

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE ENGENHARIA FLORESTAL
Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais

**FRAGMENTAÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA DO BIOMA
AMAZÔNIA EM ÁREA DE FRONTEIRA AGRÍCOLA
CONSOLIDADA NO NORTE DE MATO GROSSO**

CUIABÁ-MT

2014

EDSON MARTINS DA SILVA

EDSON MARTINS DA SILVA

**FRAGMENTAÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA DO BIOMA AMAZÔNIA
EM ÁREA DE FRONTEIRA AGRÍCOLA CONSOLIDADA NO NORTE DE
MATO GROSSO.**

Orientador: Prof. Dr. Auberto José Barros Siqueira

**Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Ciências
Florestais e Ambientais da Faculdade de
Engenharia Florestal - Universidade
Federal de Mato Grosso, como parte das
exigências para obtenção do título de
Mestre em Ciências Florestais e
Ambientais.**

CUIABÁ-MT

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

M386f MARTINS DA SILVA, EDSON.
FRAGMENTAÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA DO BIOMA AMAZÔNIA
EM ÁREA DE FRONTEIRA AGRÍCOLA CONSOLIDADA NO NORTE DE
MATO GROSSO / EDSON MARTINS DA SILVA. -- 2014
xiv, 65 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: AUBERTO JOSE BARROS SIQUEIRA.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de
Engenharia Florestal, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e
Ambientais, Cuiabá, 2014.
Inclui bibliografia.

1. ecologia da paisagem. 2. fragmentação florestal. 3. bioma amazônia. 4.
métricas. 5. planejamento. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



FACULDADE DE ENGENHARIA FLORESTAL
Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: "Fragmentação da vegetação nativa do Bioma Amazônia em área de fronteira agrícola consolidada no norte de Mato Grosso".

Autor: Edson Martins da Silva

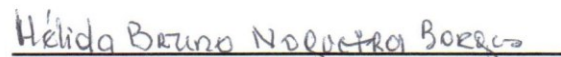
Orientador: Prof. Dr. Auberto José Barros Siqueira

Aprovado em 20 de fevereiro de 2014.

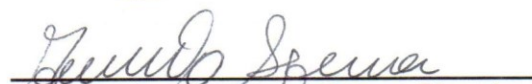
Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Reginaldo Brito da Costa
UFMT



Prof. Dr. Héli da Bruno Nogueira Borges
SEMA



Prof. Dr. Auberto José Barros Siqueira
UFMT (Orientador)

EPÍGRAFE

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”

Madre Teresa de Calcutá

Agradecimentos

A Universidade Federal do Mato Grosso, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais.

A Secretária de Estado de Planejamento e Coordenação Geral do estado de Mato Grosso (SEPLAN), Governo do Estado de Mato Grosso.

A Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA), Governo do Estado de Mato Grosso.

Ao prof. Dr. Auberto José Barros Siqueira pelo apoio científico, incentivo e confiança na realização desse trabalho.

Ao prof. Dr. Reginaldo Brito da Costa e a analista de meio ambiente Dra. Héliida Bruno Nogueira Borges pelas excelentes sugestões e correções para o aperfeiçoamento desse trabalho.

A Coordenação e a todos os docentes do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais pelo apoio e ensinamentos ao longo do curso.

Aos colegas de curso que de várias formas contribuíram para o crescimento pessoal, e pelos bons momentos passados juntos.

Aos meus pais Antônio e Elenir, minha esposa Val e meu filho Franklin, as minhas irmãs e cunhados, pelo apoio incondicional e por me fazerem conhecer o verdadeiro significado da família.

Sumário

ABSTRACT	XIV
1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVOS GERAIS.....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3 REFERÊNCIAL TEÓRICO	18
3.1 A PAISAGEM	18
3.1 CONCEITOS DE ECOLOGIA DA PAISAGEM	19
3.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA PAISAGEM	22
3.3 MÉTRICAS DE ANÁLISE DE PAISAGENS	23
3.4 CARACTERÍSTICAS FITOFISIONÔMICAS DA ÁREA ESTUDADA.....	25
3.5 FRONTEIRAS AGRÍCOLAS NA REGIÃO AMAZÔNICA.....	26
3.6 ABORDAGEM UTILIZADA NA ANÁLISE	28
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
4.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	31
4.2 CARACTERÍSTICAS FISIográficas E DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	33
4.3 BASE DE DADOS	33
4.3.1 Classes de vegetação nativa	33
4.3.2 Dados de desmatamento	36
4.3.3 Pré-processamento dos dados	37
4.4 ANÁLISE DOS FRAGMENTOS	39
4.5 FRAGMENTAÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA AO LONGO DO TEMPO	41
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.1 A CONFIGURAÇÃO ORIGINAL DAS CLASSES DE VEGETAÇÃO NA ÁREA ANALISADA.....	42
5.2 EVOLUÇÃO DA FRAGMENTAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO	44
5.2.1 Redução do tamanho das classes de vegetação nativa na paisagem em função do desmatamento acumulado anual	44
5.2.2 Correlação entre o aumento do número de fragmentos (NP) com a redução da área das classes de vegetação nativa (CA)	49
5.2.3 Razão entre a redução do tamanho das classes e o aumento do número de fragmentos	50

6 CONCLUSÕES	54
APÊNDICE A.....	56
APÊNDICE B.....	57
APÊNDICE C.....	58
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
ANEXOS.....	63

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - A HETEROGENEIDADE DA PAISAGEM. FONTE: ZONNEVELD (1989).....	21
FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	32
FIGURA 3 - CLASSES DE VEGETAÇÃO – RADAMBRASIL.....	36
FIGURA 4 - DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES DE VEGETAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDOS. ONDE: FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA (A), FLORESTA OMBRÓFILA Densa (D), FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL (F), CERRADO (S).	43
FIGURA 5 - CLASSES DE VEGETAÇÃO: FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA (A), FLORESTA OMBRÓFILA Densa (D), FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL (F), CERRADO (S) e DESMATAMENTO (DF).....	45
FIGURA 6 - DIMINUIÇÃO DAS CLASSES DE VEGETAÇÃO REMANESCENTE NA PAISAGEM X AUMENTO DO DESMATAMENTO NOTA: CLASSES DE VEGETAÇÃO: FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA (A), FLORESTA OMBRÓFILA Densa (D), FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL (F), CERRADO (S) E DESMATAMENTO (DF).....	46
FIGURA 7 - REDUÇÃO GRADUAL DA PERCENTAGEM DAS CLASSES DE VEGETAÇÃO NATIVA REMANESCENTES NA PAISAGEM NO PERÍODO 1992-2010. FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA (A), FLORESTA OMBRÓFILA Densa (D), FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL (F), SAVANA (S) e AUMENTO DO DESMATAMENTO (DF).	47
FIGURA 8 - RELAÇÃO ÁREA TOTAL DA CLASSE (CA) X NÚMERO DE FRAGMENTOS (NP) NAS CLASSES DE VEGETAÇÃO FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA (A), FLORESTA OMBRÓFILA Densa (D), FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL (F), SAVANA Densa (S) NO INTERVALO 1992-2010.....	50

Figura 9 - RAZÃO ENTRE O TAMANHO DAS CLASSES DE VEGETAÇÃO NATIVA (CA) COM O NÚMERO DE FRAGMENTOS (NP) NO PERÍODO ANALISADO (1992-2010). FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA (A); FLORESTA OMBRÓFILA Densa (D); FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL (F); SAVANA (S).....	51
FIGURA 10 - SÉRIE DE MAPAS COM A VEGETAÇÃO NATIVA ORIGINAL E COM O DESMATAMENTO ACUMULADO NO PERÍODO ANALISADO.....	56

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CLASSES DE VEGETAÇÃO CONSIDERADAS NA ÁREA DE ESTUDOS	26
TABELA 2 - NOTAÇÃO UTILIZADA NAS MÉTRICAS DE FRAGMENTAÇÃO.....	40
TABELA 3 - MÉTRICAS UTILIZADAS NO TRABALHO	40
TABELA 4 - RAZÃO CA/NP ÁREA TOTAL DA CLASSE (CA) X NÚMERO DE FRAGMENTOS (NP) NAS CLASSES DE VEGETAÇÃO FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA (A), FLORESTA OMBRÓFILA Densa (D), FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL (F), SAVANA (S) NO INTERVALO (1992-2010).....	53
TABELA 5 - ESTRUTURA GERAL DOS DADOS DA FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM NOS ANOS ESTUDADOS	57
TABELA 6 - ESTRUTURA GERAL DOS DADOS DAS ÁREAS DESMATADAS E REMANESCENTE E AS TAXAS RESIDUAIS E PERCENTUAIS.....	58

RESUMO

O presente estudo objetivou analisar o processo de fragmentação da vegetação nativa na zona de fronteira agrícola consolidada no norte do estado de Mato Grosso, próximo a divisa com o sul do Pará. A área estudada corresponde à região que recebeu a maior concentração dos primeiros projetos de colonização privados na área de influência da BR-163 em Mato Grosso. Ela delimita-se em uma faixa de terras de 400 km de extensão desde o município de Itaúba ao sul à Paranaíta a noroeste. Para a classificação da vegetação nativa adotou-se os mapas de vegetação do projeto RADAMBRASIL. Através de métricas de análise espacial de paisagens o processo de fragmentação foi analisado em uma série multitemporal de 14 anos (1992-2010). A obtenção dos fragmentos anuais foi realizada através de operações Booleanas de sobreposição entre o mapa de vegetação e a série de mapas incrementais de desmatamento no período disponibilizados pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente de Mato Grosso em Sistema de Informações Geográficas. Os resultados mostraram que a fragmentação tem reduzido drasticamente o tamanho dos fragmentos da vegetação nativa, aumentado exponencialmente o número de manchas e, ao mesmo tempo, aumentado gradualmente o distanciamento dos fragmentos entre si. Em conjunto, essas métricas mostram eliminação de classes de vegetação na paisagem e perda da conectividade estrutural entre seus remanescentes. Tais resultados podem servir de referência para modelagem previsional em zonas de expansão da fronteira agrícola em expansão na Amazônia, especialmente no caso de não serem respeitadas as áreas destinadas à conservação (Reservas Legais e Áreas de Preservação Permanentes) previstas na legislação.

Palavras-chave: ecologia da paisagem, fragmentação florestal, bioma Amazônia, métricas, planejamento

ABSTRACT

The aim of this work was to analyze the process of fragmentation of the native vegetation cover within a consolidated agricultural frontier in the north of Mato Grosso State, close to the border of Para State. The studied region received the majority of the private settlements projects established around the BR-163 in the north of Mato Grosso in the last years of 1970. That region circumscribes a large stripe of land that extends for 400 km long from the Itaúba County at south to Paranaíta at northwest. The native vegetation cover was classified according to the RADAMBRASIL vegetation map. The landscape process of fragmentation was analyzed by means of a set of spatial analysis metrics covering a series of 14 years (1992-2010). Boolean overlay between the native vegetation cover and the series of incremental deforestation maps were performed in order to obtain the annuals fragments. The results showed that fragmentation has reduced drastically the size of the remaining fragments of the native vegetation cover, has increased exponentially the number of the fragments in the landscape, as much as has gradually increased the distance between the fragments of the same vegetation class. Taking as whole, such a metrics show the local elimination vegetation classes in the landscape and lost of structural connectivity among its remnants. Those findings can contribute with a previsional model for the expansion zones of agricultural frontier at Amazon region, especially for the cases where the legally specified protected areas in rural properties were not respected.

Abstract: landscape ecology, forest fragmentation, amazon biome, metrics, planning.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas quatro décadas o norte de Mato Grosso foi submetido a um dos mais intensos processos de fragmentação da vegetação nativa do Brasil. Essa fragmentação da vegetação nativa de forma desordenada acaba gerando desequilíbrios muito graves, afetando seriamente o equilíbrio dinâmico das paisagens, comprometendo assim os solos, a diversidade biológica, os recursos hídricos, e o meio ambiente como um todo (CEMIN et al., 2005; CABACINHA et al., 2010).

Na área de estudo, a fragmentação da vegetação nativa está associada ao surgimento da fronteira agrícola desenvolvida na porção meridional e oriental da Amazônia Brasileira, com o conseqüente desenvolvimento do chamado arco de desmatamento que se estende por 3,5 mil quilômetros, um terço do qual situado no território mato-grossense. (ALDRICH et al., 2012; FEARNSTIDE 2005; MORTON et al., 2006).

Nas áreas de fronteira agrícolas, as mudanças introduzidas pela conversão da vegetação nativa em pastagens estão diretamente relacionadas com a intensidade do fluxo migratório e com as políticas públicas que o financiaram. (McCRACKENET et al., 1999, WATRIN, O. S. et al., 2005).

O uso do solo no setor da fronteira agrícola já se encontra consolidado, uma vez que trata-se da região que recebeu os primeiros projetos de assentamento rural na área de influência da BR-163 (Cuiabá – Santarém), ainda na década de 70.

A área analisada foi alvo de diversos estudos desenvolvidos pelo Zoneamento sócio econômico do estado de Mato Grosso, através dos quais foram identificados os conflitos de interesses nas questões econômicas, sociais, culturais, étnicas e principalmente ambientais, o que demonstrou a necessidade de novas políticas de controle do uso e um melhor planejamento do território em questão (Curvo et al, 2010).

Este trabalho envolve a aplicação de métricas selecionadas de análise espacial de paisagens com o objetivo de descrever os resultados da conversão de classes de vegetação nativa em uso do solo (geralmente pastagens) ao longo do tempo na área de estudo. Para esta análise multitemporal utilizou-se a série de dados de incremento anual de desmatamento da Secretaria de Estado de Meio Ambiente - SEMA-MT no intervalo de 1992 a 2010.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

Caracterizar os padrões espaciais introduzidos pela dinâmica da fragmentação da vegetação nativa em área de fronteira agrícola consolidada na zona de fronteira agrícola consolidada no norte do estado de Mato Grosso, próximo a divisa com o sul do Pará.

2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar um conjunto de mapas digitais anuais representando o estado da fragmentação anualmente acumulada nos intervalos dos anos 1992 - 2010 das classes de vegetação nativa, previamente mapeadas na área de estudo.
- Identificar os padrões espaciais da fragmentação da vegetação nativa em função da progressão do desmatamento, tendo em vista as seguintes tendências: a. Redução gradativa no tamanho das classes de vegetação nativa; b. Aumento no número de fragmentos (“patches”) de reduzido tamanho na paisagem.
- A correlação entre a redução do tamanho dos fragmentos com o aumento do número destes em todas as classes de vegetação nativa analisada.

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

A partir da definição do conceito de paisagem dentro do escopo dos objetivos deste trabalho, são apresentadas características principais das paisagens que constituem o objeto de estudo da disciplina ecologia de paisagens, bem como os princípios fundamentais que serão utilizados para dar sustentação aos procedimentos analíticos. Na sequência se realizou uma breve revisão sobre as principais métricas utilizadas na análise de paisagens. Serão apresentadas e descritas sucintamente as categorias fitofisionômicas presentes na área de estudo. Tais categorias constituirão as classes de vegetação nativa constituintes da paisagem cuja fragmentação foi analisada no presente trabalho. Finalmente, apresenta-se a abordagem analítica desenvolvida no trabalho, definindo-se pressupostos, análise de tendências espaço-temporais e correlação entre as métricas.

