

**MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
GEOGRAFIA**



ADRIANO ÁVILA GOULART

**ECOLOGIA E EVOLUÇÃO DA PAISAGEM DO PARQUE
ESTADUAL DO CERRADO (JAGUARIAÍVA - PR) E DE SUA
ZONA DE AMORTECIMENTO**

CURITIBA
2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ADRIANO ÁVILA GOULART

**ECOLOGIA E EVOLUÇÃO DA PAISAGEM DO PARQUE
ESTADUAL DO CERRADO (JAGUARIAÍVA - PR) E DE SUA
ZONA DE AMORTECIMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, nível Mestrado, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientação: Prof. Dr. Everton Passos

Co-orientação: Prof. Dr. João Carlos Nucci

CURITIBA
2014

FICHA CATALOGRÁFICA

G694e

Goulart, Adriano Ávila

Ecologia e evolução da paisagem do Parque Estadual do Cerrado (Jaguariaíva - PR) e de sua zona de amortecimento/ Adriano Ávila Goulart. – Curitiba, 2014.

149 f. : il. color. ; 30 cm.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-graduação em Geografia, 2014.

Orientador: Everton Passos – Co-orientador: João Carlos Nucci.

Bibliografia: p. 143-149.

1. Cerrado - Ecologia. 2. Biogeografia - Paraná. 3. Ecologia insular. 4. Conservação da natureza. 5. Parque Estadual do Cerrado (Jaguariaíva, Pr). I. Universidade Federal do Paraná. II. Passos, Everton. III. Nucci, João Carlos . IV. Título.

CDD: 577.3

ATA DA DEFESA



MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO


Aos quinze dias do mês de maio do ano de dois mil e quatorze, na sala 109 do Edifício João José Bigarella, foi avaliada pela Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo relacionados, a Dissertação de Mestrado do (a) aluno (a) **ADRIANO ÁVILA GOULART** intitulada "ECOLOGIA E EVOLUÇÃO DA PAISAGEM DO PARQUE ESTADUAL DO CERRADO (JAGUARIAIVA – PR) E DE SUA ZONA DE AMORTECIMENTO" que obteve como resultado final APROVADO.

(RES. 65/09 CEPE Art. 69. Os examinadores avaliarão a dissertação ou a tese considerando o conteúdo, a forma, a redação, a apresentação e a defesa do trabalho, decidindo pela aprovação, ou reprovação do trabalho de conclusão do aluno.

Parágrafo único. A ata da sessão pública da defesa de dissertação ou tese indicará apenas a condição de aprovado ou reprovado.

Nome e assinatura da Banca Examinadora:


Prof. Dr. Everton Passos – orientador


Prof. Dr. João Carlos Nucci – Co-orientador – PPGGEO/UFPR


Profª. Drª. Sony Cortese Caneparo – PPGGEO/UFPR


Prof. Dr. Hideo Araki – Depto Geociências/UFPR


Prof. Dr. Emerson Luis Tonetti – IFPR/Paranaguá

DECLARAÇÃO DE CORREÇÃO

Declaro, para fins de entrega de versão definitiva de tese/dissertação e solicitação de diploma, que **ADRIANO ÁVILA GOULART** procedeu as correções em sua tese/dissertação, conforme orientação da banca de avaliação.

Curitiba, ____, _____, _____.

Prof. Dr. **Everton Passos** – Orientador PPGGEO/UFPR

AGRADECIMENTOS

O trabalho acadêmico muitas vezes parece ser um ato individual, um trabalho um tanto quanto solitário, contudo não poderia deixar de citar e agradecer algumas pessoas e instituições que, de maneira direta ou indireta, me auxiliaram a fazer essa pesquisa:

Primeiramente gostaria de agradecer à minha família, meus pais Gil e Filomena e meu irmão Thiago, pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha vida.

Agradeço ao professor Everton Passos, pela orientação e por ter me dado a oportunidade de trabalharmos juntos no mestrado. Ao professor João Carlos Nucci, pela co-orientação e pelas inúmeras contribuições que permitiram a conclusão dessa dissertação.

Gostaria de agradecer, também, os amigos. Aqueles que de diversas formas, presentes ou não, acabaram por contribuir muito na elaboração desse trabalho.

Agradeço o Departamento de Geografia e o Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Paraná, pelo apoio institucional, assim como os funcionários da secretaria Luiz Carlos Zen e Adriana Oliveira, pela atenção e solicitude.

Por ultimo, quero agradecer ao Instituto Ambiental do Paraná, pelo apoio institucional e pela possibilidade de trabalhar no Parque Estadual do Cerrado em Jaguariaíva/PR, uma área de grande complexidade ecológica para a compreensão da Biogeografia do Cerrado brasileiro.

