrar a situação ambiental das Áreas de Preservação Permanente-APPs de Moju, que representam 5,21% da área total do município, de acordo com os critérios estabelecidos no Código Florestal vigente. Ficou evidenciado conflito no uso da terra, com relação à legislação ambiental em quase 30% das APPs, que são ocupadas principalmente por pastagens e florestas secundárias. O cultivo do dendê ocupou apenas uma fração pequena das APPs do município. De forma inovadora, foi feita uma análise para 50% das propriedades com Cadastro Ambiental Rural e observou-se que grande parte das APPs se encontra em situação irregular, ocupada com diferentes usos da terra, principalmente pastagens, e muitas dessas áreas de APP não sofrerão recomposição de acordo com o Código vigente, deixando um considerável passivo ambiental no município. Essas informações podem ser usadas pelos órgãos de gestão ambiental para desenvolver projetos de adequação, recomposição e preservação de APPs. Sabemos que há inúmeras dificuldades operacionais na estruturação da gestão ambiental municipal e somente com medidas de controle, um programa sério de restauração ecológica e maior governança ambiental pode-se conseguir recuperar pelo menos parte do passivo ambiental existente nas APPs do município. Abre-se uma janela de oportunidades nesta direção, com o Plano Nacional de recuperação da Vegetação Natural-PLANAVEG, em processo de construção no Ministério do Meio ambiente.

A análise sobre as trajetórias e estrutura da paisagem usou técnicas avançadas em ecologia da paisagem, com metodologia desenvolvida pelo Dr. Silvio Ferraz, da Escola de Agronomia Luiz de Queiroz - ESALQ-USP. Nossos estudos nesta linha, em um período de 22 anos de ocupação da região estudada, comprovam perda acentuada de floresta primária (quase 50%). A palma de óleo foi um fator de mudanças, que juntamente com as florestas

degradadas, aumentaram aproximadamente 23% das ocorrências na paisagem. A taxa média de transição de vegetação natural para a palma de óleo foi de 20% em 22 anos e o índice de fragmentação aumentou consideravelmente. Assim, percebe-se a intensidade da conversão da vegetação natural para outros usos da terra, deixando a região bastante fragmentada. As consequências dessa alta taxa de conversão florestal e fragmentação podem ser observadas na perda de biodiversidade, também analisada neste trabalho.

O efeito das mudanças da cobertura e dos usos da terra na biodiversidade arbórea e no estoque de carbono teve como base o inventário florestal, no qual foi possível visualizar a superioridade da floresta primária tanto em riqueza de espécies (387) quanto no estoque de carbono (superior a 80 t/ha), assim como, pode-se comprovar resultados semelhantes de estoque de carbono para floresta secundária e para palma de óleo, mas este último apresentou riqueza de espécie inferior à floresta secundária e a pastagem. Das 387 espécies de floresta primárias, 80 foram encontradas nos usos da terra, destas 97% estão em florestas secundárias, o que mostra a importância da regeneração natural para a constituição da paisagem, tornando possível a recuperação dos ambientes que sofreram alguma intervenção, assim, favorecendo as condições ambientais para a diminuição da perda diversidade biológica.

Há poucos estudos quantitativos que exploram o impacto de plantações de palma de óleo na biota amazônica. No âmbito do INCT, houve o primeiro trabalho analisando a perda de biodiversidade de aves em plantações de palma de óleo na Amazônia (Lees et al., 2015), cujos resultados confirmam a preocupação com o impacto dessa cultura na biodiversidade, assim como ocorre na Ásia. Os resultados do nosso estudo, da mesma forma, mostraram que nas plantações de palma de óleo, as comunidades de plantas arbóreas são mais pobres e com uma composição de espécies inferior a pastagem e não oferecem habitat para árvores da floresta primária, incluindo espécies raras e de interesse para conservação. Esses resultados são comuns quando se converte floresta em extensas áreas de monocultura, pois se usa corte raso para formar áreas agrícolas. Assim, por causa do baixo valor de conservação da palma de óleo, as políticas que buscam o valor sustentável dessa cultura tem que levar em consideração o papel das florestas primárias que estão localizadas em propriedades particulares, que têm por obrigação de lei, manter florestas em reservas legais e em áreas de preservação permanente.

A questão fundamental relativa ao Programa Sustentável de Produção de Óleo de Palma (PSOP) é a de verificar, em nível de um território e ou uma comunidade, a existência de uma integração entre esta política setorial de desenvolvimento e as estratégias das empresas e dos

atores locais. Embora este trabalho não tenha avaliado isso, pode-se dizer que em termos de sustentabilidade ambiental, preocupa o fato de que ainda há florestas primárias sendo convertidas para palma de óleo, mesmo que indiretamente, assim como a existência de trajetórias de usos da terra que levam à perda significativa de biodiversidade, embora haja na paisagem alto estoque de carbono na biomassa aérea.

A dimensão ambiental aqui considerada é importante na discussão da sustentabilidade, na medida em que avalia como a expansão da palma de óleo na região afeta a produção de outras culturas e o uso e aproveitamento do solo, considerando a mudança que esta cultura criou na região estudada. Assim, da mesma forma como aconteceu na Ásia, os produtores de óleo de dendê na Amazônia Oriental destruíram áreas de floresta para acomodar o plantio da palma de óleo que trouxeram impactos ambientais, por se tratar de uma monocultura, como os aqui analisados. Sabe-se que a palma de óleo adapta-se a áreas degradadas e apresenta alta produtividade nas condições amazônicas. Porém, em um ambiente de alta diversidade biológica como a Amazônia não pode suportar monoculturas em larga escala, pois é justamente a diversidade florística que assegura a resiliência de suas florestas e garantem uma “paisagem sustentável”.

Há uma discussão hoje sobre o valor sustentável do óleo de palma, por seu potencial de melhoria de renda de agricultores, por sua grande capacidade para absorção de carbono como aqui demonstrado, sua capacidade para proteção do solo de áreas degradadas, dentre outros. O problema está em definir claramente o que é uma área degradada nas condições amazônicas. Neste sentido, o papel da Mesa Redonda sobre Óleo de Palma Sustentável (RSPO) na implementação de sistemas sustentáveis de palma de óleo na Amazônia é fundamental. Uma das medidas sugeridas pela RSPO é a manutenção de corredores de florestas primárias e de se manter pequenas reservas florestais no interior das zonas de plantios. Como aqui demonstrado, está claro que as florestas remanescentes em que as empresas de dendê são legalmente obrigadas a proteger, são importantes para a manutenção da flora arbórea na paisagem e estas têm um papel fundamental na conservação e restauração de florestas, ao lado de agricultores familiares e fazendeiros. Resta saber se as empresas adotarão os princípios do RSPO em busca do valor sustentável da palma de óleo.

Ações sustentáveis e decisões plausíveis tornam-se necessárias para produzir, mas também conservar e restaurar ecossistemas nativos e corredores ecológicos destinados a dar condições ambientais à manutenção da riqueza de espécies (animais e vegetais), que se

encontra em uma região onde o nível de degradação é superior ao limiar crítico estabelecido para as funções e estrutura de um ecossistema.