3.1 A Paisagem

O conceito de paisagem comporta diferentes significados, de acordo com as várias disciplinas que o utiliza, bem como do contexto e da atividade profissional da pessoa que o emprega, de modo que, como afirma Metzger (2001), “pintores, geógrafos, geólogos, arquitetos, ecólogos, todos tem uma interpretação própria do que é uma paisagem”. No que concerne aos objetivos deste trabalho, é, pois necessário circunscrever a noção de paisagem dentro do contexto dos sistemas naturais e das mudanças neles introduzidas pelas interações antrópicas.

Nessa perspectiva, de acordo com a União Internacional para a Conservação da Natureza (International Union for Conservation of Nature – IUCN), os conceitos mais atuais de paisagem a definem como um produto da interação do indivíduo com o meio no espaço e no tempo. Assim, o conceito de paisagem remete também á dimensão cultural, uma

vez que diferentes tipos de paisagens podem ser produzidas através de uma longa interação humana com os sistemas naturais. Desse modo, é possível falar de paisagens culturais, conceito que unifica nosso relacionamento com o ambiente que nos fornece os meios necessários para a sustentação da vida diária, independentemente do seu valor estético. Uma paisagem pode então ser considerada como uma herança produzida pela interação entre a evolução natural e a aplicação do esforço humano através de muitas gerações (MITCHELL et al. 2009). Ela é necessariamente uma entidade complexa cujo significado vai além de questões ligadas à percepção, concepções estéticas, culturais, ecológicas e até mesmo políticas, devendo ser continuamente reavaliada pelo homem que é ao mesmo tempo observador e agente criador das mudanças na paisagem (POLETTE 1999).

Dentro da perspectiva da ecologia da paisagem, Metzger (2001), observa que a disciplina adota uma perspectiva correta para propor soluções aos problemas ambientais na medida em que considera a paisagem em sua totalidade, ao analisar as interações espaciais entre unidades culturais e naturais, incluindo, assim, o homem no seu sistema de análise.

3.1 Conceitos de Ecologia da Paisagem

A palavra Ecologia da paisagem foi introduzida pelo geógrafo alemão Carl Troll em 1939 (TROLL, 1939), e durante os anos cinquenta foram estabelecidos os grandes paradigmas desta ciência. Uma das principais distinções entre Ecologia da Paisagem e outras vertentes da Ecologia é a ênfase e o foco no padrão de distribuição espacial dos múltiplos ecossistemas em paisagens heterogêneas (Leitao et al , 2006).

Na paisagem se inclui tudo que se encontra na superfície da terra, seja flora, fauna, rochas, solos, relevo. De acordo com Martins et al.; (2004), “As ciências apresentam diferentes conceito de paisagem. Esses

conceitos diversificam-se dependendo do contexto histórico e de sua aplicação em estudos e específicos”

Desse modo, a Ecologia da Paisagem oferece evidências teóricas e empíricas que permitem aos cientistas e pesquisadores entender e comparar as diferentes configurações de distribuição espacial da cobertura terrestre, possibilitando assim, prever e administrar as consequências ecológicas de um planejamento (Forman 1995; Leitão et al. 2006).

Naveh (1991) afirma que o estudo da Ecologia da Paisagem divide-se em três dimensões: a topológica, a corológica e a geosférica. A primeira combina a dimensão topológica com as suas heterogeneidades verticais, advindas dos atributos do uso e cobertura do solo, enquanto que a segunda aborda as relações corológicas entre a heterogeneidade horizontal, causada pela distribuição dos elementos da paisagem. Por último, a terceira diz respeito à dimensão geoesférica, proveniente das relações globais entre as paisagens.

A ecologia da paisagem aborda as inter-relações horizontais e verticais (Figura 1) entre a fauna, a flora e os fatores abióticos do meio ambiente (ar, água, solo e entre outros). Na prática, a disciplina combina a abordagem de um geógrafo e de um ecologista, sendo que a interface entre as duas ciências é conhecida como paisagem (SOARES FILHO, 2008).

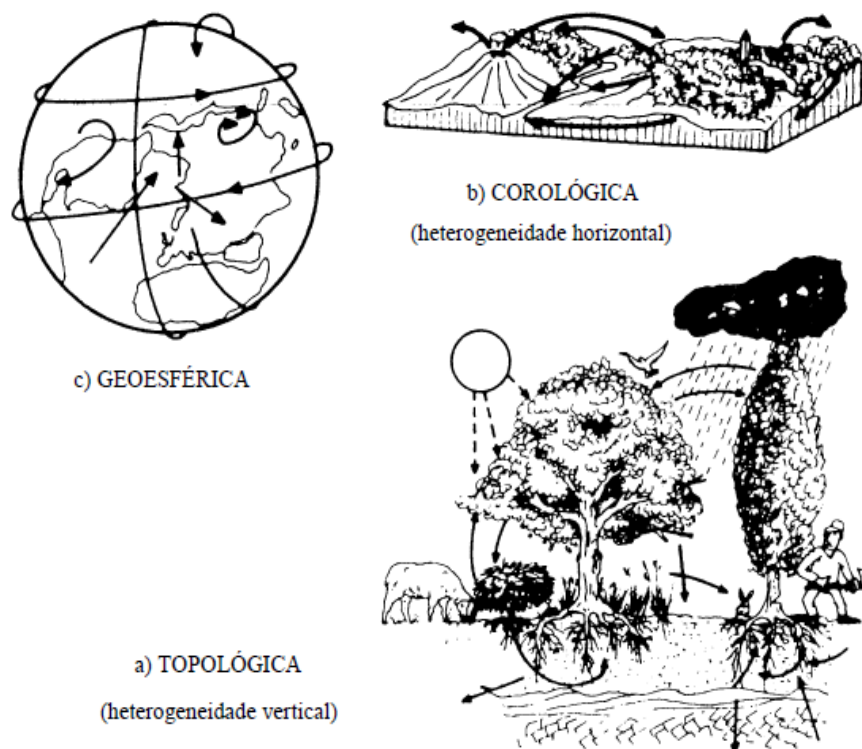


FIGURA 1 - A HETEROGENEIDADE DA PAISAGEM. FONTE: ZONNEVELD (1989).

A Ecologia da Paisagem fornece indicadores espaciais relacionados às condições ecológicas de fragmentos florestais, as quais podem ser analisadas através do uso de Sistemas de Informação Geográfica e de imagens de satélites orbitais, permitindo agilizar a extração e análise das características ambientais da superfície terrestre (ALMEIDA, 2008).

A ecologia de paisagens dentro da abordagem "geográfica" considera que o mosaico heterogêneo da paisagem estará sendo visto através dos olhos do homem, de suas necessidades, seus anseios e plano de ocupação territorial. A disciplina lida com escalas espaciais amplas, podendo apresentar vários quilômetros quadrados (METZGER, 2001).

Na abordagem ecológica, o mosaico formado pelas diferentes fitofisionomias é considerado um conjunto de habitats que apresentam condições mais ou menos favoráveis para a espécie ou a comunidade

estudada. A escala de análise não é ampla, pois depende da escala de ação/percepção da espécie/comunidade em estudo (METZGER, 2001).

3.2 Características Principais da Paisagem

Segundo Forman e Godron (1986) as características principais de uma paisagem são: estrutura, função e mudança.

- I. Estrutura: produto do relacionamento espacial entre os distintos ecossistemas ou elementos presentes, ou seja, o mosaico de retalhos ou manchas e seus corredores dispostos em uma matriz de fundo.
- II. Função ou interações entre os elementos espaciais: representada pelos fluxos de energia, materiais e espécies entre os ecossistemas presentes.
- III. Mudança: alteração na estrutura e na função do mosaico ecológico através do tempo.

Leitão et al., (2006) observam que a estrutura de uma paisagem pode ser descrita de várias formas diferentes dependendo do tipo de dados utilizados na representação cartográfica (pontos, linhas ou áreas) dos seus componentes. Todavia, ressaltam que a forma mais comum de representação da estrutura da paisagem para fins de planejamento ambiental é a representação por polígonos associados á classes temáticas. Estes são também conhecidos como mapas de categorias (ou categóricos) como, por exemplo, os mapas de uso do solo e tipologia de vegetação adotados neste trabalho.

Quanto aos elementos fundamentais que definem a estrutura de uma paisagem, Forman e Godron (1986) os identificam como: fragmentos (ou manchas), e corredores e a matriz.

A mancha (*patch*), também denominada de retalho, remendo, é definida com uma superfície não linear que difere em aparência de seu entorno. Possuem diferentes tamanhos, forma, heterogeneidade e

características de borda. Ao redor das manchas, encontram-se uma área com diferente estrutura e composição (FORMAN e GODRON, 1986).

Os corredores fazem ligações entre as manchas, distribuídas sobre a matriz de superfície. A floresta madura pode ser a matriz com manchas de distúrbios encravados nela ou as áreas agrícolas podem ser a matriz com manchas de floresta madura encravadas nelas (PEREIRA et al., 2001).

3.3 Métricas de Análise de Paisagens

As métricas da paisagem descrevem padrões espaciais que de modo geral são classificadas em três tipos ((PEREIRA et al., 200;COUTO, 2004; LEITÃO et al. 2006; McGARIGAL et al. 2012):

- Métricas ao nível da mancha são definidas para manchas individuais e caracterizam a configuração espacial e o contexto das manchas. Em muitas aplicações, estas métricas servem como base computacional para outras métricas da paisagem. Algumas vezes as métricas de mancha podem ser importantes e informativos em investigações ao nível da paisagem.
- Métricas ao nível da classe são integradas em relação a todas as manchas de um dado tipo. Essas métricas podem ser obtidas por média simples ou média ponderada que tenha em conta a área da mancha. Existem propriedades adicionais ao nível da classe que resulta da configuração única das manchas ao longo da paisagem. Em muitas aplicações o interesse principal é a quantidade e distribuição de um tipo particular de mancha.
- Métricas ao nível da paisagem são integradas em relação a todos os tipos de mancha ou classes em relação a toda a paisagem. Como as métricas de classe, estas métricas

podem ser obtidas por simples média ou média pesada ou podem refletir propriedades do padrão. Em muitas aplicações, o primeiro interesse é o padrão (composição e configuração) da paisagem total.

As métricas da paisagem podem ser implementadas por algoritmos que quantificam características espaciais específicas de manchas, classes de manchas ou inteiro mosaico da paisagem. Estas métricas definem as categorias que quantificam a composição do mapa sem referência aos atributos espaciais ou as que quantificam a configuração espacial do mapa, requerendo informação espacial para seus cálculos (McGARIGAL et al., 1995, GUSTAFON, 1998).

Com base em Couto (2004) apresentam-se as definições seguintes. A composição refere-se às características associadas com a variedade e abundância de tipos de manchas no interior da paisagem. As principais medidas de composição são:

Proporção da abundância para cada isso (PEREIRA et al., 2001).

Riqueza (richness): corresponde ao número de diferentes tipos de mancha.

Diversidade: são medidas que combinam riqueza e uniformidade como o Shannon's, Simpson's e Simpson modificado.

Domínio é o complemento da uniformidade, indicando a extensão em relação ao qual o mapa é dominado por uma ou poucas classes. A configuração espacial descreve as características espaciais de manchas individuais ou as relações espaciais entre múltiplas manchas. Outras métricas da paisagem usam representações do pixel, ao invés de manchas. Os principais aspectos da configuração são:

- Tamanho da mancha e densidade que representa o atributo fundamental da configuração espacial da mancha.
- Complexidade da forma da mancha que relaciona com a geometria das manchas, ou seja, se elas são simples e compactas, ou irregulares e convolutas.

- Isolamento/proximidade refere-se à tendência das manchas estarem relativamente isoladas no espaço em relação a outras manchas da mesma classe.
- Contraste refere-se à diferença relativa entre tipos de manchas e pode ser calculado como densidade de orla com peso de contraste.
- Contágio refere-se à tendência de tipos de manchas estarem espacialmente agregadas.
- Difusão refere-se à mistura de manchas de diferentes tipos, sendo baseada inteiramente na adjacência de manchas.

As métricas ao nível de área são utilizadas pelas outras métricas conduzidas ao nível de classe e de paisagem. É o caso da métrica que mede a proporção relativa ocupada por uma classe na paisagem (PLAND) que é computada apenas ao nível de classe, após integrar os dados individuais da área de cada mancha. O mesmo ocorre com o índice de maior mancha (LPI), computado ao nível da classe e da paisagem como um todo.

O número de fragmentos é a contagem das manchas de cada classe ou de todas as manchas da paisagem.

As métricas de borda representam a configuração da paisagem. A quantidade de bordas de uma paisagem é importante no estudo de fenômenos ecológicos como a perda líquida de espécies vegetais e animais nas áreas de borda.

3.4 Características Fitofisionômicas da Área Estudada

A área estudada apresenta quatro classes principais de fitofisionomias: Floresta ombrófila aberta (A), Floresta ombrófila densa (D), Floresta estacional semidecidual (F) e Savana estacional (S).

Na Tabela 1 apresenta-se as classes de vegetação da área com a descrição básica de suas características (Três classes de floresta e uma de savana).

TABELA 1 - CLASSES DE VEGETAÇÃO CONSIDERADAS NA ÁREA DE ESTUDOS

TIPO	CODIGO	CLASSE DE VEGETAÇÃO	DESCRIÇÃO
Floresta	A	Floresta ombrófila aberta	Apresenta três fitofisionomias típicas, possui um bioclima de 30 a 60 dias secos e litologia argilosa.
	D	Floresta ombrófila densa	Foi subdividida em duas fitofisionomias típicas, seguindo uma hierarquia topográfica e fisionômica, conforme as estruturas florestais que apresentam, com até 30 dias secos ocupando área mais úmida.
	F	Floresta estacional semidecidual	Com litologia arenítica na maior parte da área, com duas estações, uma seca e outra chuvosa, com adaptação a deficiência hídrica e estacionalidade foliar dos elementos arbóreos dominantes.
Savana	S	Savana	Ocorre em solos muito lixiviados, arenitos pré-cambrianos, com um período seco, foram mapeados pelo RADAMBRASIL quatro fitofisionomias, são formações herbáceas intercaladas por plantas de porte pequeno lenhosas até arbóreas, com presença de florestas de galeria.

Fonte: RADAMBRASIL 1982

3.5 Fronteiras Agrícolas na Região Amazônica

As fronteiras agrícolas na Amazônia brasileira estão em constante modificação, e o norte de Mato Grosso, como parte da Amazônia Legal, não é diferente. Com efeito, o estado apresentou uma dinâmica muito intensa de ocupação, que se intensificou a partir do início da década de setenta. Foi uma ocupação incentivada por diversas ações

governamentais e da iniciativa privada através de grandes colonizadoras, ambas caracterizadas pela ausência de preocupações ambientais.

Do mesmo modo do que ocorreu com outras regiões amazônicas, o aumento dos fluxos migratórios de para o povoamento do norte de Mato Grosso, foi principalmente a abertura de novas rodovias, tornando-se um importante facilitador do processo de ocupação e incorporação de novas terras ao processo produtivo. No caso da área de estudo, a BR 163 tem grande importância dentro deste contexto.