**Dedico esse trabalho a todas as formas de vida que resistem,
sobrevivendo em meio à fragmentação dos seus habitats naturais...**

“Ny hazo tokano tsy mba ala” (Uma árvore não faz uma floresta)

Provérbio malgaxe

RESUMO

O Cerrado, formação vegetal que já ocupou cerca de 24% de todo o território brasileiro, atualmente se encontra em um quadro de grande fragmentação. Este contexto deve-se a expansão, incentivada pelo governo federal após 1950, das fronteiras agrícolas do país em direção ao planalto central brasileiro. Atualmente, o seu grau de fragmentação é grande, principalmente porque a vegetação nativa é cada vez mais substituída pelas lavouras de soja (*Glycine max*), no planalto central, e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), na região sudeste e sul, além da introdução comercial de espécies exóticas, como o crescente “reflorestamento” de eucalipto (*Eucalyptus* spp.) e de pinus (*Pinus* spp.). Elementos que contribuem para a caracterização e expansão desta que é a maior fronteira agrícola do mundo localizada no interior do Brasil. Contudo, as políticas de proteção do Cerrado historicamente não foram tão relevantes para o quadro de conservação da natureza no país. As primeiras Unidades de Conservação do Cerrado são criadas apenas em meados de 1960, quase 40 anos após a primeira área de proteção federal. Outro ponto a ser considerado nesse contexto corresponde ao conhecimento acerca da ecologia do Cerrado. Uma das principais dificuldades ao trabalhar com as teorias ecológicas do Cerrado ainda é o inventário de espécies, tanto da fauna quanto da flora. Os esforços para inventariar fauna e flora se tornam cada vez mais relevantes, visto que o crescente desmate de *habitats* de Cerrado diminui, cada vez mais, as possibilidades de conhecê-lo para conservar sua diversidade. Porém, todo este contexto brevemente exposto acima, não é exclusivo da região próxima à área nuclear do domínio do Cerrado, onde a vegetação nativa foi substituída por atividades agropecuárias, mas pode-se evidenciar um acentuado grau de fragmentação também nos seus ecótonos com outras relevantes formações vegetais, comprometendo as funções ecológicas que mantêm o seu equilíbrio natural. É exatamente em uma dessas complexas faixas de transição que esta dissertação realiza seu estudo de caso, confinando sua área de estudo e discussão aos enclaves fitogeográficos do Parque Estadual do Cerrado (PEC), localizado no município de Jaguariaíva, no Estado do Paraná. Através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento e da aplicação de proposições derivadas da teoria de Biogeografia de Ilhas e de métodos quantitativos de métricas da paisagem inseridos na corrente norte americana de Ecologia da Paisagem esta dissertação objetivou estudar a dinâmica espacial da fragmentação da vegetação de Cerrado, entre os anos de 1984 até 2011 no Parque Estadual do Cerrado (Jaguariaíva/PR) e em sua Zona de Amortecimento. A apreciação das métricas da paisagem e dos aspectos qualitativos observados em campo revelaram um inegável quadro de fragmentação da vegetação de Cerrado no entorno da referida Unidade de Conservação. As consequências da instabilidade espacial dos fragmentos, da perda de área e das variações de comprimento de borda e de forma, além do aumento da distância entre os fragmentos revelam um contexto alarmante, onde é possível notar um cenário propício para a degradação dos ecossistemas. Todos os fatores contribuem para o aumento das taxas de extinção local, em detrimento da especiação e emigração, empobrecendo o ecossistema. A função ecológica dessa Unidade de Conservação, caso este quadro de fragmentação perdure, torna-se cada vez mais questionável.

Palavras chave: Cerrado, Teoria de Biogeografia de Ilhas, Conservação da Natureza, Parque Estadual do Cerrado.

ABSTRACT

The Cerrado, a vegetal formation that once held about 24% of the Brazilian territory, is currently in a very fragmented frame. This context is due to expansion encouraged by the federal government after 1950, and the agricultural frontier of the country towards the central Brazilian plateau. Currently, the degree of fragmentation is great, mainly because the native vegetation is increasingly replaced by soybean (*Glycine max*) crops, in the central Brazilian plateau, and cane sugar (*Saccharum officinarum*), in Southern and Southeastern, in addition to the commercial introduction of exotic species such as the increasing "reforestation" of eucalyptus (*Eucalyptus* spp.) and pine (*Pinus* spp.). Elements contributing to the characterization and expansion of which is the largest agricultural frontier in the world located in the interior of Brazil. However, Cerrado protection policies were historically not so relevant to the nature conservation framework in the country. The first Cerrado Protected Areas were created only in the mid-1960s, almost 40 years after the first area of federal protection. Another point to consider in this context corresponds to the knowledge about the Cerrado ecology. One of the main difficulties when working with ecological theories of Cerrado is still the inventory of species, both fauna as flora. Efforts to inventory flora and fauna become increasingly relevant, as the growing deforestation of the Cerrado habitat decreases, more and more, the possibilities to know it better to conserve its diversity. But this whole situation briefly described above, is not unique to the region near the nuclear area of the Cerrado domains, where the native vegetation has been replaced by agricultural activities, but you can show a marked degree of fragmentation also in their ecotones with other relevant vegetation, compromising the ecological functions that maintain its natural balance. It is precisely in such a complex transition zones that this dissertation performs its case study, confining their field of study and discussion to phytogeographic enclaves of Parque Estadual do Cerrado, located in the municipality of Jaguariaíva, in Paraná State. Through remote sensing and GIS and the application of propositions derived from biogeography theory Islands and quantitative methods of landscape metrics inserted in North American chain of Landscape Ecology this dissertation studies the spatial dynamics of fragmentation of Cerrado vegetation, between the years 1984 to 2011 in the Parque Estadual do Cerrado (Jaguariaíva/PR) and its Buffer Zone. The evaluation of landscape metrics and qualitative aspects observed in the field revealed an undeniable fragmentation framework of Cerrado vegetation surrounding said Protected Area. The consequences of spatial instability of the fragments, loss of the edge area, and changes in length and shape, and increase in the distance between the fragments reveal an alarming context, where it is possible to note a favorable scenario for the degradation of ecosystems. All factors contribute to the increase of local extinction rates, to the detriment of speciation and emigration, impoverishing the ecosystem. The ecological role of this protected area if this fragmentation frame lasts becomes increasingly questionable.