Políticas públicas para a região onde a palma de óleo está presente devem ser projetadas mediante o conhecimento prévio sobre a dinâmica da paisagem. Sabe-se que a EMBRAPA já mapeou as áreas aptas ao plantio do dendezeiro, mas somente esse resultado não é suficiente para resguardar áreas importantes para os serviços ambientais da região. Outras medidas deverão embasar projetos de implantação da palma de óleo como: diagnósticos socioambientais, econômicos, e o efeito que essa monocultura de grande proporção poderá causar no ambiente. Esses conhecimentos embasam ações sustentáveis, visto que as áreas aptas para o plantio são desmatadas e degradadas, localizadas ao longo do arco do desmatamento, onde grande proporção de florestas já foram convertidas e usos da terra, e isso é motivo suficiente para que as ações sejam cautelosas, devido o alto índice de remanescentes florestais existente na região, assim como extensas áreas de regeneração natural, a qual possui um grande valor ambiental para restabelecer as funções ecológicas dos ecossistemas naturais.

REFERÊNCIAS

- ADAMI, M.; GOMES, A. R.; COUTINHO, A. C., ESQUERDO, J. C. D. M.; VENTURIERI, A. Dinâmica do uso e cobertura da terra no estado do Pará entre os anos de 2008 a 2012. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa-PB. **Anais...** João Pessoa: INPE, 2015.
- ADAMS, J. B. Classification of multispectral images based on fractions of endmembers: Application to land-coverchange in the Brazilian Amazon. **Remote Sensing of Environment**, v. 52, n. 2, p. 137-154, 1995.
- ALENCAR, A., L.; SOLORZANO; NEPSTAD, D. Modeling forest understory fires in an eastern Amazonian landscape. **Ecological Applications**, v. 14, p. 139-149, 2004.
- ALMEIDA, A. S. de.; VIEIRA, I. C. G. Conflitos no uso da terra em Áreas de Preservação Permanente em um polo de produção de biodiesel no Estado do Pará. **Rev. Ambient. Água**, n. 3, sep. 2014.
- _____. Dinâmica da cobertura vegetal e uso da terra no município de São Francisco do Pará (Pará, Brasil) com o uso da técnica de sensoriamento remoto. **Bol. Mus. Par. Emílio Goeldi**, v. 3, n. 1, p. 81-92, 2008.
- _____. Padrões florísticos e estruturais de uma cronosequência de florestas no Município de São Francisco do Pará, Região Bragantina, Pará. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi**, v. 17, n. 1, p. 209-240, 2001.
- ALMEIDA, A. S.; VIEIRA, I. C. G.; BARROS, M. N. R.; ROCHA, D. P. N. Áreas de endemismo Belém e Xingu: configuração e espacialização do uso da terra e da cobertura vegetal. In: EMILIO, T.; LUIZÃO, F. (Org.). **Cenários para a Amazônia: Clima Biodiversidade e Uso da Terra**. Manaus: Ed. INPA, 2014a. p. 57-66.
- ALMEIDA, A. S. de.; VIEIRA, I. C. G.; SILVA, E. R. R.; JUNIOR, J. S. B. Análise da cobertura vegetal e uso da terra em microrregiões no município de Moju-PA. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 11., 2014, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF/UNICENTRO, 2014b.
- ALVES, D.S., MORTON, D.C., BATISTELLA, M., ROBERTS, D.A., SOUZA, C. Jr. **Taxas de Mudança e Padrões de Desmatamento e Uso da Terra na Amazônia Brasileira**. *Amazonia and Global Change*. 2009.
- ANDRÉN, H. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscape different proportion of suitable habitat: a review. **OIKOS**, v. 71, n. 3, p. 355-366, 1994.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP - APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 141, p. 399-436, 2009.

BANCO DA AMAZÔNIA. **A Experiência do Banco da Amazônia com Projetos Integrados de Dendê Familiar**. 2012. Disponível em: <http://www.basa.com.br/bancoamazonia2/includes/institucional/arquivos/biblioteca/contextoamazonico/contexto_amazonico_22.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2015.

BARLOW, J.; GARDNER, T. A.; ARAUJO, I. S.; ÁVILA-PIRES, T. C.; BONALDO, A. B.; COSTA, J. E.; PERES, C. A. Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 47, p. 18555-18560, 2007.

BARLOW, J., L. PARRY, T. A. GARDNER, J. FERREIRA, L. E. O. C. ARAGÃO, R. CARMENTA, E. BERENGUER, I. C. G. VIEIRA, C. SOUZA, e M. A. COCHRANE. The critical importance of considering fire in REDD+ programs. **Biological Conservation**, v. 154, p. 1-8, 2012.

BECKER, B. K. **Amazônia: geopolítica na virada do III milênio**. Rio de Janeiro: Garamond, 2007. p. 23-25.

BECKER, B. K. Geopolítica da Amazônia. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 19, n. 53, jan./abr. 2005.

BERENGUER, E., J. FERREIRA, T. A. GARDNER, L. E. O. C. ARAGÃO, P. B. de. CAMARGO, C. E. CERRI. et al. **A large-scale field assessment of carbon stocks in human-modified tropical forests**. *Global Change Biology*. 2014.

BERTONE, M.V. A importância do Programa de Produção Sustentável de Palma de Óleo: produtividade e sustentabilidade. **Agroenergia em Revista**, Brasília, v. 2, n. 2, 2011.

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é – o que não é**. Petrópolis: Editora Vozes, 2012.

BRASIL. **Zoneamento Agroecológico do Dendezeiro para as Áreas Desmatadas da Amazônia Legal**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm): 3ª fase (2012-2015) pelo uso sustentável e conservação da Floresta**. Brasília, 2013. p. 174.

_____. **Portarias nº 28/2008, nº 102/2009, nº 175/2011 e nº 323/2012. Municípios paraenses incluídos na lista dos que mais desmatam a Amazônia**. 2013. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/florestas/controle-e-prevencao-do-desmatamento/plano-de-acao-para-amazonia-ppcdam/lista-de-municipios-prioritarios-da-mazonia>>. Acesso em: 04 set. 2015.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 5.298**. 2004. Disponível em: <<http://www.presidencia.gov.br>>. Acesso em: 01 set. 2014.

BROADBENT, E., G. ASNER, M. KELLER, D. KNAPP, P. OLIVEIRA, e J. SILVA. Forest fragmentation and edge effects from deforestation and selective logging in the Brazilian Amazon. **Biological Conservation**. v. 141, p. 1745-1757, 2008.

BUCK, O.; NIYOGI D. K.; TOWNSEND, C. R. Scale-dependence of land use effects on water quality of streams in agricultural catchments. **Environmental Pollution**, Braking, v. 130, p. 287-299, 2004.

BUTLER, R., 2011. In Brazil, Palm Oil Plantations Could Help Preserve Amazon. Disponível em: <<http://e360.yale.edu/content/feature.msp?id=2415>>. Acesso em: 07 nov. 2011.

BUTLER R.A., LAURENCE W. F. Is oil palm the next threat to the Amazon? **Tropical Conservation Science**, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2009.

C. FILHO, D. **Crescimento e estoque de carbono no dendeizeiro híbrido interespecífico BRS Manicoré em função da idade no Nordeste Paraense Amazônia oriental**. Tese (Doutorado Ciências Agrárias) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2012.