O modelo de ocupação do norte matogrossense se ajusta ao modelo geral de ocupação da Amazônia Brasileira o qual se deu através do avanço contínuo de fronteiras agrícolas baseada na incorporação constante de novas áreas para agricultura, pecuária, extrativismo vegetal e mineral, recursos esses percebidos como infinitos (BECKER 2005). Dessa maneira se explica a ausência da preocupação ambiental nos primeiros projetos de assentamento ocorridos nos anos 70 do século passado. Uma vez que esse modelo de exploração atingiu o seu auge nas décadas de 1960 a 1980. Atualmente observa-se o esgotamento de recursos naturais nas áreas de colonização mais antiga. Assim, é importante daqui em diante buscar um modelo de utilização menos predatório desses recursos e ao mesmo tempo procurar meios de reparação/restauração dos passivos ambientais gerados no passado.

Morton et al., (2006) lembra que historicamente a ocupação do bioma amazonia começa com a exploração em pequena escala de agricultura de subsistência e madeira. Aos poucos, o processo se consolida com exploração pecuária e madeireira em grande escala. Mais recentemente, tem ocorrido a expansão da agricultura de grãos substituindo parte das áreas de pecuária e/ou se expandindo diretamente para áreas com florestas nativas. Este processo tem portanto, aumentado ainda mais a pressão sobre os recursos naturais em áreas de fronteiras agrícolas.

3.6 Abordagem Utilizada na Análise

A ecologia de paisagens pode contribuir para entender as modificações estruturais e funcionais, introduzidas pelo homem no mosaico paisagístico, incorporando as inter-relações espaciais de seus componentes naturais e culturais. A disciplina ainda procura respostas para os principais problemas ambientais relacionados com a fragmentação de habitats, ao uso inadequado dos solos e da água, ao passo que planeja a ocupação e conservação da paisagem em sua totalidade (METZGER, 2001).

Atualmente existem a disposição do analista de paisagens uma grande profusão de métricas, muitas das quais já implementadas através de algoritmos em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), caso do software FRAGSTATS 4.1 utilizado neste trabalho. Todavia, a escolha das métricas é tarefa judiciosa, pois não raro podem apresentar resultados redundantes além de serem influenciadas por fatores críticos relacionados às características dos dados como: escala da amostragem dos dados que representam os componentes paisagísticos; estrutura utilizada para a representá-los em computador (vetorial ou matricial); no caso de dados matriciais pela relação entre tamanho da célula (pixel) com a escala de amostragem e pelas deformações introduzidas pelo sistema de projeção utilizado.

Além disso, não existe uma única forma de definir uma sequência de análises para caracterizar a fragmentação da paisagem. Desse modo, é tarefa do analista a definição tanto das métricas quanto dos procedimentos de pré-processamento (projeção, conversões de estruturas vetorial/matricial, escolha do tamanho do pixel, correções topológicas etc), bem como do roteiro da análise. Este conjunto de escolhas deve ser definido em função dos objetivos do trabalho, bem como das características dos dados utilizados. Conforme sugerido por diversos autores, Forman (1995); Leitão et al., (2006), McGarigal et al., (2012) entre outros, cumpre ao analista escolher métricas e rotinas de

análise que possam capturar da paisagem os aspectos previamente por ele definidos.

Desse modo, cumpri-se o roteiro que segue para a definição das métricas e sequência de análise:

a) Definição do conceito de fragmentação no contexto do trabalho:

Considerando-se a fragmentação como o processo de subdivisão das manchas originais (patches) pertencentes a uma dada classe de vegetação nativa em um número de fragmentos menores produzidos pelo processo de sua conversão para uso do solo ocorrendo ao longo do tempo. Assim, é possível conceber a fragmentação como uma função espaço-temporal através da qual o espaço originalmente pertencente a uma determinada classe de vegetação nativa pode ser transformado em uso de forma contínua ao longo do tempo. Essa função pode assumir valores positivos, quando a conversão existe, nulos quando uma mancha permanece inalterada; e negativos quando um processo de regeneração ou recuperação atua no sentido contrário á fragmentação (ou seja tende a recompor a mancha original). Observa-se que este último caso, é uma categoria prevista teoricamente para satisfazer os termos da função, e que os dados utilizados não permitem a constatação de regeneração que seria considerado, naturalmente, um vetor de desfragmentação.

Com base nessa definição, se a conversão existiu em certo espaço e num dado intervalo de tempo, então foi possível constatar que:

- I. O número de fragmentos imediatamente resultantes da fragmentação de uma dada classe de vegetação nativa será maior que o número de manchas dessa classe originalmente existente na paisagem.
- II. O somatório da área dos fragmentos oriundos de uma dada classe será menor que a soma da área das manchas originalmente encontradas nessa classe.
- III. Permanecendo constante a área total da paisagem, os fragmentos de cada classe apresentarão tamanho menor que os originais.

b) Definindo padrões espaço-temporais com significado ecológico resultantes da fragmentação:

A função fragmentação pode resultar em uma grande variedade de padrões espaciais que afetam negativamente a sustentabilidade da paisagem. Portanto, é necessário delimitar objetivamente quais padrões poderão ser mais bem avaliados em função das características dos dados analisados, os quais neste trabalho são basicamente formados pelo mapa de classes de vegetação nativa e pela série de mapas de incremento anual de desmatamento. A definição *á priori* desses padrões é necessária, pois dela depende a escolha das métricas que serão descritas no próximo capítulo.

A partir da constatação da fragmentação, considerou-se que o processo poderia produzir uma paisagem estruturalmente cada vez mais desconectada, com fragmentos de baixa qualidade ecológica inferida pela redução do tamanho e complexidade de formas e com risco de extinção local ou total de classes na paisagem. Todas essas transformações ocorrendo em função do aumento da taxa de conversão para uso do solo (desmatamento).

Em que pese a grande complexidade espacial introduzida pela fragmentação da cobertura vegetal, neste trabalho procurou-se focar no aspecto mais crítico do processo, isto é, a redução gradual do tamanho e aumento do número de fragmentos em função do avanço do desmatamento.

c) Definindo correlações entre métricas:

A correlação entre métricas complementares pode apresentar novas constatações sobre o fenômeno analisado. Neste trabalho foi analisada a correlação entre as métricas tamanho da área da classe de vegetação nativa (CA) contra o número de fragmentos produzidos a cada ano (NP) (vide 4.3.3).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Delimitação da Área de Estudo

A área escolhida corresponde a uma região de aproximadamente 5.035.280 ha, a qual compreende a região Centro-Norte do estado de Mato Grosso, que sofreu o mais intenso processo de colonização. Essa região faz parte do chamado “arco do desmatamento da Amazônia” a qual, de acordo com FAO (2005), foi classificada como a zona mais intensa de desmatamento e queimadas do mundo.

Neste trabalho, um setor do arco do desmatamento desenvolvido no centro-norte de Mato Grosso foi selecionado com o objetivo de analisar os padrões e consequências do processo de fragmentação dentro do intervalo entre os anos de 1992-2010.

Observa-se que os dados de desmatamento de 1992 correspondem ao total de desmatamento acumulado desde o início da colonização até esse ano. Desse modo, tendo como marco inicial o estado de fragmentação encontrado em 1992, a análise progride a partir daí pelos 14 anos seguintes, com o objetivo de contribuir para a compreensão da dinâmica de conversão da vegetação nativa em uso do solo na área de estudo.

Uma vez que o trabalho enfoca as consequências da dinâmica do uso do solo em uma paisagem situada em zona de fronteira agrícola na região amazônica, houve por bem também explicitar e delimitar esse conceito. Com o objetivo de caracterizar a vegetação nativa em seu estado original, isto é, antes das transformações introduzidas pela fronteira agrícola

Um fator crítico na delimitação da área de estudo foi o fato de nela estarem inseridos os antigos núcleos de colonização, a partir dos quais se deu o processo de conversão da vegetação em uso do solo na fronteira agrícola do norte de Mato Grosso. Outro fator importante considerado na delimitação foi a ausência de grandes áreas protegidas

(terras indígenas e unidades de conservação) de modo que os resultados possam enfatizar o cenário mais comum da Amazônia Brasileira onde existem déficits de áreas protegidas.

Esta localizada entre as latitudes 9° S e 11° S e longitudes 57° W e 55° W e fazem parte desta área os seguintes municípios mato-grossenses: Paranaíta, Nova Monte Verde, Alta Floresta, Novo Mundo, Guarantã do Norte, Carlinda, Nova Guarita, Matupá, Juara, Nova Canaã do Norte, Colíder, Terra Nova do Norte, Peixoto de Azevedo, Marcelândia, Nova Santa Helena, Itaúba, Tabaporã, Matupá e Apiacás representada na Figura 2.

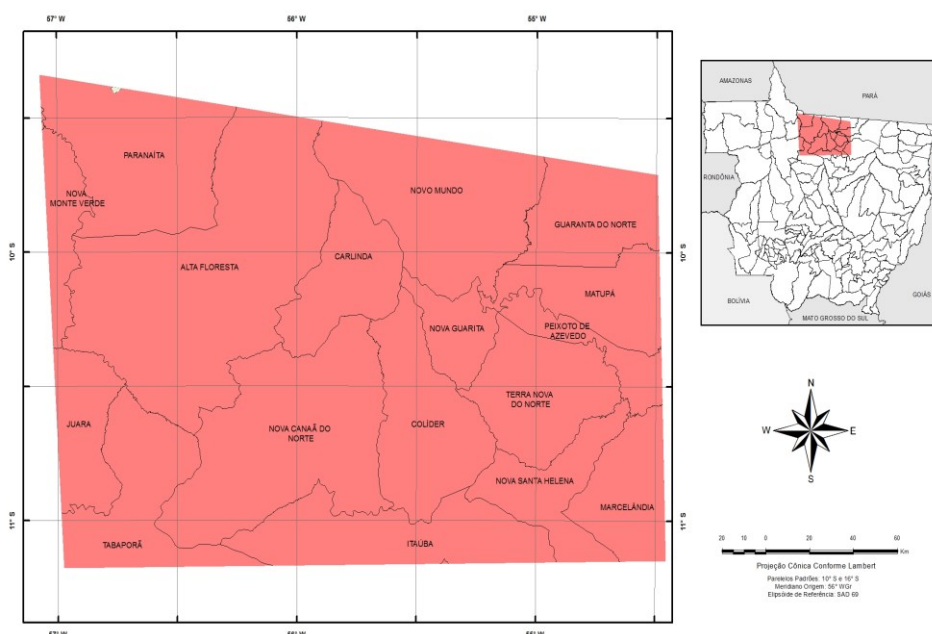


FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.

A definição dos limites desta área foi realizada por interpretação visual, de um mosaico de imagens do ano de 2008 do satélite SPOT5 cobrindo todo o estado de Mato Grosso. Os dados foram cedidos pela SEPLAN-MT. Esse dado foi construído utilizando a tecnologia da SPOTIMAGE (CARROL e MAUGHAN, 2010). O mosaico é formado por um conjunto de imagens ortoretificadas com 2,5 m de tamanho de pixel. A área foi delimitada através de um polígono em

estrutura vetorial utilizando-se do software de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) ArcGIS 9.3.

4.2 Características Fisiográficas e do Uso e Ocupação do Solo

De acordo com a classificação de Koppen, a área de estudo está inserida em uma zona de transição entre o clima Aw e o Am, com temperaturas médias que oscilam entre 19°C e 28°C ao longo do ano e pluviosidade média inferior a 2000 mm/ano.

O relevo da região é predominantemente composto pela Depressão da Amazônia Meridional, a qual confronta com porções menores do Planalto dos Parecis, Depressão do Rio Xingu e Serras do Cachimbo (IBGE, 2007).

Em relação aos solos, destacam-se ocupando maiores áreas os Argissolos Vermelho Amarelo, os Latossolos e em áreas menores os Neossolos Quartzarênicos e Plintossolos (IBGE, 2007).

4.3 Base de Dados

4.3.1 Classes de vegetação nativa

Para identificação das classes de vegetação nativa da região em estudo, foi utilizado o mapa de vegetação do projeto RADAMBRASIL, correspondendo a Folha SC 21 JURUENA na escala 1:1.000.000 (RADAMBRASIL, 1982). Utilizou-se a versão digitalizada desse mapa (formato SHAPEFILE) disponibilizado pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso (SEMA-MT) que o utiliza para caracterização da tipologia vegetal no processo de licenciamento ambiental de propriedades rurais do estado. Esse mapa contém apenas a vegetação

nativa, isto é, sem manchas de uso do solo. Isso pode ser realizado porque o mapeamento realizado pelo RADAMBRASIL nessa folha ocorreu no final dos anos 70, período em que a fronteira agrícola ainda estava em processo de instalação na região. Desse modo, na vetorização realizada pela SEMA-MT os poucos polígonos de uso do solo encontrados foram substituídos pela vegetação nativa predominante no seu entorno. Portanto, neste trabalho esse dado foi considerado como o estado original da vegetação nativa na região, a partir do qual foram realizadas as análises do processo de fragmentação aqui realizadas.

O mapeamento da vegetação do RADAMBRASIL baseia-se no conceito de unidades fitofisionômicas as quais são definidas em função de sistemas de interação solo-relevo-plantas e também reconhecendo-se a dependência de escala do mapeamento (IBGE 1992, PROJETO RADAM 2010). Assim, tais unidades são categorizadas em um sistema hierárquico levando em consideração a presença de elementos endêmicos típicos, estruturas e grupos funcionais e adaptações climáticas. O sistema hierárquico dispõe as unidades em oito categorias de escala, de forma que um grupo particular de classes possa ser mapeado em cada nível hierárquico. A escala de mapeamento aumenta em detalhes desde a escala intercontinental (1:10.000.000) passando para a exploratória (1:1.000.000 a 1:250.000), seguida da escala de semidetalhe (1:100.000 a 1:25.000) e detalhada (escala > que 1:25.000). A cada nível de escala, um grupo de atributos significativos é utilizado para identificar/ descrever as classes de vegetação. Assim, quanto menor nível hierárquico, maior será a influência de variáveis locais tais como, a fisiologia das plantas, adaptações à qualidade local da qualidade do solo, densidade de plantas e declividade do terreno na definição da classe fitofisionômica.

Levando em consideração, por um lado, a dependência entre hierarquia das classes de mapeamento, escala do mapeamento e os detalhes das variáveis necessárias para a delimitação das classes de vegetação nativa, e por outro os objetivos delineados neste trabalho, foi escolhido o nível hierárquico 04 das categorias fornecidas pelo projeto RADAMBRASIL para processar a análise do processo de fragmentação.

Neste nível de escala (1:1.000.000), os atributos distintivos adotados para a classificação estão relacionados com a fenologia e condições edáficas (IBGE 1992). São características compatíveis com a influência climática (precipitação e temperatura) utilizadas na delimitação dos biomas. Por outro lado, os dados de desmatamento, contra os quais a vegetação nativa foi analisada, foram obtidos a partir da classificação de imagens ópticas (LANDSAT 5 e 7) as quais também são sensíveis às características fenológicas usadas para classificação de classes fitofisionômicas nessa escala. Desse modo, na área de estudo foram identificadas predominantemente fitofisionomias florestais típicas do Bioma Amazônia, bem como classes de savanas, as quais, embora mais relacionadas com o Bioma Cerrado, ocorrem como grandes enclaves nas áreas florestadas.