Keywords: Cerrado, Theory of Island Biogeography, Nature Conservation, Parque Estadual do Cerrado.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Área de cobertura original do Cerrado no Brasil.....	02
Figura 02 - Representante característico do Cerrado, um espécime de Araticum (<i>Annona</i> spp.) presente na borda do Parque Estadual do Cerrado.....	17
Figura 03 - Diferentes áreas de acumulo de biomassa vegetal seca presentes no Parque Estadual do Cerrado.....	24
Figura 04 - Cartograma de Localização da área de estudo em relação ao estado do Paraná.....	44
Figura 05 - Afloramentos rochosos do arenito no Parque Estadual do Cerrado, que dá origem aos solos de ocorrência de Cerrado na região.....	45
Figura 06 - Fitofisionomia característica da floresta ombrófila mista, presentes nas margens do rio Jaguariaíva, no Parque Estadual do Cerrado.....	46
Figura 07 - Estepes arbustivas ou campos cerrados, presentes no Parque Estadual do Cerrado.....	47
Figura 08 - Colheita do milho no limite com Parque Estadual do Cerrado.....	48
Figura 09 - Plantações de <i>Pinus</i> ssp. Nos limites do Parque Estadual do Cerrado.....	49
Figura 10 - Indústria de celulose e papel próxima ao Parque Estadual do Cerrado.....	49
Figura 11 - Histogramas demonstrando a subtração dos pixels escuros antes e após a calibração das bandas 3, 4 e 5, respectivamente.....	53
Figura 12 - Exemplo do <i>layout</i> utilizado na organização dos cartogramas de fragmentação e exemplo de estrutura da figura utilizada na discussão dos resultados para cada data analisada.....	56
Figura 13 - Cartogramas de Formação Fitogeográfica e dos Compartimentos Geomorfológicos da região do Parque Estadual do Cerrado.....	58
Figura 14 - Cartogramas de Formação Fitogeográfica da região do Parque Estadual do Cerrado.....	58
Figura 15 - Exemplo do <i>layout</i> utilizado na organização dos cartogramas de Ano x Ano e exemplo de estrutura da figura utilizada na discussão dos resultados, sendo 4 cartogramas por figura.....	62
Figura 16 - Fragmentos de Cerrado em 1984.....	63
Figura 17 - Fragmentos de Cerrado em 1985.....	65
Figura 18 - Fragmentos de Cerrado em 1986.....	67
Figura 19 - Fragmentos de Cerrado em 1987.....	69
Figura 20 - Fragmentos de Cerrado em 1988.....	70
Figura 21 - Fragmentos de Cerrado em 1989.....	72
Figura 22 - Fragmentos de Cerrado em 1990.....	74
Figura 23 - Fragmentos de Cerrado em 1991.....	76
Figura 24 - Fragmentos de Cerrado em 1992.....	78