CAPOBIANCO, J. P. R.; VERÍSSIMO, A.; MOREIRA, A.; SAWYER, D.; SANTOS, I. dos.; PINTO, L. P. **Biodiversidade na Amazônia brasileira. Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios**. Instituto Socioambiental; Estação Liberdade. 2001.

CARDOSO, A.C.D., MANESCHY, M.C., MATLABA, V.J. Produção de óleo de palma no nordeste do Estado do Pará, Brasil: desafios e subsídios para o desenvolvimento sustentável. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 22, n. 1, 2014.

CARDOSO, A.S., DE TOLEDO, P.M., VIEIRA, I.C.G. Dimensão Institucional da Sustentabilidade e Gestão Ambiental no município de Moju, Pará: uma aplicação do Barômetro da Sustentabilidade. **Sustentabilidade em Debate**, v. 5, n. 2, p. 203-22, 2014.

CARLOTTO, M.J. Reducing the effects of space-varying wavelength-dependent scattering in multispectral imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 20, n. 17, p. 3333-3344, 1999.

CARLSON K.M., CURRAN L.M., ASNER G.P., McDONALD PITTMAN A., TRIGG S. N., ADENEY J. M. Carbon emissions from forest conversion by Kalimantan oil palm plantations. **Nature Climate Change**, 2012. <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate1702>

CARVALHO, C.M.DE., SILVEIRA, S., ROVERE, E.L.L., IWAMA, A.Y. Deforested and degraded land available for the expansion of palm oil for biodiesel in the state of Pará. **Brazilian Amazon. Renewable and Sustainable Energy Reviews**, n. 44, p. 867–876, 2015.

CATTANI, C. E. V.; MERCANTE, E.; SOUZA, C. H. W. de.; WRUBLACK, S. C. Desempenho de algoritmos de classificação supervisionada para imagens dos satélites RapidEye. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2013.

CAVALCANTI, L. de S. **Geografia, Escola e Construção de Conhecimentos**. 5. ed. São Paulo: Papirus Editora, 2003.

CHAVE, J., C. ANDALO, S. BROWN, M. A. CAIRNS, J. Q. CHAMBERS, D. EAMUS, e et al. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia**. v. 145, p. 87-99, 2005.

CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N. **PRIMER Ver. 6. User Manual/Tutorial**. Plymouth, UK: PRIMER-E, 2006.

COPPIN, P., JONCKHEERE, I., NACKAERTS, K., MUYS, B., LAMBIN, E. Digital Change Detection Methods in Ecosystem Monitoring: a review. **International Journal of Remote Sensing**, v. 9, p. 1565-1596, 2004.

CORLEY, R. H. V.; TINKER, P. B. **The oil palm**. 4. ed. Oxford, UK: Blackwell Science, 2003.

COSTA, W. M. D. Communities arrangements, productive systems, scientific and technological inputs for land use and forest resources in Amazon. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 5, n. 1, p. 41-57. 2010.

COUTO, A. C. de O.; SOUSA, R. B. de.; MACEDO, C. O. A fronteira do dendê na Amazônia: o caso do Nordeste Paraense. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA, 21., 2012, Uberlândia. Universidade Federal de Uberlândia, 2012.

CUNHA, E. J. L. F. de ASSIS MONTAG. E L. J. OIL PALM CROPS EFFECTS ON ENVIRONMENTAL INTEGRITY OF AMAZONIAN STREAMS AND HETEROPTERAN (HEMIPTERA) SPECIES DIVERSITY. **Ecological Indicators**, v. 52, p. 422-429, 2015.

DA SILVA, F. L., PENA, H. W. A., DE ASSIS OLIVEIRA, F. A dinâmica da ocupação da Amazônia brasileira: do interesse político e econômico aos conflitos socioambientais. **Revista Caribeña de Ciencias Sociales**, 2015.

DANIELSON, U. Fragment library screening and lead characterization using SPR biosensors. **Current Topics in Medicinal Chemistry**, v. 9, p. 1725-1735, 2009.

DAVIDSON, E.; ARAÚJO, A. C. de.; ARTAXO, P.; BALCH, J. K.; BROWN, I. F.; BUSTAMANTE, M. M. C.; COE, M. T.; DEFRIES, R. S.; KELLER, M.; LONGO, M.; MUNGER, J. W.; SCHROEDER, W.; SOARES-FILHO, B. S.; SOUZA, C. M.; WOFSEY, S. C. The Amazon basin in transition. **Nature**, v. 481, p. 321–328, 2012.

DAVIDSON, E. A.; ARTAXO NETO, P. Globally significant changes in biological processes of the Amazon Basin: results of the Large-scale Biosphere–Atmosphere Experiment. **Global Change Biology**, v.10, p.519–529, 2004.

DROUVOT, C.M., DROUVOT, H. O Programa de Produção Sustentável do Dendê na Amazônia: a mobilização dos grupos de interesse no reflorestamento das áreas degradadas. In: CONGRESSO DO INSTITUTO FRANCO-BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS, 6., 2011, Franca, SP.

EMBRAPA. **A cultura do dendê**. Brasília: EMBRAPA, 1995. 68p.

_____. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Brasil). Serviço de Produção de Informação, 2009. 412.

ESRI. **Arcgis 9**: what is ArcGIS 9.3. 2008. p.122.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 34, p. 487-517, 2003.

FAIRHURST, T., MCLEISH, M. PRASODJO, R. **Conditions Required by the Private Sector for Oil Palm Expansion on Degraded Land in Indonésia. Prince's Rainforest Project**. London, 2010. Disponível em: <<http://www.tropcropconsult.com/downloads/files/Fairhurst2010a.pdf>> Acesso em: 29 maio 2015.

FAO, 2010. **Global Forest Resources Assessment 2010: Main Report** (Food and Agric Org of the UN, Rome, Italy).

FEARNSIDE, P.M. Biomass of Brazil's Amazonian forests: Reply to Brown and Lugo revisited. **Interciencia**, v. 18, n. 1, p. 5-7. 1993.

FEARNSIDE, P.M. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, rates and consequences. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 680-688. 2005.

FERRAZ, S.F.B., VETTORAZZI, C.A., THEOBALD, D.M., BALLESTER, M.R.V., 2005. Landscape dynamics of Amazonian deforestation between 1984 and 2002 in central Rondônia, Brazil: assessment and future scenarios. **Forest Ecology and Management**, v. 204, p. 67-83.

FERREIRA, A. E. de M.; PARRY, L. T. W.; BARLOW, B. J.; VIEIRA, I. C. G.; MORELO, T. F. Fomento florestal e sua função socioeconômica: estudo de caso no município de Almeirim (PA)-DOI: 10.5801/ncn.v17i1.1488. **Novos Cadernos NAEA**, v. 17, n. 1, p. 2014.

FERREIRA, D. A. de **O. Mundo rural e geografia. Geografia agrária do Brasil 1930-1990**. São Paulo: Ed. UNESP, 2002.

FERREIRA, L. V.; VENTICINQUE, E.; de ALMEIDA, S. S. O Desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 53, p. 1-10. 2005.