A Figura 3 mostra a distribuição das classes de vegetação na área de estudos. As classes de florestas são compostas por Floresta ombrófila aberta (A), Floresta ombrófila densa (D), Floresta estacional semidecidual (F). A classe Savana (S) ocorre principalmente em planaltos residuais (Serra do Cachimbo, Serra dos Caiabis), basicamente agrupando formações de Cerrado Denso com amplas zonas de transição para as florestas que ocupam as áreas mais rebaixadas do relevo regional.

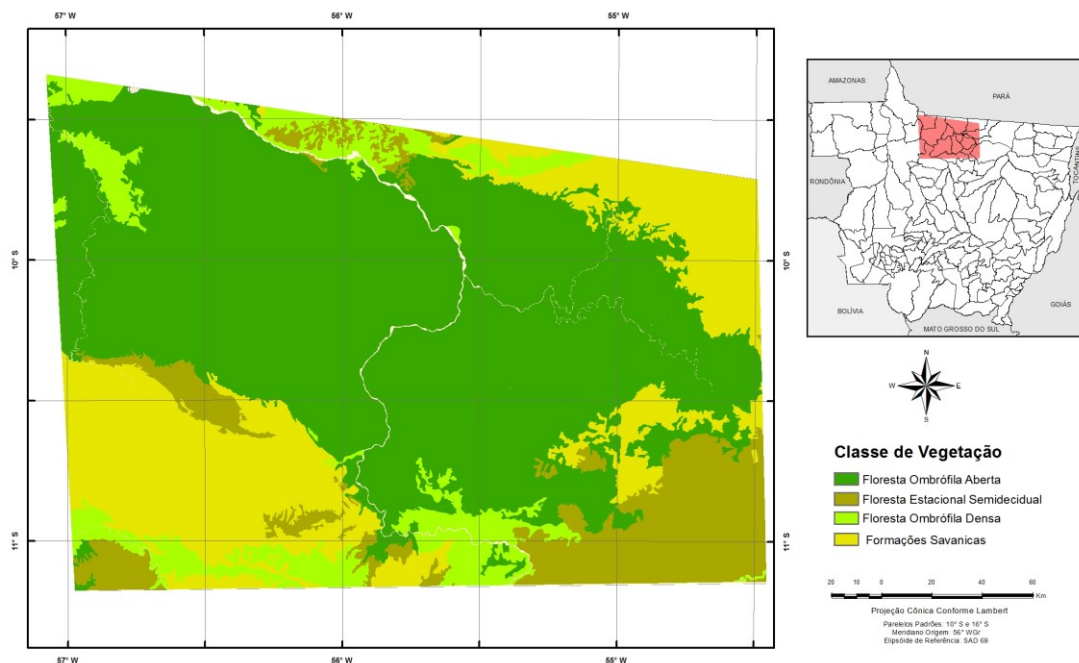


FIGURA 3 - CLASSES DE VEGETAÇÃO – RADAMBRASIL.

4.3.2 Dados de desmatamento

Para este estudo, foi utilizada uma série de dados de desmatamento na área de bioma amazônico do estado de Mato Grosso, entre os anos de 1992 a 2010, fornecida pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente - SEMA-MT. Dentro desse período os anos analisados foram: 1992, 1993, 1994, 1995, 1997, 1999, 2001, 2002, 2003, 2005, 2006, 2007, 2009 e 2010. Os anos que faltaram, foram, portanto, 1994, 1996, 1998, 2000 e 2004, os quais não foram realizados pela SEMA-MT.

A metodologia utilizada para a elaboração dos dados de desmatamento não foi publicada. No entanto, de acordo com informações obtidas com os técnicos responsáveis pela execução do trabalho, esta consistiu na vetorização de áreas desmatadas em imagens dos satélites Landsat 5 e 7 para cada ano no período mencionado. Neste caso, os polígonos de desmatamento foram obtidos através de vetorização de

áreas de corte raso, que foram visualmente identificadas em composições coloridas 3(R)4(G)5(B) de imagens digitais do satélite LANDSAT.

Observou-se que a análise das imagens de satélite identificava apenas o desmatamento incremental ocorrido em cada ano. A imagem do ano em análise era sobreposto o mapa dos anos anteriores, de forma que os polígonos desmatamento correspondiam apenas ao do ano analisado. Todos os dados de desmatamento foram produzidos em formato vetorial (SHAPEFILE).

Para tanto, as imagens foram previamente processadas no intuito de realizar a correção atmosférica, geométrica e radiométrica. Posteriormente, as imagens foram realçadas pela composição de bandas 3(R) 4(G) 5(B) e vetorizadas no software Geomedia 5.2, o qual fornece automaticamente os vetores com consistência topológica.

Para a elaboração do mapa de final de desmatamento, foram consideradas nas imagens anuais apenas as manchas (patches) de desmatamento, sendo as outras classes de vegetação, uso e ocupação dos solos excluídos. Por fim, os dados vetoriais gerados foram convertidos para o formato matricial (raster) com resolução dos pixels em 100X100m.

4.3.3 Pré-processamento dos dados

O pré-processamento dos dados consistiu, primeiramente, na padronização do sistema de coordenadas, onde foi definido o sistema de referência adotado para a América do Sul (SAD 1969), com projeção Cônica Conforme a de Lambert. Estabelecidas as projeções, foi realizado em seguida o recorte (*clip*) tanto dos dados da SEMA, quanto os do RADAMBRASIL sobre a área de estudo, utilizando-se para tanto ferramentas de geoprocessamento,

Em seguida foi estruturada uma série de mapas de desmatamento acumulado que ocorreu da seguinte forma:

- Sobreposição do mapa da vegetação original contra o mapa de desmatamento do início da série (1992) o qual registra o desmatamento total acumulado até essa data. Essa sobreposição inicial teve como produto o mapa com as categorias de vegetação nativa, mais os polígonos de desmatamento, gerando, portanto, um mapa do estado da fragmentação até esse ano (1992) ;
- O mapa do estado da vegetação nativa até 1992 foi em seguida sobreposto com os polígonos de desmatamento encontrado no dado seguinte correspondente ao ano de 1993. Dessa forma obteve-se o mapa do estado da fragmentação até 1993;
- E assim procedeu-se sucessivamente até fim da série temporal (2010)

A produção dos fragmentos acumulados anualmente ocorreu através de operações de sobreposição dos mapas de desmatamento acumulado contra a vegetação nativa. Tais operações foram realizadas em formato vetorial, através de ferramentas de overlay disponibilizadas pelo programa ARCGIS 9.3.

Os dados vetoriais de fragmentos foram convertidos à estrutura matricial, utilizando-se um tamanho de pixel de 100 x 100 m. A conversão para o formato matricial, ocorrendo também através de ferramentas de conversão entre dados disponibilizada pelo ARCGIS 9.3, foi necessária pelas seguintes razões:

- Correção de erros topológicos existentes no formato vetorial. Basicamente esses erros referem-se à formação de polígonos de pequenas dimensões (slivers) e de polígonos sobrepostos. Esses erros são muito difíceis de corrigir, principalmente porque os dados originais estavam em formato SHAPEFILE, o

qual não suporta uma estrutura de topologia completa;

- A conversão para o formato matricial corrige automaticamente esses erros topológicos uma vez que produz a homogenização do tamanho mínimo de um polígono (= ao tamanho do pixel) e impede a sobreposição de polígonos;
- As análises quantitativas ocorrendo em formato matricial produzem, portanto, resultados estatísticos mais acurados e precisos do que o vetorial, justamente por não apresentarem os erros topológicos. Devido a tais propriedades, a conversão ao formato matricial é amplamente utilizada em análise de ecologia de paisagens (veja, por exemplo, LEITÃO et al, 2006).

Durante a conversão para o formato matricial o algoritmo necessita realizar uma decisão de pertinência para os pixels que se situam na borda entre classes, isto é, pixels que compartilham duas ou mais classes. Assim, é preciso decidir qual classe deve ser assinalada aos pixels que se encontram nessa situação. A regra aqui adotada foi a de maior área, ou seja, se dentro da área de um pixel (100 x 100m) ocorrer mais de uma classe, a classe assinalada a esse pixel foi a daquela com maior área representada dentro desse pixel.

4.4 Análise dos Fragmentos

Após o pré-processamento, os dados foram analisados através do programa FRAGSTATS 4.2 o qual fornece um conjunto de métricas e estatísticas espaciais que possibilitam caracterizar a fragmentação em uma determinada paisagem (HAINES-YOUNG; CHOPPING, 1996; McGARIGAL; MARKS, 1995).

Para a análise do processo de redução do tamanho da área das classes de vegetação nativa e o aumento no número de fragmentos produzidos na série temporal, foram utilizadas as métricas Área da Classe ou *Class Area* (CA) (*Class Area*), Número de Fragmentos ou *Number of Patches* (NP) e Proporção da Área na Paisagem (*PLAND*). Para a análise da correlação entre CA e NP foram realizadas a razão CA/NP. As variáveis e as fórmulas utilizadas nessas métricas estão sumarizadas nas Tabelas 2 e 3.

TABELA 2 - NOTAÇÃO UTILIZADA NAS MÉTRICAS DE FRAGMENTAÇÃO.

Variáveis	Descrição
i	Número de classes
j	Número de manchas na área
A	Área total da classe (ha)

Continua...

TABELA 2, cont.

a_{ij}	Área (ha) do fragmento i, j é o número de fragmentos que pertencem a um tipo de classe especial
P_i	Proporção de área ocupada por classe i na paisagem
z	Número de células no fragmento ij
n_i	Número de manchas da classe i na área

TABELA 3 - MÉTRICAS UTILIZADAS NO TRABALHO

	Métricas	Fórmula	Descrição
1	Número de Fragmentos (NP)	$NP = N$	Número total de fragmentos na área de estudo.
2	Área total da Classe (CA)	$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \frac{1}{10,000}$	Soma das áreas em (m ²) de todas os fragmentos de uma determinada classe, divididos por 10.000 para conversão para hectares.

3	Percentagem da paisagem (PLAND)	$PLAND = P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100)$	Soma das áreas de todos os fragmentos de uma determinada classe, divididos pela área total da paisagem, multiplicado por 100 para transformar em porcentagem.
---	------------------------------------	---	---

4.5 Fragmentação da Vegetação Nativa ao Longo do Tempo

A fragmentação da vegetação nativa de uma classe pode ser constatada através da observação da redução do seu tamanho a cada ano (CA), da conseqüente redução da proporção ocupada (PLAND) por essa classe na paisagem, bem como através do processo de subdivisão a que foi submetida medido pelo aumento do número anual de fragmentos (NP).

Segundo Borges et al. (2004) o número de fragmentos (NP) é a medida que melhor representa o aumento da fragmentação da paisagem. Todavia, para analisar as conseqüências da fragmentação na ecologia da paisagem é de importância crítica relacionar (NP) com o tamanho médio desses fragmentos realizados pela razão CA/NP uma vez que não a sobrevivência á longo prazo como também muitos serviços ecológicos são comprometidos quando os fragmentos, embora numerosos, atingem tamanhos muito pequenos. Assim, uma paisagem com maior número de fragmentos não é necessariamente mais interessante do que outra com menor número fragmentos, porém de maior tamanho. As funções ecológicas associadas com fragmentos maiores incluem: reciclagem de nutrientes, auxílio na infiltração de água de chuva (abastecimento do lençol freático), fornecimento de habitat para vida, espécies especialistas e recreação, serviços estes que são menos provável de acontecer em sua totalidade em fragmentos de menor tamanho (LEITÃO et al. 2006).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo vão ser apresentados e discutidos a sequência dos dados em forma de figuras e tabelas que demonstram as tendências e o crescimento do desmatamento nas classes de vegetação presentes na área foco do estudo. Serão analisadas a configuração original das classes de vegetação, a evolução da fragmentação nas classes de vegetação medidas pelo aumento do número de fragmentos e redução do tamanho das classes encontrados anualmente.

A série de imagens multitemporais obtidas pela sobreposição entre o desmatamento acumulado ano a ano contra a vegetação nativa que deram origem as análises deste trabalho estão apresentadas no APÊNDICE A.

No APÊNDICE B apresentam-se os resultados da análise das métricas CA, NP e PLAND tanto para as classes de vegetação quanto para o desmatamento ocorrido no período analisado. Já no APÊNDICE C são relacionados resultados da análise da Tabela do APÊNDICE B, na qual são calculadas as taxas das áreas residuais das classes de vegetação nativa obtidas, bem como as taxas de área desmatadas anualmente. Com base nessas tabelas foram gerados os gráficos que serão a seguir discutidos.

5.1 A Configuração Original das Classes de Vegetação na Área Analisada

Na configuração original das classes de vegetação, (Figura 4, Apêndice A) observa-se que a Floresta ombrófila aberta (A) ocupa a maior parte da paisagem (percentagem da paisagem, PLAND = 57%) correspondendo a uma área de cerca de 2,8 milhões de hectares distribuídos por apenas 15 manchas. A Floresta ombrófila aberta se desenvolve predominantemente sobre solos do tipo Argissolos Vermelho

Amarelo com presença secundária de latossolos e Neossolos Quartzarênicos. Tais solos estão associados a relevo aplainado sustentado pelas rochas granito-gnáissicas do chamado Complexo Xingu (SEPLAN 2011). As manchas de A ocorrem alinhadas preferencialmente na direção NW/SE, balizada pelos vales do rio Peixoto de Azevedo e Teles Pires.

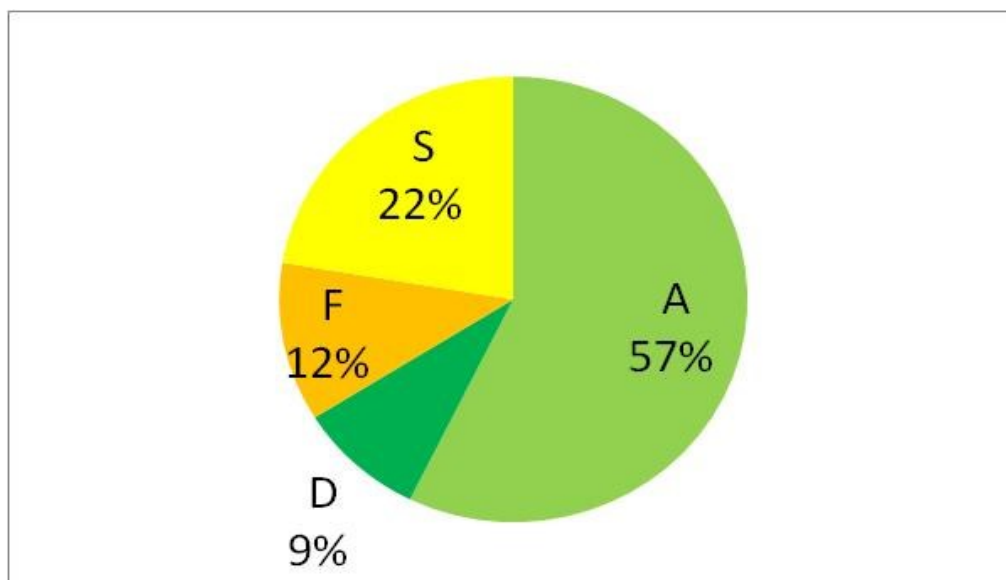


FIGURA 4 - DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES DE VEGETAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDOS. ONDE: FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA (A), FLORESTA OMBRÓFILA Densa (D), FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL (F), CERRADO (S).