Figura 25 - Fragmentos de Cerrado em 1993.....	79
Figura 26 - Fragmentos de Cerrado em 1995.....	81
Figura 27 - Fragmentos de Cerrado em 1996.....	82
Figura 28 - Fragmentos de Cerrado em 1997.....	84
Figura 29 - Fragmentos de Cerrado em 1999.....	85
Figura 30 - Fragmentos de Cerrado em 2000.....	87
Figura 31 - Fragmentos de Cerrado em 2001.....	88
Figura 32 - Fragmentos de Cerrado em 2002.....	90
Figura 33 - Fragmentos de Cerrado em 2003.....	91
Figura 34 - Fragmentos de Cerrado em 2004.....	93
Figura 35 - Fragmentos de Cerrado em 2005.....	94
Figura 36 - Fragmentos de Cerrado em 2006.....	96
Figura 37 - Fragmentos de Cerrado em 2007.....	97
Figura 38 - Fragmentos de Cerrado em 2008.....	99
Figura 39 - Fragmentos de Cerrado em 2009.....	100
Figura 40 - Fragmentos de Cerrado em 06/2010.....	102
Figura 41 - Fragmentos de Cerrado em 08/2010.....	103
Figura 42 - Fragmentos de Cerrado em 05/2011.....	105
Figura 43 - Fragmentos de Cerrado em 06/2011.....	106
Figura 44 - Exemplos de pequenos fragmentos, em primeiro plano, circundados por filtros de dispersão da matriz, nos arredores do Parque Estadual do Cerrado.....	108
Figura 45 - Gráfico linear, construído a partir dos dados de tamanho médio dos fragmentos da Tabela 2.....	110
Figura 46 - Registros de dispersão de espécimes da fauna nativa por entre áreas de matriz, nos arredores do Parque Estadual do Cerrado.....	112
Figura 47 - Gráfico linear, construído a partir dos dados de índice de forma médio da Tabela 3.....	113
Figura 48 - Espécimes mais vulneráveis à ação de vetores, constatação do efeito de borda nos limites do Parque Estadual do Cerrado.....	114
Figura 49 - Gráfico linear, construído a partir dos dados de média de comprimento de bordas da Tabela 04.....	115
Figura 50 - Exemplo da estrutura da vegetação na área nuclear do Parque Estadual do Cerrado.....	116
Figura 51 - Gráfico linear, construído a partir dos dados de área core total (m ²) da Tabela 05.....	117
Figura 52 - Gráfico linear, construído a partir dos dados de proximidade média (m) da Tabela 06.....	119

Figura 53 - Cartogramas de interseção de pixels Ano x Ano: 1984x1985; 1985x1986; 1986x1987; 1987x1988.....	123
Figura 54 - Cartogramas de interseção de pixels Ano x Ano: 1988x1989; 1989x1990; 1990x1991; 1991x1992.....	125
Figura 55 - Cartogramas de interseção de pixels Ano x Ano: 1992x1993; 1993x1995; 1995x1996; 1996x1997.....	127
Figura 56 - Cartogramas de interseção de pixels Ano x Ano: 1997x1999; 1999x2000; 2000x2001; 2001x2002.....	129
Figura 57 - Cartogramas de interseção de pixels Ano x Ano: 2002x2003; 2003x2004; 2004x2005; 2005x2006.....	131
Figura 58 - Cartogramas de interseção de pixels Ano x Ano: 2006x2007; 2007x2008; 2008x2009; 2009x2010/jun.....	133
Figura 59 - Cartogramas de interseção de pixels Ano x Ano: 2010/jun x 2010/ago; 2010/ago x 2011/mar; 2011/mar x 2011/jun.....	134
Figura 60 - Gráfico linear, construído a partir dos dados de total de pixels de interseção Ano x Ano da Tabela 07.....	136
Figura 61 - Pecuária, reflorestamento de <i>Pinnus</i> ssp. e agricultura mecanizada, usos contrastantes com as práticas de proteção nos limites do parque.....	137

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Unidades de Conservação, de diversos domínios.....	11
Tabela 02 - Resultados das métricas da paisagem: número, área total e área média dos fragmentos.....	103
Tabela 03 - Resultados das métricas da paisagem para o Índice de Forma Médio.....	107
Tabela 04 - Resultados das métricas da paisagem para o total de bordas e média do comprimento de bordas.....	109
Tabela 05 - Resultados das métricas da paisagem para o total de área core dos fragmentos por ano.....	111
Tabela 06 - Resultados das métricas da paisagem para a média da distância entre os fragmentos e seu(s) vizinho(s) mais próximo(s), por data analisada.....	113
Tabela 07 - Resultados do total de pixels de interseção na análise Ano x Ano....	129

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	01
CAPÍTULO 1. CONSERVAÇÃO DA NATUREZA: ÁREAS PROTEGIDAS	06
CAPÍTULO 2. ECOLOGIA DO CERRADO	16
CAPÍTULO 3. BIOGEOGRAFIA DE ILHAS E ECOLOGIA DA PAISAGEM	26
CAPÍTULO 4. ESTUDO DE CASO: PARQUE ESTADUAL DO CERRADO E SUA ÁREA DE DISPERSÃO DIRETA	44
4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	44
4.2 PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS.....	49
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
4.3.1. FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL E ECOLOGIA DA PAISAGEM DO PARQUE ESTADUAL DO CERRADO E DE SEU ENTORNO IMEDIATO.....	63
4.3.2. EVOLUÇÃO DA PAISAGEM DE 1984 À 2011 NO PARQUE ESTADUAL DO CERRADO E SEU ENTORNO IMEDIATO.....	121
CONCLUSÃO	138
REFERÊNCIAS	143

INTRODUÇÃO

Estima-se que o Brasil, um país de dimensões continentais, seja dono de uma das maiores biodiversidades do mundo. “O território brasileiro, devido a sua magnitude espacial, comporta um mostruário bastante completo das principais paisagens e ecologias do Mundo Tropical” (AB’SÁBER, 2003, p. 10).