FREITAS, W. K. de. e MAGALHÃES, L. M. S. Métodos e Parâmetros para Estudo da Vegetação com Ênfase no Estrato Arbóreo. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 4, p. 520-540, 2012.

GALLO, F. Elementos da formação territorial brasileira: a federação nacional como evento geográfico. **Boletim Campineiro de Geografia**, v. 4, n. 1, 2014.

GARDNER, T. A. J.; BARLOW, R. L.; CHAZDON, R.; EWERS, C. A.; HARVEY, C. A.; PERES, N. S. S. Prospects for tropical forest biodiversity in a human-modified world. **Ecology Letters**, v. 12, n. 6, p. 561-582. 2009.

GARDNER, T. A., J. FERREIRA., J. BARLOW, E et. al. A social and ecological assessment of tropical land uses at multiple scales: the Sustainable Amazon Network. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**. Series B, Biological sciences. 2013.

GLASS, V. **Dendê na Amazônia: novos projetos, alerta permanente**. 2010. Disponível em: <<http://www.reporterbrasil.org.br/exibe.php?id=1752>>. Acesso em: 22 ago. 2014.

GLOBAL LAND COVER FACILITY - GLCF. **Landsat Geocover**. 2000. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 12 maio 2015.

GLOVATSKI, T.G.G., RAIHER, A.P. A oferta de matérias-primas (oleaginosas) do biodiesel no Brasil e seus determinantes: uma análise dos anos de 1991 a 2010. **Estudo & Debate**, Lajeado, v. 20, n. 2, p. 07-32, 2013.

GOMES, P. C. da C. O conceito de região e sua discussão. In: CASTRO, I. E.; GOMES, P. C. C.; CORRÊA, R. L. (Org.). **Geografia: conceitos e teorias**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 49 – 76.

GROVES C.R., JENSEN, D.B., VALUTIS, L.L., REDFORD, K.H., SHAFFER, M.L., SCOTT, J.M., BAUMGARTNER, J.V., HIGGINS, J.V., BECK, M.W., ANDERSON, M.G. Planning for biodiversity conservation: putting conservation science into practice. **BioScience**, v. 52, n. 6, p. 499-512, 2002.

HADLICH, G. M. Análise de relações entre declividade e uso do solo com auxílio do geoprocessamento, município de Sombrio, SC. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6., 2006.

HAESBAERT, R.; LIMONAD, E. O território em tempos de globalização. **Ciências Sociais Aplicadas**, v. 1, n. 2, (4), 2007.

HOMMA, A.K.O.; FURLAN JÚNIOR, J. Desenvolvimento da dendeicultura na Amazônia: cronologia. In: MULLER, A. A.; FURLAN JÚNIOR, J. (Ed.). **Agronegócio do dendê: uma alternativa social, econômica e ambiental para o desenvolvimento sustentável da Amazônia**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. p. 193-207.

HOMMA, A. K. O.; FURLAN JÚNIOR, J.; CARVALHO, R.; A.; FERREIRA A. Bases para uma política de desenvolvimento da cultura do dendê na Amazônia. In: VIEGAS, I. J. M; MULLER, A. A. (Org.). **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém: Embrapa Amazônia Ocidental. 2000. p. 11-30.

HOMMA, A. K. O; VIEIRA, I. C. G. Colóquio sobre dendezeiro: prioridades de pesquisas econômicas, sociais e ambientais na Amazônia. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v. 8, n. 15, p. 79-90, 2012.

HUDSON, W. D.; RAMM, C. W. Correct formulation of the kappa coefficient of agreement. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v.53, n.4, p.421-422, 1987.

IGAWA, T. K.; DIAS, F. G.; SOUSA, T. G. de. Análise da expansão da dendeicultura no município de Tailândia: Um estudo de caso dos anos de 1991 a 2006. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa-PB. **Anais...** João Pessoa-PB, Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Banco de Dados Agregados. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso: 15 out. 2015.

_____. 2010. **Cidades @ 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>> Acesso em: 15 dez. 2013.

_____. **Downloads, Geociências**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: dez. 2013.

_____. **Produção Agrícola Municipal**. Brasília, 2012.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ - IDESP. **Estatística municipal do Moju**. Disponível em: <<http://www.idesp.pa.gov.br/paginas/produtos/EstatisticaMunicipal/pdf/Moju.pdf>> Acesso em: 10 out. 2013.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ; IMAZON. **Programa Municípios Verdes: Diagnóstico da Gestão Ambiental dos Municípios Paraenses**. Belém, 2013. 53 p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>. Acesso em: 20 dez. 2013.

_____. **Mapeamento da degradação florestal na Amazônia Brasileira-DEGRAD**. 2013. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/degrad/>>. Acesso em: ago. 2015.

_____. **Projeto PRODES**. 2014. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>. Acesso em: 27 ago. 2015.

_____. **Projeto TerraClass. Mapeamento do uso e da cobertura da terra na Amazônia Legal brasileira**. 2012. Available: http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/TerraClass.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Projeto TerraClass** 2011. Disponível em: <www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2010.php>. Acesso em: 22 nov. 2014.

JENSEN, J.R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. New Jersey: Prentice Hall, 1996. p. 318.

KANASHIRO, M., DENICH, M.A., **A vegetação secundária como vegetação de pousio na paisagem agrícola da Amazônia oriental: função e possibilidades de manipulação em possibilidade de utilização e manejo adequado de áreas alteradas e abandonadas na Amazônia brasileira**. Sub-programa “Studies on Human Impact on Forests and Floodplain in the Tropics-SHIFT. [S.l.]: Convênio CNPq/IBAMA/DLR, 1998. p. 177.

KOH, S. C.;DEMIRBAG, M. E.; BAYRAKTAR., E.; TATOGLU., S. ZAIM. The impact of supply chainmanagement practices on performance of SMEs. **Industrial Management and Data Systems**. v. 1, p. 103-124, 2007.

KOH, L. P.; WILCOVE, D. S. Is oil palm agriculture really destroying tropical biodiversity? **Conserv Lett**. 1: 60-64, 2008.

LAMB, D.; D. GILMOUR. **Rehabilitation and restoration of degraded forests: Issues in Forest Conservation**. [S.l.]: Switzerland, 2003. p. 122.

LAMEIRA, W.J. DE M., VIEIRA, I.C.G., TOLEDO, P. Panorama da Sustentabilidade na Fronteira Agrícola de Bioenergia na Amazônia. **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, v. 6, n. 2, p. 193-210, 2015.