A próxima classe em extensão é a Savana (S). Com (percentagem da paisagem PLAND = 22%), correspondendo á 1,1 milhão de hectares, essa classe era originalmente composta por 17 manchas, localizadas no sudoeste e nordeste da área. Predominam solos tipo Argissolo Vermelho Amarelo, com presença de Plintossolos Argilúvicos e solos concrecionários. A Savana ocorre predominantemente em relevos de planaltos residuais (Serra do Cachimbo e Serra dos Caibis) os quais se desenvolvem em rochas sedimentares de bacias paleozóicas (SEPLAN 2011). Essa unidade fitofisionômica ocupa, portanto, as áreas mais elevadas da área de estudo.

A Floresta Estacional Semidecidual (F), ocupa o terceiro lugar em proporção da paisagem (PLAND = 12%) distribuída em 41 manchas. Encontra-se predominantemente situada no sudeste da área de estudo,

com predominância de Latossolo Vermelho Escuro e Latossolos Amarelo. Essa floresta ocorre associada relevos aplainados desenvolvidos em formações aluviais recentes e, secundariamente, a relevos movimentados associados a fundo de vales e encostas encaixadas em rochas paleozóicas nas serras do Cachimbo e Caibis (SEPLAN 2011).

A Floresta Ombrófila Densa (D) é a que ocupa a menor área entre as classes de vegetação (444.8 mil ha), equivalendo a 9% da área total da paisagem. Esta encontra-se distribuída em 24 manchas. Esta situada nos extremos norte e sul da área, com predominância dos Latossolos e do Argissolo Vermelho Amarelo e em menor quantidade os Neossolos Quartzarênicos. A fitofisionomia está fortemente relacionada a relevos movimentados, associados a encostas rochosas das serras do Cachimbo e Caiabis e/ou áreas sujeitas a inundações às margens do rio Paranaíba e Teles Pires.

5.2 Evolução da Fragmentação na Área de Estudo

5.2.1 Redução do tamanho das classes de vegetação nativa na paisagem em função do desmatamento acumulado anual

A redução encontrada no tamanho das classes de vegetação natural ao longo do tempo será demonstrada através das figuras 5, 6, 7, cada uma procurando focar um aspecto diferente do processo.

Através da Figura 5, demonstra-se que a intensidade da redução das classes de vegetação contra o avanço contínuo do desmatamento em valores absolutos (hectares). Os dados da tabela do Apêndice B mostram que o crescimento ininterrupto do desmatamento desde o início da colonização (final dos anos 70) até o início do período analisado (1992) já atingia um total de 1,1 milhão de hectares ou 23% da paisagem. No final do período (2010), o desmatamento atingiu praticamente a metade da área de estudo com 2,4 milhões de hectares

desmatados. Todas as classes de vegetação sofreram redução constante de área mantendo em 2010 apenas 2.5 milhões de hectares dos 5,0 milhões de hectares originais.

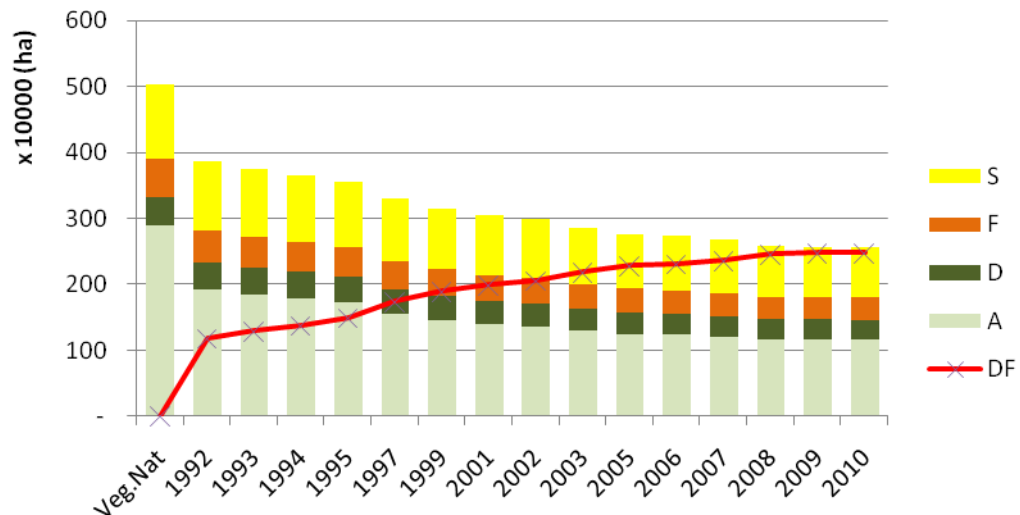


FIGURA 5 - CLASSES DE VEGETAÇÃO: FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA (A), FLORESTA OMBRÓFILA DENSA (D), FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL (F), CERRADO (S) e DESMATAMENTO (DF).

Na Figura 6 mostra-se essa relação entre a redução das classes em função do desmatamento, mas em proporções relativas medidas em percentagem. Nela é possível observar que todas as classes de vegetação perderam área de forma proporcional enquanto o desmatamento avançava ao longo do tempo, de forma que no final do período restaram apenas restando 51% da vegetação nativa. A Floresta ombrófila aberta sofreu a maior redução entre as classes, de 57% para 23%. As áreas de cerrado reduziram de 22% para 15%, enquanto a Floresta Estacional Semidecidual reduziu de 12% para 7%. A classe com a menor redução foi a Floresta Ombrófila Densa, de 9% para 6% em função de limitações da aptidão ao uso agrícola do terreno ocupado e também por ser a classe de menor participação na paisagem.

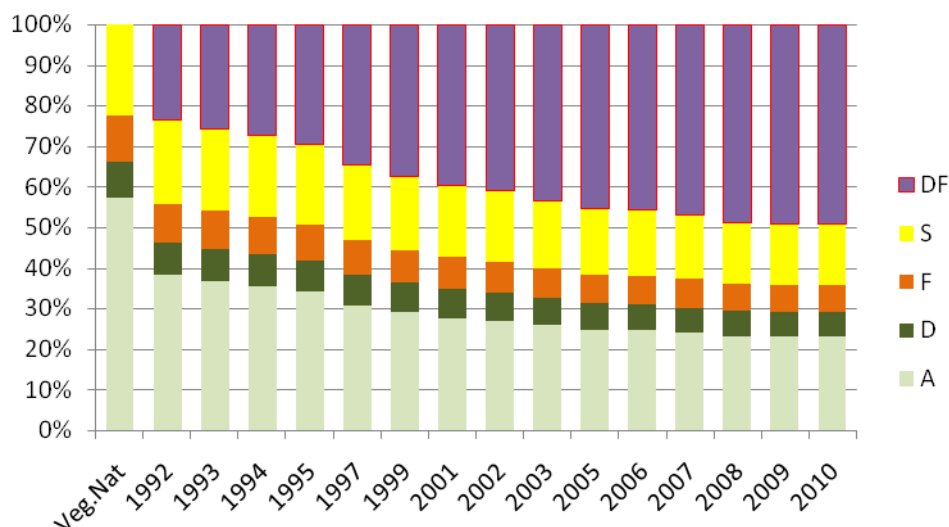


FIGURA 6 - DIMINUIÇÃO DAS CLASSES DE VEGETAÇÃO REMANESCENTE NA PAISAGEM X AUMENTO DO DESMATAMENTO
 NOTA: CLASSES DE VEGETAÇÃO: FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA (A), FLORESTA OMBRÓFILA Densa (D), FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL (F), CERRADO (S) E DESMATAMENTO (DF).

Conforme (IBGE 2003) as florestas estacionais decidual e semidecidual são as classes com menores áreas dentro do Bioma Amazônia como um todo, ocorrendo em apenas 5,4% da área. Recomenda-se, portanto atenção especial para a conservação da classe, especialmente quando está em área de expansão da fronteira agrícola, caso deste estudo.

Através da Figura 7 procura-se demonstrar através de curvas o padrão de decaimento das áreas remanescentes das classes de vegetação em função do desmatamento anualmente acumulado. Observa-se um padrão consistente de redução dos remanescentes da vegetação nativa ao longo do período analisado. No entanto, é possível observar que as classes Floresta ombrófila aberta (A) e Floresta estacional semidecidual (F) sofreram reduções mais severas em comparação à Savana densa (S) e Floresta ombrófila densa (D). No início do período analisado (1992), o desmatamento acumulado, quando comparado com a área original, já tinha deixado somente cerca de 67% de A e 83% de F na paisagem. São valores iniciais discrepantes dos

encontrados em S e em F classes que ainda conservavam em 1992 cerca de 90% da sua área original na paisagem.

A razão dessa diferença entre os valores iniciais da redução dos remanescentes entre esses dois grupos de classes fitofisionômicas, está relacionado com o processo de ocupação dessa região no final dos anos 70/ início dos anos 80. Com efeito, os projetos de assentamentos ocorreram preferencialmente nas áreas de florestas ombrófilas e, secundariamente, nas de florestas estacionais as quais apresentam melhores condições de suporte á colonização e maior riqueza em produtos florestais, em comparação ás áreas de savana e florestas ombrófilas densas. Observa-se que as florestas densas, embora com alto potencial para o extrativismo florestal, apresentam dificuldades para a exploração ocupação agrícola, pois normalmente são manchas relativamente menores que se encontram isoladas e localizadas em terrenos rugosos, associados a ocorrência de rochas graníticas e bordas de serras. Tais fatores podem ter contribuído para a melhor conservação desta classe florestal.

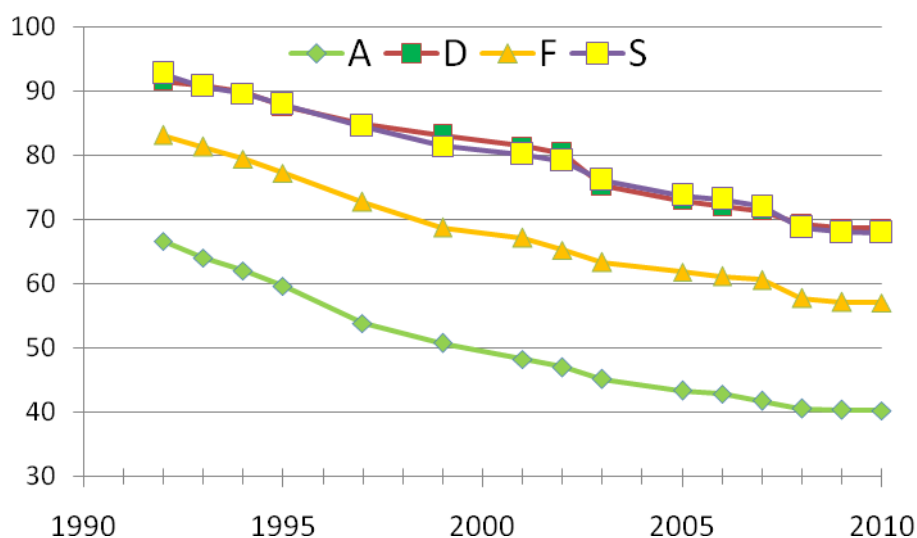


FIGURA 7 - REDUÇÃO GRADUAL DA PORCENTAGEM DAS CLASSES DE VEGETAÇÃO NATIVA REMANESCENTES NA PAISAGEM NO PERÍODO 1992-2010. FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA (A), FLORESTA OMBRÓFILA DENSA (D), FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL (F), SAVANA (S) e AUMENTO DO DESMATAMENTO (DF).

A partir do ponto inicial, as curvas mostram que a intensidade da redução da vegetação nativa segue de forma linear negativa tendendo a zero até o ano de 2007. A partir daí observa-se em todas as classes uma tendência à estabilidade da redução da vegetação nativa mostrando que a conversão para uso do solo segue em ritmo mais lento até o final do período (2010). Muitos fatores podem estar relacionados com essa relativa estabilidade no ritmo da conversão, análise dos quais estão além do escopo deste trabalho.

De modo geral, a análise da Figura 7 permite observar:

1- A Floresta ombrófila aberta (A) e a Floresta estacional semidecidual (F) seguem padrões distintos de redução gradual, sendo que a primeira encontra-se sempre com uma intensidade de redução (ou seja, de conversão para uso do solo) de pelo menos 15% maior que a primeira;

2- As curvas da Floresta Ombrófila Densa (D) e Savana (S) apresentam-se praticamente sobrepostas em todo período analisado, o que pode estar relacionado com o fato de que ambas as classes encontram-se em terrenos mais difíceis e/ou de interesse marginal à ocupação;

3- As observações anteriores mostram que ao longo do tempo, a conversão para uso do solo ocorre de forma seletiva, muito mais fortemente nas classes (A) e (F) do que nas (D) e (S);

4- A quantidade de área ainda remanescente no final do período em todas as classes está diretamente relacionada com a percentagem encontrada no início da série (1992), de modo que as classes que estavam com maior nível relativo de conservação (S e D) mantiveram-se assim durante todo o período analisado, e vice-versa.

É importante considerar que a área de estudo é praticamente desprovida de áreas protegidas de grande tamanho (terras indígenas e unidades de conservação), excetuando-se apenas um setor menor que 5% situado junto à divisa com o estado do Pará (Parque Estadual do Cristalino), (SEMA 2009).

Assim, embora seja possível observar na paisagem níveis significativos de remanescentes de todas as classes (mínimo de 40% de

Floresta ombrófila aberta a máximo de 69% de Floresta ombrófila densa), na ausência de grandes espaços protegidos, a tendência é que muitos destes remanescentes não reúnam condições adequadas de suporte à biodiversidade e possam mesmo desaparecer ao longo do tempo como tem sido demonstrado por (RIBEIRO et al., 2009) para remanescentes da vegetação nativa na Mata Atlântica.

Desse modo, não é possível afirmar que tais áreas remanescentes sejam suficientes para a conservação da biodiversidade nessa região em níveis originais, pois outros fatores interferem fortemente na qualidade ecológica dos fragmentos incluindo a distância, o tamanho, a forma e o tipo de matriz. No entanto, apesar da relevância, tais fatores não puderam ser analisados neste trabalho.

5.2.2 Correlação entre o aumento do número de fragmentos (NP) com a redução da área das classes de vegetação nativa (CA)

Nesta seção buscou-se demonstrar os padrões encontrados nessa correlação para cada classe de vegetação analisada. Na Figura 8 os gráficos demonstram a redução gradual das áreas ao mesmo tempo em que crescem o número de fragmentos nas quatro classes presentes na área de estudo. Pode-se constatar que a Floresta ombrófila aberta (A), com a maior área total, (2.8 milhões de hectares) e com maior número de fragmentos (13.212) foi a mais fragmentada em números absolutos e com maior redução de área total entre as classes. Já a Floresta ombrófila densa (D) com menor área total na configuração original da paisagem apresentou também menor número de fragmentos no final do período. Em geral as classes apresentam comportamento semelhante com redução proporcional, mostrando que foram igualmente afetados pelo desmatamento, com tendência a diminuir e estabilizar nos últimos anos do período analisado, pela diminuição de áreas disponíveis para novos desmatamentos.