A diversidade de condições ecológicas atuais somada às condições pretéritas, como os períodos glaciais (grandes eventos capazes de mudar as condições ecológicas e interferir nos processos evolutivos das espécies), contribuem para a biodiversidade brasileira.

Tais processos deram origem, segundo Ab’Saber (2003), aos seis grandes domínios morfoclimáticos no Brasil: Amazônico (terras baixas florestadas equatoriais), Cerrado (chapadões tropicais interiores com cerrados e florestas-galeria), Mares de Morros (áreas mamelonares tropical-atlânticas florestadas), Caatingas (depressões intermontanas e interplanálticas semiáridas), Araucárias (planaltos subtropicais com araucárias) e Pradarias (coxilhas subtropicais com pradarias mistas), além das faixas de transição e das paisagens de exceção (litoral e pantanal matogrossense).

Esta dissertação concentra suas análises no Cerrado, segundo domínio brasileiro em extensão territorial (perde apenas para o Amazônico), que abrange uma área correspondente a 204,7 milhões de ha, cerca de 24% do território brasileiro, predominantemente localizado no Planalto Central e arredores (SANO et al., 2008). Presente em doze unidades federativas do Brasil, além de registros de áreas de refúgios florestais presentes em outros Estados (como em meio aos domínios amazônico e da caatinga). Estendendo-se de 20 graus em latitude, em zonas próximas à linha do equador e ao trópico de capricórnio e 10 graus em longitude, inserido na grande porção interiorana do país (SANO et al., 2008) (Figura 01).

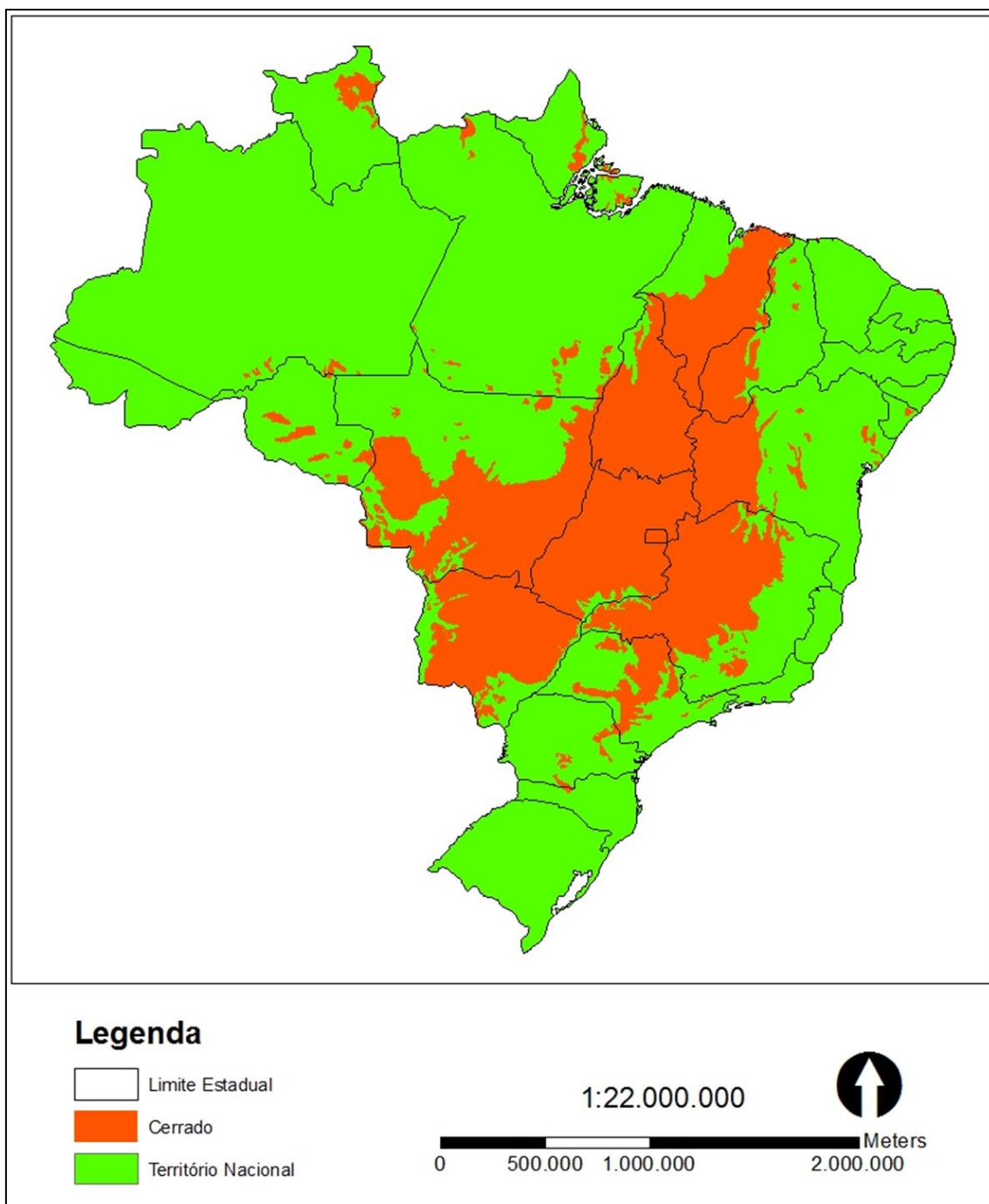


Figura 01: Área de cobertura original do Cerrado no Brasil.