- LANDIS, J., KOCH, G. G. The measurements of agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.3, p.159-179. 1977.
- LEES, A. C.; MOURA, N. G., ALMEIDA, A. S., VIEIRA, I. C. G. Poor Prospects for Avian Biodiversity in Amazonian Oil Palm. **Plos One**, v. 10, p. 5, 2015.
- LEES, A. C.; VIEIRA, I. C. G. Oil-palm concerns in Brazilian Amazon. **Nature**, v. 497, p. 188, 2013.
- LINDENMAYER, D., et al., A checklist for ecological management of landscapes for conservation. **Ecology Letters**, v. 11, p. 78-91, 2008.
- LONGLEY, P. A; GOODCHILD, M. F; MAGUIRRE, D. J; RHIND, D. W; **Geographic Information Systems and Science**. New York: John Wiley & Sons, 2002.
- LUI, G. H.; MOLINA, S. M. G. Ocupação humana e transformação das paisagens na Amazônia brasileira. **Amazônica-Revista de Antropologia**, v. 1, n. 1, 2009.
- MACEDO, J. L. V. de.; ROCHA, A. C. P. N. da.; LIMA, S. M. V.; ROCHA, M. G. da.; LIMA, W. A. A. de. Sistema produtivo de dendê para a produção de biodiesel. In: CASTRO, A.M.G.; LIMA, S.M.V.; SILVA, J.F.V. **Complexo Agroindustrial de Biodiesel no Brasil: competitividade das cadeias produtivas de matérias-primas**. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2010. p. 323-374.
- MACHADO, L.O.R. Desflorestamento na Amazônia brasileira: ação coletiva, governança e governabilidade em área de fronteira. **Sociedade e Estado**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 115-147, 2009.
- MCGARIGAL, K. Landscape pattern metrics *apud* EL-SHAARAWI, A.H., PIEGORSCH, D.W.W. (Ed.). **Encyclopedia of environmentrics**. Sussex, England: John Wiley & Sons, 2002. v. 2, p. 1135-1142.
- MELO, F. P. L., R. V. ARROYO, L. FAHRIG, M. MARTINEZ R., M. TABARELLI. On the hope for biodiversity-friendly tropical landscapes. **Trends in Ecology & Evolution**. v. 28, p. 462-468, 2013.
- MISSOURI BOTANICAL GARDEN - MOBOT. 2014. Tropicos, botanical information system at the Missouri Botanical Garden. Missouri Bot. Gard. Disponível em: <<http://www.tropicos.org/>>. Acesso em: 20 out. 2014.
- MORO, M. F., MARTINS, E F. R.. Métodos de levantamento do componente arbóreo-arbustivo. In: FELFILI, J. M., EISENLOHR, P. V. MELO, M. M. DA R. F. ANDRADE, L. A., MEIRA NETO, J. A. A. (Ed.). **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso**. Viçosa: UFV, 2011. v. 1, p. 174-212.
- MOTEIRO, M.A. **A opção possível e desejável por um novo modelo de desenvolvimento. Desafios na Amazônia**: uma nova assistência técnica e extensão rural. Belém: UFPA/NAEA, 2006. p. 3-13.
- MUNIZ, R.S., TEIXEIRA, W.G., DE SOUSA BUENO FILHO, J.S., PÉREZ, D.V., BOARI, A., DE ABREUPINA, A.J. Dinâmica do potencial redox em condições de alagamento em

amostras de latossolo amarelo, textura média do nordeste paraense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia, MG.

NAHUM, J. S.; BASTOS, C. dos S. Dendeicultura e descampesinização na Amazônia paraense.Campo-Território. **Revista de Geografia Agrária**, v. 9, n. 17. p. 469-485. 2014.

NAHUM, J.S., MALCHER, A.T.C. Dinâmicas territoriais do espaço agrário na Amazônia: a dendeicultura na microrregião de Tomé-Açu (PA). **Revista Confins**, 2012. Disponível em: <<http://confins.revues.org/7793>>. Acesso em: 22 jan. 2013.

NAHUM, J. S.; SANTOS C. B. Impactos Socioambientais da Dendeicultura em Comunidades Tradicionais na Amazônia Paraense. **Acta Geográfica**. p.63-80, 2014.

_____. Uma interpretação geográfica da dendeicultura na Amazônia Paraense. **Revista da ANPEGE**, v. 11, n. 15, p. 309-331, 2015.

NELSON B.W., R. MESQUITA, J. L. G. PEREIRA, S. G. A. SOUZA, G. T. BATISTA, e L. B. COUTO. Allometric regressions for improved estimate of secondary forest biomass in the central Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 117, p. 149-167, 1999.

PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Sistema Integrado de Monitoramento e Licenciamento Ambiental – Módulo Público (SIMLAM Publico)**. 2012. Disponível em: <<http://monitoramento.sema.pa.gov.br/simlam/>>. Acesso em: 20 jun. 2013.

PARROTTA, J. A, WILDBURGER, C., MANSOURIAN, S. **Understanding relationships between biodiversity, carbon, forests and people: the key to achieving REDD + objectives**. Vienna: International Union of Forest Research Organizations (IUFRO), 2012. (A Global Assessment Report., v. 31).

PAULA, F. R.; FERRAZ, S. F. B.; GERHARD, P.; VETTORAZZI, C. A.; FERREIRA, A. Large woody debris input and its influence on channel structure in agricultural lands of Southeast Brazil. **Environmental Management**, Nova York, v. 48, p. 750-763, 2011.

PERES C.; GARDNER T.; BARLOW J.; ZUANON, J.; MICHALSKI, F.; LEES, A. C.; VIEIRA, I. C. G.; MOREIRA, F.M.S.; FILEY. K..J. Biodiversity conservation in human-modified Amazonian forest landscapes. **Biological Conservation**, v. 143, p. 2314-2327, 2010.

PROJETO BIODIESEL. **Viabilidade de Extração Óleo de dendê no Estado do Pará**. Viçosa: UFV/MDA, 2007.

RIVERO, S.; ALMEIDA, O.; ÁVILA, S.; OLIVEIRA, W. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v.19, n. 1, p. 41-66, jan./abr. 2009.

RODRIGUES, A. S., EWERS, R. M., PARRY, L., SOUZA, C., VERÍSSIMO, A., BALMFORD, A. Boom-and-bust development patterns across the Amazon deforestation frontier. **Science**, v. 324, n. 5933, p. 1435-1437, 2009.

RSPO, 2013. **Principles and criteria for the production of sustainable palm oil**. Disponível em: <<http://www.rspo.org/file/PnCRSPORev1.pdf>>. Acesso em: 2 jun. 2015.

SAITO, E. A.; ESCADA, M. I. S.; FONSECA, L. M. G.; KORTING, T. S. Análise de padrões de desmatamento e trajetória de padrões de ocupação humana na Amazônia usando técnicas de mineração de dados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. p. 2833.

SALOMÃO, R. de P., D. C NEPSTAD, I. C. G. VIEIRA. **Biomassa e estoque de carbono de florestas tropicais primária e secundária.** Floresta Amazônica: dinâmica, regeneração e manejo. Manaus: INPA, 1998. p. 99-119.

SANCHÉZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental.** [S.l.]: Oficina de Textos, 2015.

SANO, E.E., WATRIM, O.S., FUNAKI, R.S., MEDEIROS, J.S., DIAS, R.W.O. **Levantamento do Uso Atual da Terra através de Imagens do Landsat 5-TM na Microrregião de Tomé-Açu e Alguns Municípios das Microrregiões do Baixo Tocantins e Guajarina Pará.** Belém: Sudam-CHSRA/OEA, 1989. p. 67.

SANTOS, A. M. **Análise do Potencial do Biodiesel de Dendê para Geração Elétrica em Sistemas Isolados da Amazônia.** 2008. 224 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) - Programa de Pós-Grauação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço. Técnica e Tempo. Razão e Emoção.** São Paulo: Edusp, 2006.