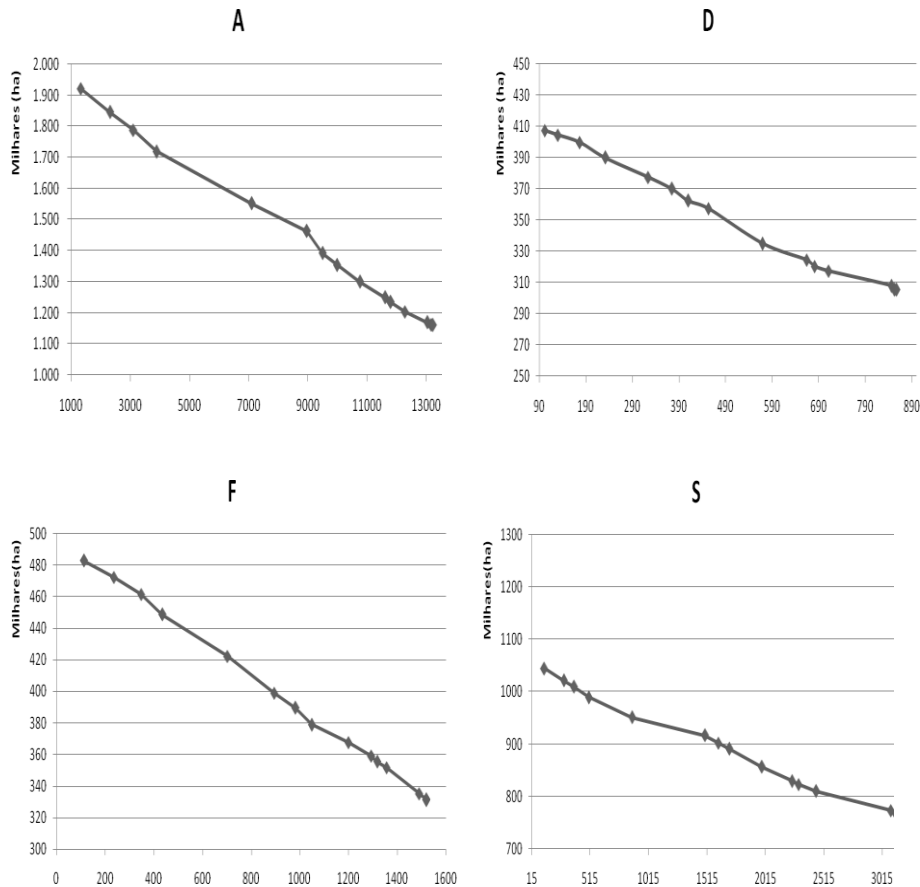


FIGURA 8 - RELAÇÃO ÁREA TOTAL DA CLASSE (CA) X NÚMERO DE FRAGMENTOS (NP) NAS CLASSES DE VEGETAÇÃO FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA (A), FLORESTA OMBRÓFILA Densa (D), FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL (F), SAVANA Densa (S) NO INTERVALO 1992-2010.

5.2.3 Razão entre a redução do tamanho das classes e o aumento do número de fragmentos

Na Figura 9 a razão entre as áreas das classes (CA) pelo número de fragmentos (NP) produzidos a cada ano foi comparada ao longo da série temporal. O objetivo foi demonstrar em um único gráfico a tendência seguida por cada classe em produzir fragmentos mais numerosos, porém com tamanho médio cada vez menor. Nesse caso, é de se esperar que a progressão do desmatamento com o passar dos anos produza razões CA/NP cada vez menores. Embora essa seja uma

consequência lógica da introdução do desmatamento, que forçosamente se desenvolve às expensas das classes de vegetação nativa em uma paisagem de área constante, a análise dessa tendência pode mostrar a resposta da vegetação frente ao desmatamento, individualizada de cada tipo de classe fitofisionômica. É importante ressaltar a tendência estrutural de diminuição drástica do fluxo gênico nas populações, com perda do equilíbrio que existia na matriz, antes das intervenções antrópicas.

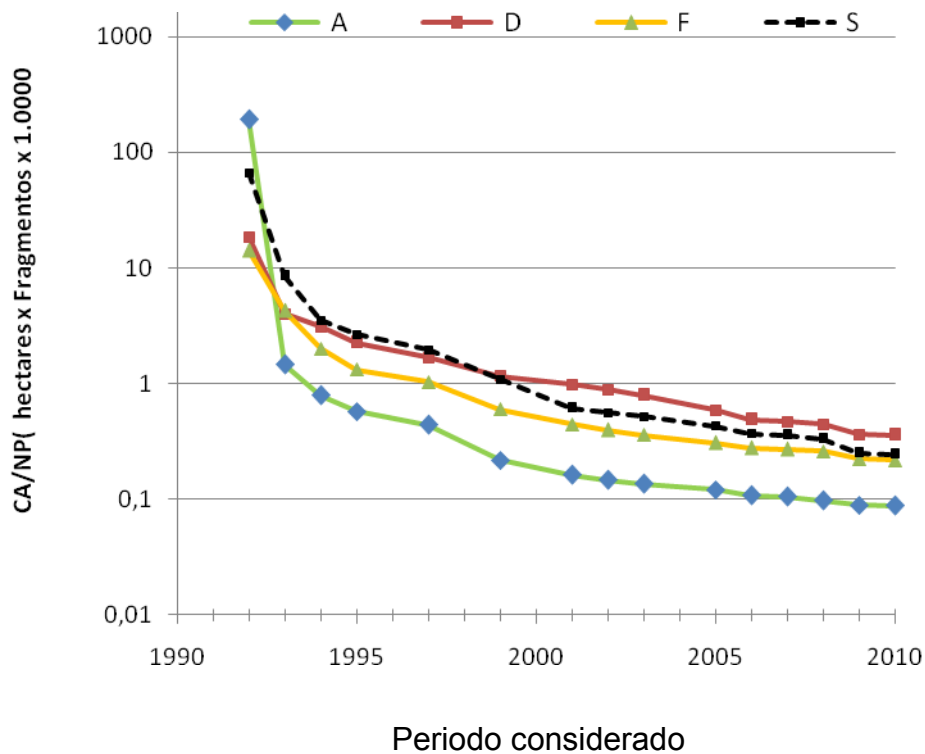


Figura 9 - RAZÃO ENTRE O TAMANHO DAS CLASSES DE VEGETAÇÃO NATIVA (CA) COM O NÚMERO DE FRAGMENTOS (NP) NO PERÍODO ANALISADO (1992-2010). FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA (A); FLORESTA OMBRÓFILA DENSA (D); FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL (F); SAVANA (S).

Com relação á vegetação nativa, observa-se que a razão CA/NP segue um padrão exponencial negativo em todas as classes (FIGURA 9, Tabela 4). A partir do ponto inicial, que representa o valor da razão antes do desmatamento, o valor de CA/NP vai decrescendo exponencialmente com o tempo. Isso é consistente com uma configuração original em que cobertura vegetal era constituída por um número relativamente pequeno de grandes manchas de vegetação, portanto com alto CA/NP inicial. Em função do crescente aumento das

áreas desmatadas, as grandes manchas originais de todas as classes vão se dividindo em grande número de fragmentos cada vez menores, de modo que a cada ano, CA/NP vai diminuindo gradualmente.

Entretanto, os valores de CA/NP são diferenciados por cada tipo de classe analisada. Desse modo, a Floresta ombrófila aberta (A) que apresentava originalmente maior razão CA/NP, vai apresentar ao longo do tempo o maior redução da razão, seguida pela Floresta Estacional Semidecidual (F), Floresta ombrófila densa (D) e Savana (S). Essa ordem guarda estreita relação com a configuração original da paisagem, de modo que as classes com maior participação são aquelas que mais sofreram redução de área e aumento no número de fragmentos. Todavia, observa-se que as classes (D e S), que eram menos representadas na configuração original, passam a sofrer maior intensidade de redução da razão área/número de fragmentos a partir de 2001, quando então seguem padrão semelhante ao verificado nas classes de maior participação em área na paisagem (A e F). Portanto, as classes (D e S), que haviam sido poupadas nos anos iniciais da colonização, passam a sofrer o mesmo processo de conversão para pecuária e agricultura.

A análise da evolução razão CA/NP no tempo mostra que esta reduziu para valores insignificantes em relação ao original em todas as classes (Tabela). Assim, a Floresta ombrófila aberta que originalmente apresentava 2,8 milhões de hectares distribuídos por 15 manchas (ou seja, com relação CA/NP de 192,2 mil hectares para cada mancha) vai apresentar-se no final do período com uma razão de apenas 87 hectares por fragmento. A mesma redução drástica ocorre com a Floresta estacional semidecidual: os 14,1 mil hectares por mancha originalmente encontrados na paisagem encontraram-se reduzidos a 217 hectares por fragmento em 2010. As classes minoritárias na paisagem Floresta ombrófila densa (D) e Savana (S) não tiveram melhor destino. A primeira (D) teve uma redução de 18,5 mil hectares por mancha na configuração original para 356 hectares por fragmento em 2010, enquanto a segunda (S) experimentou uma redução de 66,2 mil hectares por mancha para 242 hectares por fragmento no mesmo período.

Todavia, é possível observar que o avanço da conversão da vegetação nativa tende a produzir grande número de fragmentos de pequeno tamanho ao longo do tempo e em todas as classes (Tabela 4). A posterior conversão destes pequenos fragmentos não poderia, portanto, proporcionar altas taxas de redução incremental como a ocorrida entre 1992 a 2007 quando grandes manchas de vegetação nativa ainda dominavam a paisagem. Na Tabela 4 os dados foram tabulados em números absolutos, a razão CA/NP em hectares, das respectivas áreas das classes de vegetação e do desmatamento total da classe (CA) e dos números de fragmentos (NP), mostrando a diminuição das áreas dos fragmentos no intervalo de anos analisados.

Assim, o resultado da análise da razão CA/NP mostra que no final do período de 14 anos de desmatamento acumulado, a paisagem encontra-se configurada predominantemente por fragmentos de pequeno tamanho em todas as classes estudadas. Embora todas as classes tenham mostrado um comportamento exponencial, pode-se perceber que cada uma delas apresentou uma resposta particular ao desmatamento acumulado no período analisado.

TABELA 4 - RAZÃO CA/NP ÁREA TOTAL DA CLASSE (CA) X NÚMERO DE FRAGMENTOS (NP) NAS CLASSES DE VEGETAÇÃO FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA (A), FLORESTA OMBRÓFILA Densa (D), FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL (F), SAVANA (S) NO INTERVALO (1992-2010).

ANO	CLASSES DE VEGETAÇÃO				DESMATAMENTO
	A	D	F	S	DF
	CA/NP	CA/NP	CA/NP	CA/NP	CA/NP
Veg.Nat	192.259,93	18.536,46	14.166,56	66.216,29	0
1992	1.453,64	3.992,88	4.272,84	8.489,75	1.108,30
1993	796,55	3.110,88	2.009,78	3.523,39	1.107,36
1994	576,49	2.257,65	1.326,17	2.677,34	1.092,09
1995	442,44	1.680,69	1.031,47	1.966,85	1.255,04
1997	218,84	1.164,83	600,82	1.087,19	1.283,74
1999	163,40	986,57	446,16	611,91	1.528,82
2001	146,68	883,58	396,77	559,70	1.004,77
2002	135,73	788,80	361,16	521,42	948,38
2003	120,92	588,41	306,69	431,59	929,24
2005	107,71	488,47	277,67	369,65	850,52
2006	104,75	470,17	269,53	358,11	753,16
2007	98,12	446,21	259,43	330,68	765,31
2008	89,80	363,73	224,74	250,35	849,83
2009	88,29	357,94	218,06	243,95	864,68
2010	87,80	356,07	217,94	242,51	867,68

6 CONCLUSÕES

Os resultados caracterizaram as mudanças espaciais na paisagem causadas pela ação dinâmica do desmatamento ao longo da série temporal dos 14 anos analisados:

- A sequência de mapas digitais anuais elaborados demonstraram de forma visual a forte eliminação das classes de vegetação na paisagem e o aumento da área desmatada. O desmatamento assumiu a posição de matriz na paisagem às expensas principalmente da Floresta ombrófila aberta, que abrangia originalmente a maior área na paisagem.
- Os padrões espaciais da fragmentação da vegetação nativa nas classes de vegetação com o avanço do desmatamento ao longo da análise temporal levou a redução gradual no tamanho das classes de vegetação. Isto ocasionou como consequência o aumento no número de fragmentos, que reduziram muito fortemente as respectivas áreas até o final da série em 2010.
- A correlação entre a redução do tamanho dos fragmentos e o aumento do número destes nas classes de vegetação, demonstrada através da análise da evolução da razão CA/NP no tempo, mostra que esta reduziu-se para valores muito baixos em relação à vegetação original, em todas as classes, seguindo curvas exponenciais negativas. A diminuição da razão CA/NP demonstra que o tamanho médio dos fragmentos tem diminuído com o tempo à medida em que se aumenta o número de fragmentos de cada classe.

Analisando-se a redução do tamanho médio dos fragmentos dentro das classes de vegetação, não é possível afirmar que o tamanho

desses fragmentos seja suficiente para a manutenção adequada da biodiversidade nessa região em níveis ideais.

Os resultados mostram tendências na análise temporal que podem ser usadas como subsídios na tomada de decisões em políticas públicas e privada para as zonas em que ocorre a expansão da fronteira agrícola na Amazônia.