Fonte: Siscom/IBAMA, ICMBio e IBGE. Organizado pelo autor em 11/2013.

A relevância deste domínio extrapola suas fronteiras quando há uma análise de sua contribuição hídrica. O Cerrado abriga nascentes de importantes rios e tributários de bacias brasileiras e sul-americanas. De acordo com a divisão hidrográfica nacional do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003, o Brasil está dividido em doze regiões hidrográficas, e o Cerrado está presente em oito delas.

Entretanto, apesar de toda esta importância, o domínio encontra-se em uma situação crítica, desde a expansão, incentivada pelo governo federal, das fronteiras agrícolas do país em direção ao planalto central brasileiro. O seu grau de fragmentação é grande, principalmente porque a vegetação nativa é cada vez mais substituída pelas lavouras de soja (*Glycine max*), no planalto central, e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), na região sudeste e sul, além da introdução comercial de espécies exóticas, como o crescente “reflorestamento” de eucalipto (*Eucalyptus* spp.) e de pinus (*Pinus* spp.). Elementos que contribuem para a caracterização e expansão desta que é a maior fronteira agrícola do mundo localizada no interior do Brasil.

Com o aumento da população e, conseqüentemente, da demanda por alimentos e outros bens de consumo, nos últimos 40 anos, o Cerrado vem sendo ocupado e explorado de forma rápida e intensiva, principalmente para o desenvolvimento do setor agrícola. Devido às aptidões naturais e às tecnologias desenvolvidas e amplamente difundidas para o aproveitamento agropecuário da região, em pouco tempo de exploração, o Cerrado já ocupa posição de destaque no cenário agrícola brasileiro, sendo atualmente responsável por aproximadamente 25% da produção de grãos e 40% do rebanho nacional. (BRASIL, 2005, p. 63)

O desmatamento do Cerrado causa a fragmentação da vegetação com conseqüente perda de biodiversidade. Essa redução do sucesso na persistência de diversas espécies, logo redução da diversidade genética, torna o fragmento muito suscetível às mudanças das condições abióticas e às possíveis pragas e desequilíbrios naturais (SHAFFER, 1981). Genericamente este é o contexto atual do Cerrado, um domínio extremamente complexo e relevante que está fadado a um desaparecimento gradual devido à sua crescente fragmentação.

Esta dissertação confina sua área de estudo e discussão aos enclaves fitogeográficos do Parque Estadual do Cerrado (PEC), localizado no município de Jaguariaíva, no Estado do Paraná. Um local relevante sob o ponto de vista da Biogeografia, pois se situa na faixa de transição, ou ecótono, entre o domínio dos Cerrados, das Araucárias e dos Mares de morro florestados. As faixas de transição, segundo Ab’Saber (2003, p. 124), “são áreas de contato entre *stocks* de vegetação pertencentes a diferentes províncias florísticas”.

A análise biogeográfica do fragmento de Cerrado presente no PEC e arredores é de fundamental importância para a compreensão da evolução e

complexidade destes *stocks* de vegetação, o que auxilia práticas de reestruturação de ambientes originais de Cerrado que se encontram em estado avançado de fragmentação, a fim de garantir a diversidade genética destes chapadões recobertos por Cerrados e penetrados por florestas-galeria que historicamente foram e ainda são desprezados por políticas públicas de proteção ambiental.

Compreender a evolução do Cerrado pode levar o ser humano a quebrar alguns paradigmas e a repensar a forma com que sempre tratou este domínio, como uma vegetação seca, pobre e sem vida, e por isso passível de desmatamento. O rompimento desta ideia conduzirá ao repensar e questionar quantitativamente e a qualitativamente as Unidades de Conservação da Natureza presentes nas áreas de Cerrado, pois é temeroso continuar a desfavorecer as práticas de conservação à custa de uma economia pautada na devastação dos ambientes naturais para ceder lugar à agropecuária. Segundo Ab'Saber:

Em Goiás e Mato Grosso, as modificações dependem fundamentalmente de novos manejos aplicados às terras de cerrados, paralelamente a uma extensiva, ainda que incompleta, modernização dos meios de transporte e circulação. Acima de tudo, porém, o desenvolvimento regional deveu-se a uma articulada transformação dos meios urbanos e rurais, a serviço da produção tanto de alimentos básicos, como o arroz, por exemplo, quanto de grãos para o consumo interno e exportação (soja). (2003, p. 35)

A ideia do desenvolvimento econômico pautado na agroindústria com criações extensivas de gado em sistemas de propriedade latifundiários, que demandam grandes áreas onde outrora havia a vegetação nativa já rendeu ao país o título de “o maior produtor de grãos do mundo”, ou ainda a ideia de que o Brasil é o “celeiro do mundo”.