SCHILLING, A. C., BATISTA, J. L. F. Curva de acumulação de espécies e suficiência amostral em florestas tropicais. **Revista Brasil. Bot.**, v.31, n.1, p.179-187, 2008.

SEMAS, 2014. Instrução Normativa nº 02 de 26 de fev. de 2014. Normas para a obtenção de autorização de supressão, a serem realizadas nas áreas de vegetação secundária em estágio inicial de regeneração, localizadas fora da Reserva Legal e da Área de Preservação Permanente – APP dos imóveis rurais. **Diário Oficial do Estado do Pará**, n. 32594, 28 de fev. de 2014, Caderno 5, p. 6-8.

SILVA, J. X. DA; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand, 2004.

SILVA K.G. **Avaliação da cobertura florestal da sub-bacia hidrográfica do rio Alegre, sul do Estado do Espírito Santo, utilizando geotecnologias.** 2012. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2012.

SILVA, L. DA.; HOMMA, O.; PENA, A. O cultivo do dendezeiro na Amazônia: promessa de um novo ciclo econômico na região. **Observatório da Economia Latino-Americana**, n. 158, 2011.

SIMAS, J. P.; PENTEADO C. L. C. Potencialidades do Dendê para Produção de Biodiesel, na Região Amazônica. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, 6.,2012, Belém.

SOARES FILHO, B. S.; RAJÃO, R.; MACEDO, M.; CARNEIRO, A.; COSTA, W. L. S.; COE, M.; RODRIGUES, H. O.; ALENCAR, A. Cracking Brazil's Forest Code. **Science**, Minas Gerais, v. 344, p. 363-364, 2014.

SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA; ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS. **O Código Florestal e a Ciência**: Contribuições para o Diálogo. São Paulo: SBPC, 2011.

SOUZA Jr., C. M. **Mapping and spatiotemporal characterization of degraded forests in the brazilian amazon through remote sensing**. Tese (Ph. D. em Geografia) - University of California, Santa Barbara, 2005. 159 p.

SOUZA Jr, C. M., SIQUEIRA, J. V. N., *ImgTools*: a software for optical remotely sensed data analysis. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR: SBSR, 2013.

THOMPSON, S.K., SEBER, G.A.F. **Adaptive sampling**. New York: John Wiley & Sons, 1996. 265p.

UCS. **Palm Oil and Global Warming**. 2013. Disponível em: <<http://www.ucsusa.org/sites/default/files/legacy/assets/documents/globalwarming/palm-oil-and-global-warming.pdf>>. Acesso em: 31 maio 2015.

USGS. **Landsat Project Description**. 2013. Disponível em: http://landsat.usgs.gov/about_project_descriptions.php>. Acesso em: 12 jul. 2014.

VANWEY, L. K.; SPERA S.; SA, R.; MAHR, D.; MUSTARD, J. F. Socioeconomic development and agricultural intensification in Mato Grosso. **Phil. Trans. R. Soc. B**. v. 368, 20120168, 2013.

VEIGA, J. E. da. Diretrizes para uma nova política agrária. In: BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Reforma Agrária e Desenvolvimento Sustentável. Brasília, 2000. p.19-35.

VENTURIERI, A. Evolução da área plantada com palma de óleo no Brasil, com ênfase no estado do Pará. **Agroenergia em Revista**, Brasília, DF, v. 2, p. 18, 2011a.

VENTURIERI, A. Zondendê x Amarelecimento Fatal: Mapeamento de áreas com potencial de expansão e de ocorrência de amarelecimento fatal em palma de óleo (dendê) na Amazônia Legal, com ênfase no Estado do Pará. **Agroenergia em Revista**, n. 2, 2011b.

VENTURIERI, A.; FIGEIREDO, R.; WATRIN, O. S.; MARKEWITZ, D. Utilização de imagens Landsat e CBERS na avaliação da mudança do uso e cobertura da terra e seus reflexos na qualidade da água em microbacia hidrográfica do município de Paragominas, Pará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2005. v. 1. p. 1127-1134.

VIEIRA, I. C. G. **Forest succession after shifting cultivation in Eastern Amazonia**. 1996. 215p. Tese (Doutorado) - Universidade de Stirling, Scotland, 1996.

VIEIRA, I.C.G.; ALMEIDA, A.S. de. DAVIDSON, E.A.; STONE, T.A.; CARVALHO, C.J.R.; GUERRERO, J.B. Classifying Successional Forests Using Landsat Spectral Properties and Ecological Characteristics in Eastern Amazônia. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, n.4, p. 470-481, 2003.

VIEIRA, I.C.G.; GARDNER, T. A. Florestas secundárias tropicais: ecologia e importância em paisagens antrópicas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, v. 7, 3. 2012.

VIEIRA, I. C.G.; GARDNER, T., FERREIRA, J., LEES, A., BARLOW, J. Challenges of Governing Second-Growth Forests: A Case Study from the Brazilian Amazonian State of Para. **Forests**, v. 5, p. 1737-1752. 2014.

VIEIRA I.C.G.; SALOMÃO, N. ROSA, D. C. NEPSTAD, E J. ROMA. O renascimento da floresta no rastro da agricultura. **Ciência Hoje**. v. 119, p. 38-44, 1996.

VIEIRA, I.C.G., SILVA, J.M.C.; TOLEDO, P.M. Estratégias para evitar a perda de biodiversidade na Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 54, p. 153-164. 2005.

VIEIRA, I.C.G.; TOLEDO, P. M. de; SILVA, J. M. C. da; HORÁCIO, H. Deforestation and threats to the biodiversity of Amazonia. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, p. 631- 637, 2008.

VILLELA, A. A. **Expansão da Palma na Amazônia oriental para fins Energéticos**. 2014. Thesis (DSc) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

WATRIN, O. S.; MACIEL, M. N. M.; THALES, M. C. Análise espaço-temporal do uso da terra em microbacias hidrográficas no município de Paragominas, Estado do Pará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007. p. 7019-7026.

WICKE, B. **Bioenergy production on degraded and marginal land**: assessing its potentials, economic performance, and environmental impacts for different settings and geographical scales. 2011. Thesis (PhD) - Faculty of Science, Copernicus Institute, Utrecht University, The Netherlands, 2011.