APÊNDICES
APÊNDICE A

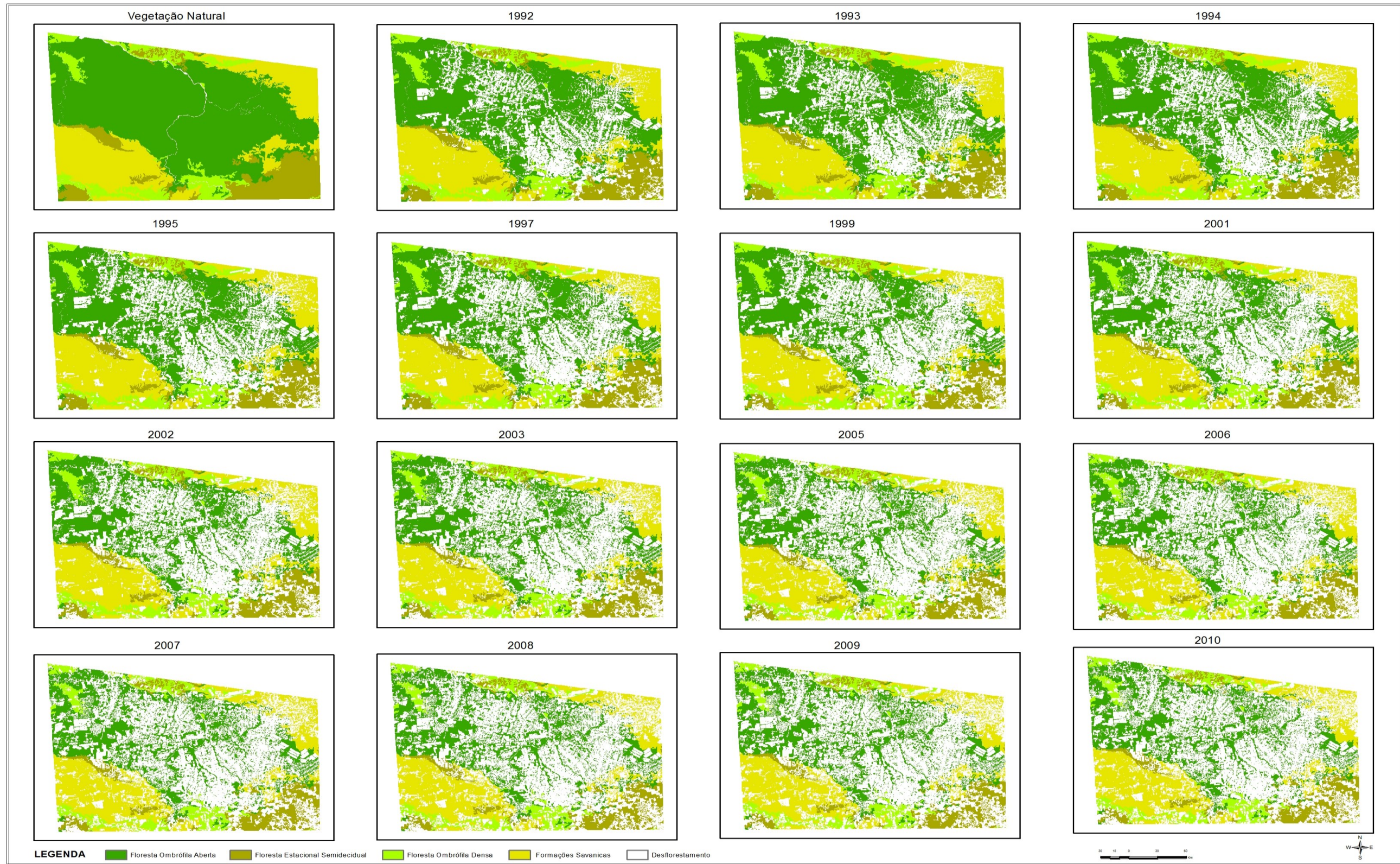


FIGURA 10 - SÉRIE DE MAPAS COM A VEGETAÇÃO NATIVA ORIGINAL E COM O DESMATAMENTO ACUMULADO NO PERÍODO ANALISADO.

APÊNDICE B

TABELA 5 - ESTRUTURA GERAL DOS DADOS DA FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM NOS ANOS ESTUDADOS

ANOS	CLASSES DE VEGETAÇÃO												DESMATAMENTO		
	A			D			F			S			DF		
	CA (ha)	PLAND (%)	NP	CA (ha)	PLAND (%)	NP	CA (ha)	PLAND (%)	NP	CA (ha)	PLAND (%)	NP	CA (ha)	PLAND (%)	NP
Veg Nativa	2.883.899	57	15	444.875	9	24	580.829	12	41	1.125.677	22	17	-	0	0
1992	1.921.708	38	1322	407.274	8	102	482.831	10	113	1.044.239	21	123	1.179.228	23	1064
1992 - 1993	1.845.597	37	2317	404.415	8	130	472.299	9	235	1.021.783	20	290	1.291.186	26	1166
1992 - 1994	1.787.693	36	3101	399.604	8	177	461.506	9	348	1.009.357	20	377	1.377.120	27	1261
1992 - 1995	1.718.864	34	3885	389.919	8	232	448.691	9	435	989.327	20	503	1.488.479	30	1186
1992 - 1997	1.552.451	31	7094	377.404	7	324	422.375	8	703	951.287	19	875	1.731.763	34	1349
1992 - 1999	1.463.240	29	8955	369.963	7	375	398.867	8	894	916.647	18	1498	1.886.563	37	1234
1992 - 2001	1.391.710	28	9488	362.268	7	410	389.624	8	982	902.243	18	1612	1.989.435	40	1980
1992 - 2002	1.354.326	27	9978	357.325	7	453	378.854	8	1049	890.582	18	1708	2.054.193	41	2166
1992 - 2003	1.299.765	26	10749	334.803	7	569	367.727	7	1199	856.705	17	1985	2.176.280	43	2342
1992 - 2005	1.248.967	25	11596	324.346	6	664	359.028	7	1293	829.504	16	2244	2.273.435	45	2673
1992 - 2006	1.235.230	25	11792	320.185	6	681	355.245	7	1318	822.948	16	2298	2.301.672	46	3056
1992 - 2007	1.203.502	24	12266	317.257	6	711	351.781	7	1356	810.167	16	2450	2.352.573	47	3074
1992 - 2008	1.169.093	23	13019	307.714	6	846	335.092	7	1491	773.321	15	3089	2.450.060	49	2883
1992 - 2009	1.161.994	23	13161	305.319	6	853	331.444	7	1520	765.261	15	3137	2.471.262	49	2858
1992 - 2010	1.160.039	23	13212	305.151	6	857	331.049	7	1519	764.406	15	3152	2.474.635	49	2852

Nota: A = Floresta ombrófila aberta; D = Floresta ombrófila densa; F = Floresta estacional semidecidual; S = Savana estacional e DEF = Desflorestamento, CA = Área total da Classe (ha), Pland = Percentagem da paisagem (%) e NP= Número de Fragmentos.

APÊNDICE C

TABELA 6 - ESTRUTURA GERAL DOS DADOS DAS ÁREAS DESMATADAS E REMANESCENTE E AS TAXAS RESIDUAIS E PERCENTUAIS

A						D				
Anos	Área Residual (ha)	Área Desmatada (ha)	Taxa da Área Desmatada (%)	Taxa da Área Residual (%)	Percentagem remanescente na paisagem	Área Residual (ha)	Área Desmatada (ha)	Taxa da Área Desmatada (%)	Taxa da Área Residual (%)	Percentagem remanescente na paisagem
Veg.Nat	2.883.899	0	0	0	100	444.875	0	0	0	100
1992	1.921.708	962.191	100	33,36	66,64	407.274	37.601	100	8,45	91,55
1993	1.845.597	76.111	92,09	3,96	64,00	404.415	2.859	34.742	0,70	90,91
1994	1.787.693	57.904	23,92	3,14	61,99	399.604	4.811	1.952	1,19	89,82
1995	1.718.864	68.829	18,87	3,85	59,60	389.919	9.685	4.874	2,42	87,65
1997	1.552.451	166.413	141,78	9,68	53,83	377.404	12.515	2.830	3,21	84,83
1999	1.463.240	89.211	46,39	5,75	50,74	369.963	7.441	5.074	1,97	83,16
2001	1.391.710	71.530	19,82	4,89	48,26	362.268	7.695	254	2,08	81,43
2002	1.354.326	37.384	47,74	2,69	46,96	357.325	4.943	2.752	1,36	80,32
2003	1.299.765	54.561	45,95	4,03	45,07	334.803	22.522	17.579	6,30	75,26
2005	1.248.967	50.798	6,90	3,91	43,31	324.346	10.457	12.065	3,12	72,91
2006	1.235.230	13.737	72,96	1,10	42,83	320.185	4.161	6.296	1,28	71,97
2007	1.203.502	31.728	130,97	2,57	41,73	317.257	2.928	1.233	0,91	71,31
2008	1.169.093	34.409	8,45	2,86	40,54	307.714	9.543	6.615	3,01	69,17
2009	1.161.994	7.099	79,37	0,61	40,29	305.319	2.395	7.148	0,78	68,63
2010	1.160.039	1.955	72,46	0,17	40,22	305.151	168	2.227	0,06	68,59

F						S				
Anos	Area Residual (ha)	Area Desmatada (ha)	Taxa da Área Desmatada (%)	Taxa da Área Residual (%)	Percentagem remanescente na paisagem	Area Residual (ha)	Area Desmatada (ha)	Taxa da Área Desmatada (%)	Taxa da Área Residual (%)	Percentagem remanescente na paisagem
Veg.Nat	580.829	0	0	0	100	1.125.677	0	0	0	100
1992	482.831	97.998	100,0	16,87	83,13	1.044.239	81.438	100,0	7,23	92,77
1993	472.299	10.532	89,25	2,18	81,31	1.021.783	22.456	-262,7	2,15	90,77
1994	461.506	10.793	2,48	2,29	79,46	1.009.357	12.426	-80,7	1,22	89,67
1995	448.691	12.815	18,73	2,78	77,25	989.327	20.030	38,0	1,98	87,89
1997	422.375	26.316	105,35	5,87	72,72	951.287	38.040	47,3	3,85	84,51
1999	398.867	23.508	10,67	5,57	68,67	916.647	34.640	-9,8	3,64	81,43
2001	389.624	9.243	60,68	2,32	67,08	902.243	14.404	-140,5	1,57	80,15
2002	378.854	10.770	16,52	2,76	65,23	890.582	11.661	-23,5	1,29	79,12
2003	367.727	11.127	3,31	2,94	63,31	856.705	33.877	65,6	3,80	76,11
2005	359.028	8.699	21,82	2,37	61,81	829.504	27.201	-24,5	3,18	73,69
2006	355.245	3.783	56,51	1,05	61,16	822.948	6.556	-314,9	0,79	73,11
2007	351.781	3.464	8,43	0,98	60,57	810.167	12.781	48,7	1,55	71,97
2008	335.092	16.689	381,78	4,74	57,69	773.321	36.846	65,3	4,55	68,70
2009	331.444	3.648	78,14	1,09	57,06	765.261	8.060	-357,1	1,04	67,98
2010	331.049	395	89,17	0,12	57,00	764.406	855	-842,7	0,11	67,91

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. G. **Análise espacial dos fragmentos florestais na área do Parque Nacional dos Campos Gerais**. 2008. 74p. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) – Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa. Paraná.

ALDRICH, S.; WALKER, R.; SIMMONS, C.; CALDAS, M.; PERZ, S. Contentious Land Change in the Amazon's Arc of Deforestation. **Annals of the Association of American Geographers**. 2012. V.102, p.103-128.

ANTUNES, A., F., B. **Classificação de ambiente ciliar baseada em orientação a objeto em imagens de alta resolução espacial**. 2003. 147 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

ALVES, C. D.; PEREIRA, M. N.; FLORENZANO, T. Z.; SOUZA, I. M. Análise orientada a objeto no mapeamento de áreas urbanas com imagens Landsat. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 15, p. 120-141, 2009.

ARAÚJO, E. H. G. **Análise multitemporal de cenas do satélite QuickBird usando um novo paradigma de classificação de imagens e inferências espaciais. Estudo de caso: Belo Horizonte, MG**. 2006. 175 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

BAATZ, M.; SCHAPE, A. Multiresolution Segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 58, p. 12-23, 2000.

BECKER, B. K. Cenários de curto prazo para o desenvolvimento da Amazônia. **Cadernos NADIAM**, Brasília, MMA, 1999, 10p.

BECKER, B. K. Geopolítica da Amazônia. **ESTUDOS AVANÇADOS** v.19, p.71-86, 2005.

BURNETT, C.; BLASCHKE, T. A multi-scale segmentation/object relationship modeling methodology for landscape analysis. **Ecological Modelling**, v. 168, p. 233-249, 2003.

CABACINHA, C. D. ; CASTRO, S. S. GONÇALVES, D. A . Análise da estrutura da paisagem da alta bacia do rio Araguaia na savana brasileira, **FLORESTA**, Curitiba, PR, V.40, p. 675-690, out./dez. 2010

CARROL, D., STEVE, M. The Accuracy of Spotmaps on a Continental Scale – Presented at the 15 ARSPC - Alice Springs 13 – 17 September, 2010. Disponível em: <http://www2.astrium-geo.com/files/pmedia/public/r118_9_spotmaps_australia_accuracy.pdf>

CENEC, 2008. Zoneamento Sócio-Econômico-Ecológico do Estado de Mato Grosso – **Relatório Técnico e Projeto de Lei. Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico.** Cuiabá. Mato Grosso.

CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, .v.37, p.35-46, 1991.

COUTINHO, L.M. O conceito de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v.1, p. 17-23, 1978.

COUTO, P. Análise factorial aplicada a métricas da paisagem definidas em FRAGSTATS. **Investigação operacional**, n. 24, p. 109-137, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.oces.mctes.pt/scielo.php?>>. Acesso em: 10 de out. 2013.

CURVO, R.J.C.B., Vieira, L.R. Pinto, C.E. Sustentabilidade socioambiental no contexto do zoneamento Sócio, Econômico e ecológico de Mato Grosso – ZSEE/MT – Brasil **Revista Partes**, 2010. Disponível em: <<http://www.partes.com.br/socioambiental/>>. Acesso em: 18 de out. 2013

FORMAN, R.T.T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York: John Wiley and Sons, 1986. 619 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: Série: Manuais Técnicos em Geociências, n. 1, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geostatísticas de Recursos Naturais da Amazônia Legal**. Manuais Técnicos em Geociências, n.8, 2003

JENSEN, J.R. **Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective**. 2. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1996, 316 p.

MARTINS, E. S. ET al. **Ecologia de Paisagem: conceitos e aplicações potênciais no Brasil**. 1. ed. Planaltina, DF. Embrapa Cerrados, 2004.

MC GARIGAL, K., CUSHMAN, S. A.; 2012. FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. **Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts**, Amherst. <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.htm>> Acesso em 01 de fevereiro de 2014.

METZGER, J.P. O que é ecologia de paisagem? **Biota Neotropica**, Campinas, v. 1, n.1/2, dez. 2001. Biota Neotropica v1. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/>> Acesso em 15 de agosto de 2013.

MICOL, L.; ANDRADE, J.; BORNER, J.; **Redução das Emissões do Desmatamento e da Degradação (REDD): Potencial de aplicação em Mato Grosso** . Alta Floresta-MT: ICV, 2008. 95p.

MITCHELL, N.; ROSSLER, M.; TRICAUD, P.M. **World heritage cultural landscape: a handbook for conservation and management**. World Heritage Paper n.26, Paris, UNESCO, 2009. 137p.

MORTON, D. C. et al. Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences** v.103, p.14637-14641, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0606377103>>. Acesso em 03 fev. 2014.

NAVEH, Z.; Some remarks on recent developments in landscape ecology as a transdisciplinary ecological and geographical science. **Landscape Ecology**, v.5, n.2, p.65-73, 1991

PEREIRA, J.L.G.; BATISTA, G.T.; THALES, M.C.; ROBERTS, D.A.; VENTURIERI, A. Métricas da paisagem na caracterização da evolução da ocupação da Amazônia. **Geografia**, Rio Claro, v. 26, n.1, p. 59-90, abr. 2001.

POLETTE, M. **Paisagem: uma reflexão sobre um amplo conceito. Turismo Visão e Ação**. Ano 2, p. 83-94, 1999.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J.P.; MARTENSEN, A.C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M.; The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed. Implications for conservation. **Biological Conservation**, v.142, p.1141-1153, 2009.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE – Plano de Manejo do Parque Estadual do Cristalino – Volume I: **Diagnostico Ambiental e Socioeconômico**. 172 p.Cuiaba. 2009.

SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL - **Diagnostico e Zoneamento Sócio-Econômico-Ecológico – ZSEE–MT**. Cuiaba. 1998.

SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL – **ATLAS DE MATO GROSSO: ABORDAGEM SOCIOECONÔMICA**. Cuiaba. 2011. 96p.

FEARNSIDE, P. M.; Deforestation Control in Mato Grosso: A New Model for Slowing the Loss of Brazil's Amazon Forest. **AMBIO: A Journal of the Human Environment**, 32: p. 343-345, 2003.

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

FEARNSIDE, P. M.; Brazil's Amazon Forest in mitigating global warming: unresolved controversies. **Climate Policy**, 12(1): p. 70-81, 2012.

SOARES FILHO, B.S. **Análise da paisagem: fragmentação e mudanças.** Belo Horizonte: UFMG, dez. 2008.

VELOSO, H.P. et AL, **As regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos. Estudo fitogeográfico.** In: Brasil. DNPM. Radam. Folha Araguaia - SB.22, Rio de Janeiro, 1974.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurements of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, p. 159-174, 1977.

LATRUBESSE, E.M.; STEVAUX, J.C. Características físico-bióticas e problemas ambientais associados à planície aluvial do Rio Araguaia. **Revista UnG-Geociências**, v.5, p. 65-73, 2006.

LEITÃO, A.B.; MILLER, J., AHERN, J. &McGARIGAL, K., 2006. **Measuring Landscapes: A Planner's Handbook.** Washington, DC: Island Press

LUZ, N.; ANTUNES, A. F. B.; TAVARES JUNIOR, J. B. Segmentação Multiresolução e Classificação Orientada a Objetos Aplicados a Imagens Spot-5 para o Mapeamento do Uso da Terra. **Revista Floresta**, v. 40, p. 1-12, 2009.

MILESKI, E. **Aspecto da vegetação e do ecossistema da Ilha do bananal. Mapa fitoecológico e indicadores da pressão antrópica.** Brasília: Gráfica da Secretária de Assuntos Estratégicos, 1994. 104 p.

PINHO, C. M. D. **Análise orientada a objetos de imagens de satélites de alta resolução espacial aplicada à classificação de cobertura do solo no espaço intra-urbano: o caso de São José dos Campos.** 2005. 180 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

SANTIAGO, A. R.; PEREIRA JÚNIOR, A. C. Mapeamento da cobertura da terra dos Parques Estaduais do Jalapão (PEJ), Cantão (PEC) e município de Itaguatins (Tocantins). **Revista Ambiência**, v. 6, p. 109-124, 2010.

SOBRINHO, T.A.; OLIVEIRA, P.T.S.; RODRIGUEIS, D.B. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Revista Engenharia Agrícola**, v.30, p. 46-57, 2010.

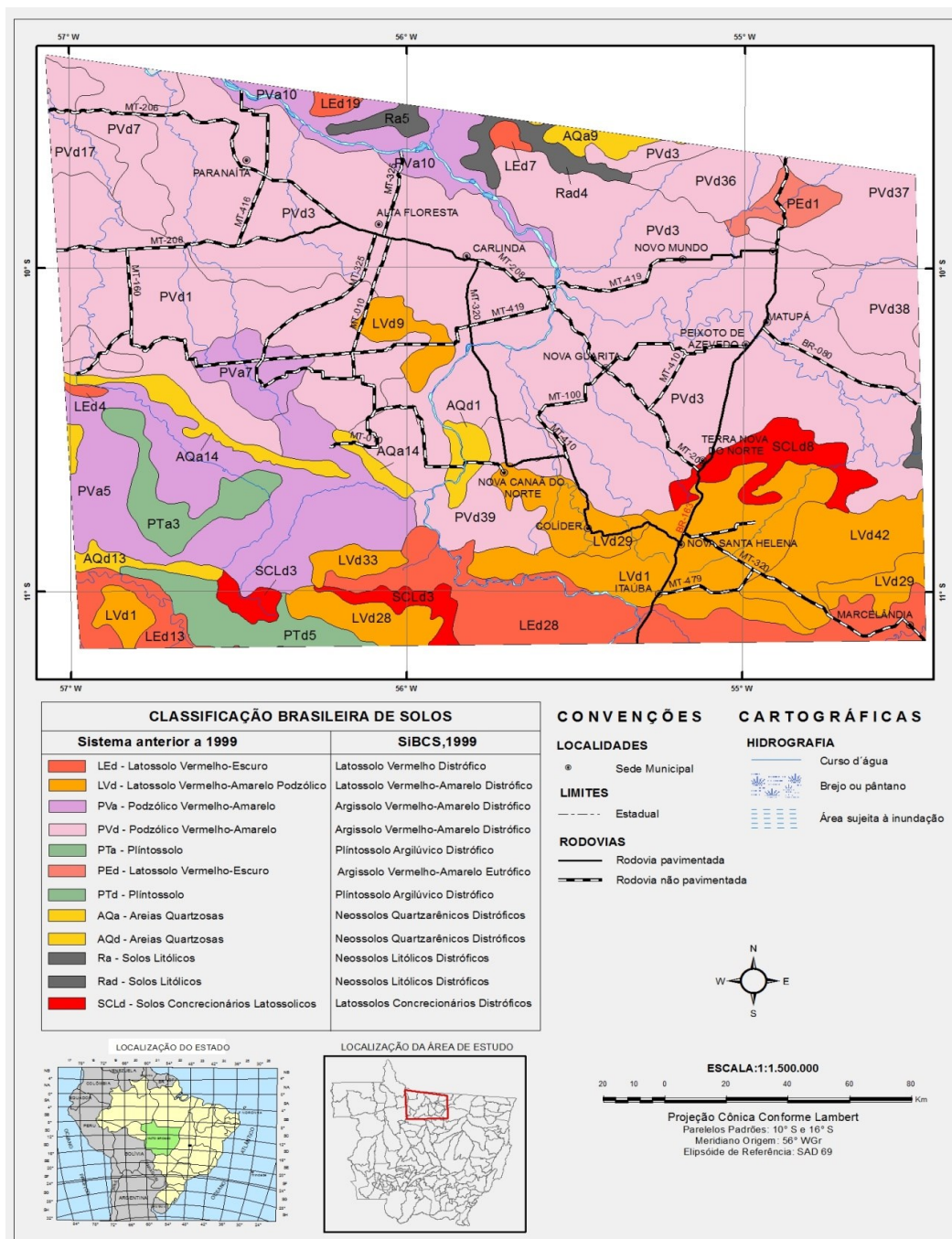
WATRIN, O. S.; VENTURIERI, A.; Métricas de paisagem na avaliação da dinâmica do uso da terra em projetos de assentamentos no Sudeste Paraense, In: **12º Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)** Goiânia. p. 3433-3440, 2005.

ZELLER, K.A., K McGARIGAL, and WHITELEY, A.R., Estimating landscape resistance to movement: a review. **Landscape Ecology**, v. 27, p.777-797, 2012.

ZONNEVELD, I. S. The land unit: a fundamental concept in landscape ecology, and its application. **Landscape Ecology**, V.5(2), p.67-86. 1989.

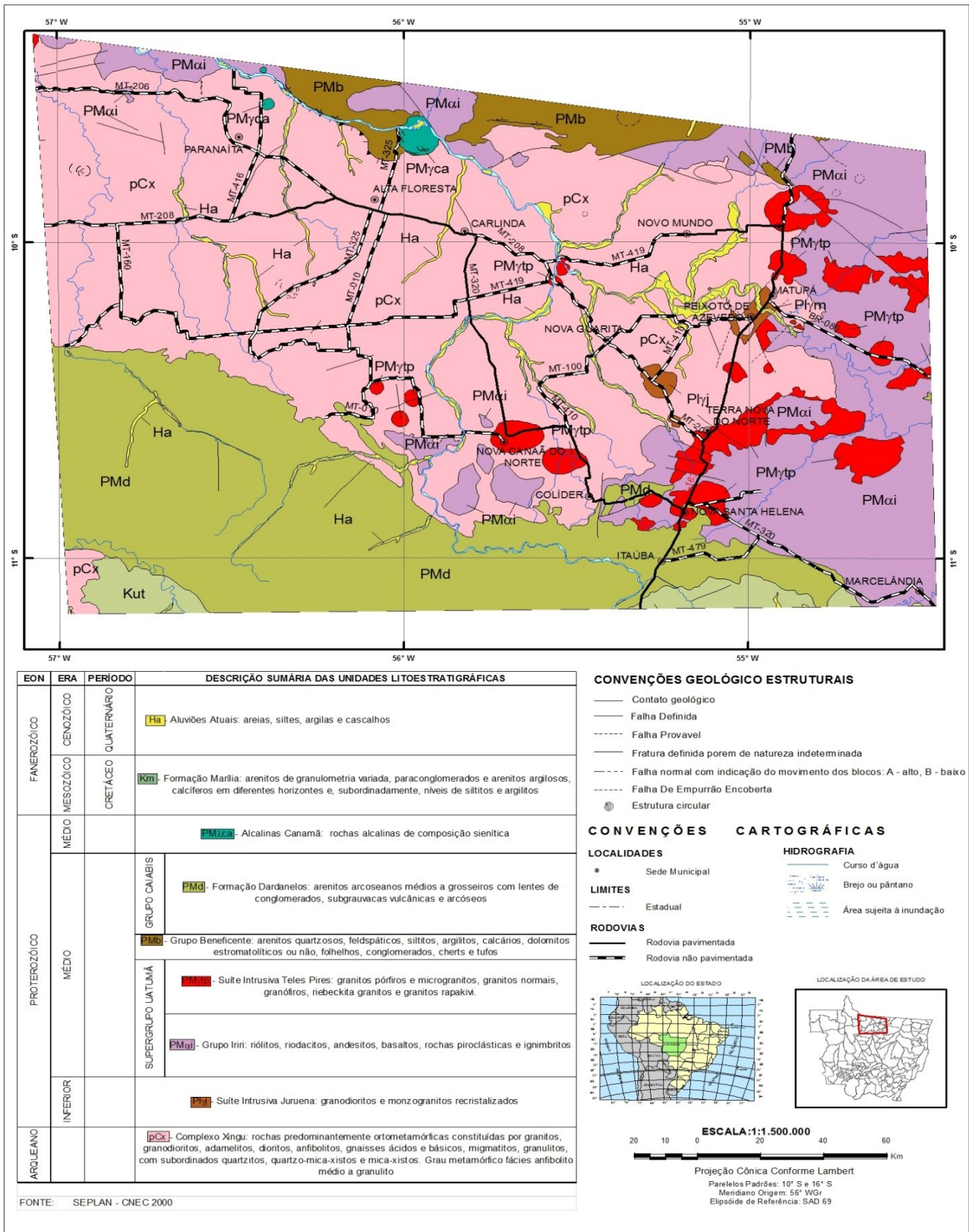
ANEXOS

1. RELAÇÃO DOS SOLOS



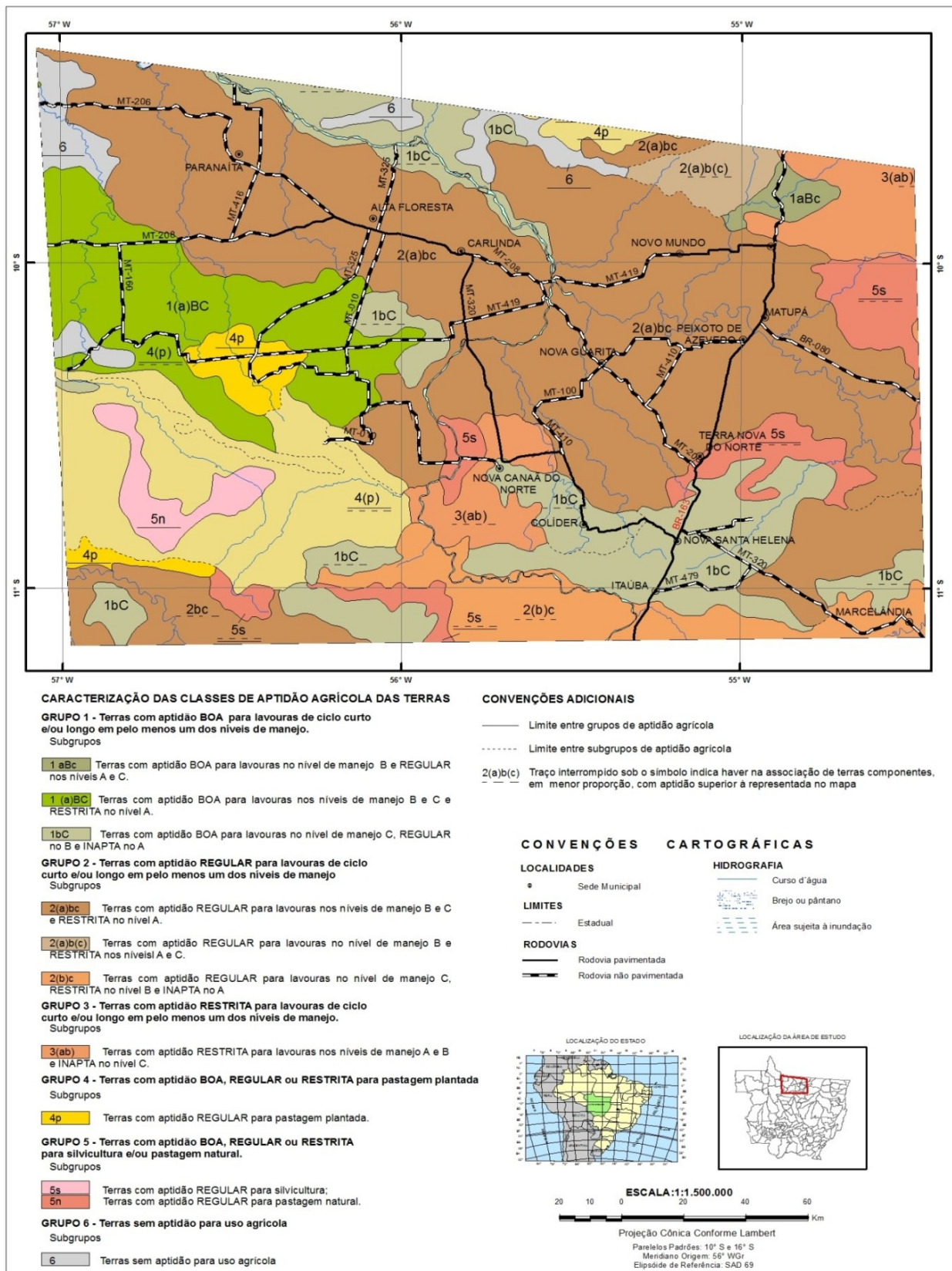
Fonte: adaptado de Seplan-MT, (2003).

2. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS



Fonte: adaptado de Seplan-MT, (2003).

3. CARACTERIZAÇÃO DAS CLASSES DE APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS



Fonte: adaptado de Seplan-MT, (2003).