Diante de tal contexto, esta dissertação tem como objetivo geral estudar a evolução da paisagem, com foco na fragmentação da vegetação de Cerrado, entre os anos de 1983 até 2011 no Parque Estadual do Cerrado e em sua Zona de Amortecimento.

A dissertação foi dividida em quatro capítulos, além da parte introdutória e da conclusão. Essa estrutura foi elaborada de maneira que auxiliasse o leitor na construção da base teórica, para que no último capítulo seja apresentado

um estudo de caso específico, em que poderão ser aplicadas as teorias e proposições discutidas ao longo dos três primeiros capítulos.

Assim, no primeiro capítulo foi feito um histórico sobre as práticas de conservação da natureza, desde as primeiras iniciativas internacionais até o contexto atual de áreas protegidas do Brasil, focando principalmente na vegetação de Cerrado. O segundo capítulo tratou de uma discussão da base teórica sobre a ecologia do Cerrado e sobre as teorias e debates que permeiam a conservação e/ou preservação desta vegetação em particular. Já para o terceiro capítulo foram levantadas e discutidas algumas teorias de Biogeografia que podem auxiliar, ao fundamentar a metodologia, na análise de casos específicos de fragmentação de *habitats* e de outras abordagens biogeográficas.

E por último, com a base teórica já fundamentada, foi analisado um caso específico de fragmentação. Com aplicação das teorias discutidas e de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento foi possível estudar um caso particular de fragmentação de *habitat* no entorno imediato, Zona de Amortecimento, de uma Unidade de Conservação de Cerrado, o Parque Estadual do Cerrado.

CAPÍTULO 1. CONSERVAÇÃO DA NATUREZA: ÁREAS PROTEGIDAS

Pode-se dizer, que de certa maneira os responsáveis pelas primeiras áreas de proteção no mundo foram os naturalistas e escritores românticos do século XVIII. Estes, ajudaram indiretamente a criar a ideia da “natureza selvagem” ou “*wilderness*” que dominava o pensamento do Homem no período em questão. O contexto histórico acabou por reforçar ainda mais tais pensamentos, pois com os avanços desregrados da civilização urbano-industrial do início do século XIX a relação Homem/Natureza toma novos rumos, surgindo como solução a instituição de áreas de proteção (DIEGUES, 1998).

Entendia-se neste contexto, que eram necessários espaços isolados (sem interferência antrópica), de relevante beleza cênica, onde o Homem pudesse se refugiar, refletir e se espiritualizar (DIEGUES, 1998). A ideia romântica de essas áreas representarem verdadeiros “paraísos”, relacionado ao mito judaico-cristão, é comum no início do século XIX (BENSUSAN, 2006).

Afora alguns registros de visões mais utilitaristas de proteção de áreas naturais para manutenção dos recursos, como reservas de caça, de madeira e de pesca, as primeiras áreas de proteção no mundo surgiram com a visão romântica da natureza, como o primeiro parque instituído por um congresso nacional, o Parque Nacional de Yellowstone nos EUA em 1872.

O modelo em que foi instituído o Parque de Yellowstone foi seguido por alguns países de todo o mundo, para citar alguns exemplos: 1885, Parque Nacional de Banff, no Canadá; 1894, Parque Nacional de Tongariro, na Nova Zelândia; e 1898, Parque Nacional Kruger e Parque Nacional Royal¹, na África do Sul e na Austrália, respectivamente (BENSUSAN, 2006). Na América Latina surge a instituição de áreas protegidas em 1894 no México, 1903 na Argentina, 1926 no Chile e 1937 no Brasil, o Parque Nacional do Itatiaia no Estado do Rio de Janeiro.

Em meados da década de 1970, com a emergência do movimento ambientalista, as áreas de proteção são alvos de novos debates, em relação aos seus objetivos. Estes debates são frutos de trabalhos que, hoje

¹ Outras fontes datam de 1879, sua criação.

considerados como clássicos, clamavam pela percepção de que o Homem estava interferindo de maneira nociva no meio ambiente (MEADOWS et al., 1972²; CARSON, 1962³). Surge neste contexto, um novo objetivo que justificaria a proteção de áreas naturais: a ideia das funções ecológicas que o ecossistema era capaz de propiciar indiretamente ao Homem, ou seja, do valor intrínseco das espécies que advém como preceito básico da “*Deep Ecology*” (Ecologia Profunda). Assim, há uma mudança dos objetivos estéticos e utilitaristas das áreas de proteção para objetivos de manutenção das funções ecológicas, o que consiste em alterar também a base ideológica da conservação da natureza, o que culminou em linhas de pensamento divergentes: Conservacionista e Preservacionista⁴.