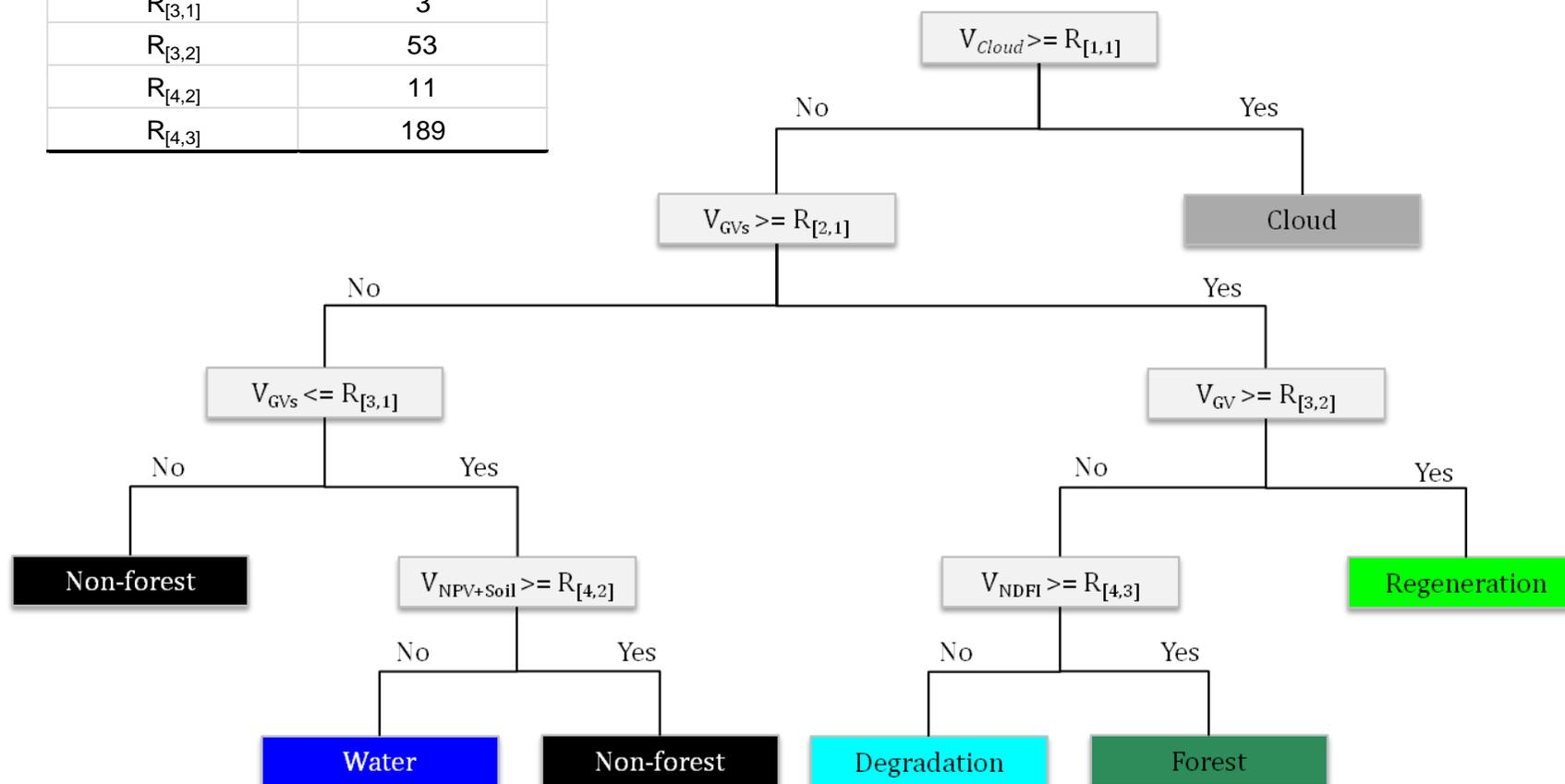
WICKE, B.; SIKKEMA, R.; DOMBURG, V.; FAAIJ, A. Exploring land use changes and the role of palm oil production in Indonesia and Malaysia. **Land Use Policy**, n. 28, p. 193-206, 2011.

ZANNE, A.E., G. LOPEZ-GONZALEZ, D. A. COOMES, J. ILIC, S. JANSEN, S. L. LEWIS, R. B. MILLER, N. G. SWENSON, M. C. WIEMANN, J. CHAVE. **Global wood density database**. 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>>. Acesso em: 04 out. 2014.

APÊNDICES

APÊNDICE A. ESQUEMA DA ÁRVORE DE DECISÃO USANDO TRABALHOS REALIZADOS NO RAS (SUSTAINABLE AMAZON NETWORK), NA REGIÃO DE MOJU, PARÁ.

Condição (Regra)	Valores (Medios)
$R_{[1,1]}$	12
$R_{[2,1]}$	89
$R_{[3,1]}$	3
$R_{[3,2]}$	53
$R_{[4,2]}$	11
$R_{[4,3]}$	189



APÊNDICE B. MUDANÇAS DA COBERTURA VEGETAL E USO DA TERRAPARA OS ANOS 1991, 1995, 2001, 2005, 2010 E 2013, NA REGIÃO DE MOJU, PARÁ.

CLASSES/ANOS	1991		1995		2001		2005		2010		2013	
	km ²	%										
Floresta Ombrófila (FP)	533.25	55.66	467.15	48.76	420.63	43.91	388.59	40.56	320.95	33.5	284.81	29.73
Floresta Degradada (FD)	45.08	4.71	38.01	3.97	36.44	3.8	62.88	6.56	28	2.92	129.55	13.52
Floresta Sessecional (FS)	136.23	14.22	152.57	15.93	98.4	10.27	91.37	9.54	130.03	13.57	129.01	13.47
Coco	35.69	3.73	35.56	3.71	36.64	3.83	42.36	4.42	45.01	4.7	45.43	4.74
Dendê (OP)	26.93	2.81	27.09	2.83	31.31	3.27	66.49	6.94	93.78	9.79	113.77	11.88
Campinarana (CA)	48.75	5.09	49.12	5.13	64.46	6.73	65.25	6.81	58.82	6.14	51.36	5.36
Agropecuária (AG)	128.02	13.36	182.77	19.08	263.15	27.47	237.21	24.76	278.7	29.09	192.72	20.12
Interferência (CL)	1.04	0.11	0	0	4.88	0.51	2.58	0.27	0.09	0.01	8.02	0.84
Água (WT)	3.02	0.32	5.74	0.6	2.1	0.22	1.29	0.13	2.63	0.27	3.56	0.37
	958.01	100	958.01	100	958.01	100	958.01	100	958.01	100	958.24	100.02

CLASSES/ANOS	1991		1995		2001		2005		2010		2013	
	km ²	%										
Floresta Ombrófila (FP)	714.64	75.12	641.64	67.44	410.72	43.17	383.16	40.27	320.5	33.69	156.09	16.41
Floresta Degradada (FD)	6.32	0.66	7.93	0.83	81.17	8.53	53.96	5.67	29.2	3.07	191.74	20.15
Floresta Sussecional (FS)	100.96	10.61	53.51	5.62	123.76	13.01	99.23	10.43	77.64	8.16	101.98	10.72
Dendê (OP)	0	0	23.14	2.43	101.2	10.64	121.59	12.78	121.11	12.73	167.82	17.64
Campinarana (CA)	8.03	0.84	7.33	0.77	14.68	1.54	11.82	1.24	11.2	1.18	8.61	0.91
Agropecuária (AG)	112.51	11.83	211.51	22.23	215.97	22.7	272.45	28.64	387.77	40.76	320.96	33.74
Interferência (CL)	7.01	0.74	0.38	0.04	0.22	0.02	6.01	0.63	0.03	0	0.81	0.09
Água (WT)	1.91	0.2	5.95	0.63	3.65	0.38	3.17	0.33	3.94	0.41	3.36	0.35

	951.38	100	951.38	100	951.38	100	951.38	100	951.38	100	951.38	100
--	--------	-----	--------	-----	--------	-----	--------	-----	--------	-----	--------	-----

CLASSES/ANOS	1990		1995		2001		2005		2010		2013	
	km ²	%										
Floresta Ombrófila (FP)	649.75	95.68	630.45	92.83	518.71	76.38	412.72	60.77	312.93	46.08	218.93	32.24
Floresta Degradada (FD)	0.51	0.08	3.87	0.57	25.73	3.79	53.77	7.92	30.05	4.42	119.43	17.59
Floresta Sessecional (FS)	10.18	1.5	7.69	1.13	43.92	6.47	40.48	5.96	27.22	4.01	69.08	10.17
Dendê (OP)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29.42	4.33
Campinarana (CA)	1.44	0.21	2.3	0.34	2.32	0.34	2.13	0.31	1.78	0.26	1.33	0.2
Agropecuária (AG)	15.12	2.23	32.21	4.74	85.97	12.66	167.09	24.6	304.66	44.86	211	31.07
Interferência (CL)	0.1	0.01	0	0	0	0	0.36	0.05	0.03	0	28.5	4.2
Água (WT)	2.03	0.3	2.59	0.38	2.47	0.36	2.56	0.38	2.44	0.36	1.4	0.21
	679.12	100	679.12	100	679.12	100	679.12	100	679.12	100	679.1	100

APENDICE C. LISTA DAS ESPÉCIES COMUNS ENTRE OS TIPOS DE USO DA TERRA.

Floresta Primária	Família	Floresta Secundária	Palma de óleo	Pastagem
<i>Abarema jupunba</i> (Willd.) Britton & Killip	Fabaceae	x		
<i>Ambelania acida</i> Aubl	Apocynaceae	x		
<i>Annona exsucca</i> DC.exDunal	Annonaceae	x		
<i>Apeiba burchellii</i> Sprague.	Malvaceae	x		
<i>Apeiba echinata</i> Gaertn.	Malvaceae	x		
<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	Malvaceae	x		
<i>Astrocaryum gynacanthum</i> Mart.	Arecaceae	x		
<i>Bagassa guianensis</i> Aubl.	Arecaceae	x		
<i>Batocarpus amazonicus</i> (Ducke) Fosberg.	Moraceae	x		
<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana	Moraceae	x		
<i>Brosimum acutifolium subsp. acutifolium</i> Huber	Melastomataceae	x		
<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	Moraceae	x		
<i>Byrsonima amazonica</i> Griseb.	Moraceae	x		
<i>Byrsonima Crispa</i> A.Juss.	Malpighiaceae	x		
<i>Cassia fastuosa</i> Willd. ex Benth.	Malpighiaceae	x		
<i>Cecropia distachya</i> Huber	Fabaceae	x	x	
<i>Cecropia obtusa</i> Trécul	Urticaceae	x	x	
<i>Cecropia palmata</i> Willd.	Urticaceae	x		x
<i>Connarus erianthus</i> Benth. ex Bake	Urticaceae	x		
<i>Cordia exaltata</i> Lam.	Connaraceae	x		
<i>Cordia scabrifolia</i> A.DC.	Boraginaceae	x		x
<i>Couepia bracteosa</i> Benth.	Boraginaceae	x		
<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	Chrysobalanaceae	x		
<i>Cupania scrobiculata</i> Rich.	Lecythidaceae	x		
<i>Diploptropis purpurea</i> (Rich.) Amshoff	Sapindaceae	x		
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	Fabaceae	x		
<i>Duguetia cadaverica</i> Huber	Fabaceae			x
<i>Eriotheca globosa</i> (Aubl.) A.Robyns	Annonaceae	x		
<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A.Mori	Malvaceae	x		
<i>Eschweilera grandiflora</i> (Aubl.) Sandwith	Lecythidaceae			x
<i>Eugenia patrisii</i> Vahl	Lecythidaceae	x		
<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Myrtaceae	x		
<i>Guapira venosa</i> (Choisy) Lundell	Goupiaceae	x		
<i>Guatteria poeppigiana</i> Mart.	Nyctaginaceae	x		x
<i>Guatteria schomburgkiana</i> Mart.	Annonaceae	x		x
<i>Himatanthus sukuuba</i> (Spruce) Woodson.	Fabaceae	x		
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Bignoniaceae	x		
<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd.	Apocynaceae	x		x
<i>Inga capitata</i> Desv.	Quiinaceae	x		

<i>Inga edulis</i> Mart.	Salicaceae	x		
<i>Inga heterophylla</i> Willd.	Lecythidaceae	x		
<i>Inga ingoides</i> (Rich.) Willd.	Achariaceae	x		
<i>Inga rubiginosa</i> (Rich.) DC.	Malvaceae	x		
<i>Inga thibaudiana</i> DC.	Fabaceae	x	x	x
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don	Moraceae	x		
<i>Lacmellea aculeata</i> (Ducke) Monach.	Sapindaceae	x		
<i>Lacunaria crenata</i> (Tul.) A.C.Sm.	Myrtaceae	x		x
<i>Laetia procera</i> (Poepp.) Eichler	Lauraceae	x		
<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori	Lauraceae	x		x
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	Lauraceae	x		
<i>Lindackeria paludosa</i> (Benth.) Gilg	Clusiaceae	x		
<i>Lueheopsis duckeana</i> Burret	Fabaceae	x		
<i>Macrobium angustifolium</i> (Benth.) R.S.Cowan	Sapotaceae	x		
<i>Maquira guianensis</i> Aubl.	Violaceae	x		
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	Euphorbiaceae	x		
<i>Myrcia bracteata</i> (Rich.) DC.	Araliaceae	x		
<i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC.	Simaroubaceae	x		
<i>Ocotea canaliculata</i> (Rich.) Mez	Simaroubaceae	x		
<i>Ocotea glomerata</i> (Nees) Mez	Siparunaceae	x		
<i>Ocotea guianensis</i> Aubl.	Fabaceae	x		
<i>Platonia insignis</i> Mart.	Fabaceae	x		
<i>Poecilanthe effusa</i> (Huber) Ducke	Fabaceae	x		
<i>Pouteria venosa</i> (Mart.) Baehni	Sapindaceae	x		
<i>Rinorea guianensis</i> Aubl.	Anacardiaceae	x		
<i>Sapium glandulatum</i> (L.) Morong	Malvaceae	x		
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyerm. & Frodin	Anacardiaceae	x		
<i>Simaba cedron</i> Planch.	Fabaceae	x		
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Hypericaceae	x		
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Annonaceae	x		
<i>Stryphnodendron guianense</i> (Aubl.) Benth.	Rutaceae	x		
<i>Swartzia brachyrachis</i> var. <i>brachyrachis</i> Harms	Fabaceae	x		
<i>Tachigali myrmecophila</i> (Ducke) Ducke	Fabaceae	x		
<i>Talisia longifolia</i> (Benth.) Radlk.	Apocynaceae	x		
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Annonaceae	x		x
<i>Theobroma speciosum</i> Willd. ex Spreng.	Malvaceae	x		
<i>Thyrsodium paraense</i> Huber	Malvaceae	x		
<i>Vatairea erythrocarpa</i> (Ducke) Ducke	Malvaceae	x		
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	Areaceae	x		x
<i>Xylopia nitida</i> Dunal	Areaceae	x		x
<i>Zanthoxylum ekmanii</i> (Urb.) Alain	Moraceae	x		