Neste período, entre 1970 e 1980, foram criadas 2.098 áreas protegidas de domínio nacional em todo o mundo, totalizando mais de 3.100.000 km² de área (DIEGUES, 1998). Segundo o banco de dados mais recente feito pela IUCN (2003) sobre áreas protegidas no mundo, havia aproximadamente 100.000 áreas protegidas, de diversos âmbitos, em todo o planeta, cobrindo cerca de 18.000.000 km². Ainda sobre tais dados:

A soma total dessas áreas representa 3,4% da superfície do planeta, mas se considerarmos que grande parte das áreas protegidas está em ambientes terrestres, cerca de 17 mil, chegamos a um total de 11,5% da superfície terrestre do planeta. Esses números refletem o significativo crescimento de áreas protegidas nas últimas décadas, principalmente como resposta à conversão, sem precedentes, de ambientes naturais em áreas para outros usos (BENSUSAN, 2006, p. 33).

Mais especificamente no Brasil, o processo de homologação de novas áreas de proteção foi vagaroso, como exemplifica os dados revelados por

² Organizado por Dana Meadows, o estudo intitulado “*limits to growth*” (limites do crescimento) fazia parte do Clube de Roma, uma organização de cientistas que se dedicava a debater aspectos relativos a economia, política e meio ambiente em um cenário global.

³ Escrito por Rachel Carson, o livro “*Silent Spring*” (Primavera Silenciosa), é a primeira obra a relatar os efeitos danosos do DDT nos seres vivos, uma substância largamente utilizada em agrotóxicos durante a chamada revolução verde.

⁴ “O conceito de conservação da natureza, que vem direcionando várias das estratégias para a busca da sustentabilidade, apresenta, portanto, tanto idéias preservacionistas de proteção da natureza com intocabilidade e/ou intangibilidade ao ser humano, quanto conservacionistas prevendo vários gradientes para uso e proteção, sobretudo, dos recursos.” (FÁVERO, 2007, p. 81)

Diegues (1998), na comparação entre a quantidade dessas áreas (somente as de nível federal: parques nacionais, reservas biológicas, estações ecológicas e áreas de proteção ambiental) criadas no país e no mundo, por década.

Mais duas áreas de proteção federais foram criadas, em 1939: o Parque Nacional do Iguaçu, no Estado do Paraná, e o Parque Nacional da Serra dos Órgãos, no Estado do Rio de Janeiro. Em 1948 é então criado o Parque Nacional de Paulo Afonso (DIEGUES, 1998), nas margens do rio São Francisco, entre os estados da Bahia, Alagoas e Pernambuco.

É interessante notar que os recursos naturais, neste contexto da criação das primeiras áreas de proteção no Brasil, tinham sua exploração regulamentada por medidas isoladas como: o Código Florestal de 1934, que normatizava a exploração das matas nativas; o Código das Águas também de 1934, que regulava o uso dos recursos hídricos com especial atenção ao aproveitamento hidrelétrico (FÁVERO, 2007).

Em 1944 o Serviço Florestal do país, criado em 1921, passa a ter uma nova seção denominada Seção de Parques Naturais, que ficou encarregada de orientar, fiscalizar, coordenar e elaborar programas de trabalho para os Parques Nacionais. Essa nova seção tinha como objetivos, em relação as áreas de proteção sob sua jurisdição (DIEGUES, 1998):

- Conservar para fins científicos, educacionais, estéticos ou recreativos as áreas sob sua jurisdição;
- Promover estudos da flora, fauna e geologia das respectivas regiões;
- Organizar museus e herbários regionais.

O ano de 1965 foi significativo para as políticas de conservação da natureza no Brasil, somente neste ano foram criados quinze Parques Nacionais e quatro Reservas Biológicas, além da nova definição de Parques Nacionais feita pelo então novo Código Florestal que define tais áreas de proteção como: áreas criadas com finalidade de resguardar atributos excepcionais da natureza, conciliando a proteção integral da flora, da fauna e das belezas naturais com utilização para objetivos educacionais, recreativos e científicos (DIEGUES, 1998).

Outro marco relevante no histórico da conservação da natureza no Brasil ocorreu no ano de 1967, com a criação do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF). Este órgão ficaria competente pela gestão e

administração das duas categorias de áreas protegidas no país, até então, os Parques Nacionais e as Reservas Biológicas. Já em 1973, a Secretaria do Meio Ambiente Federal (SEMA) ficaria responsável por outra categoria de áreas protegidas, a estação ecológica (BENSUSAN, 2006; DIEGUES, 1998).

O governo militar teve sua relativa importância na conservação da natureza no país, mantendo a visão do recurso natural como estratégico ao criar áreas de proteção em locais de nascentes de grandes rios e em meio a floresta amazônica; e ao instituir programas de âmbito nacional, como o Plano Nacional de Meio Ambiente, que daria origem ao Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), sendo os responsáveis por operacionalizar a tutela jurídica do Meio Ambiente (FÁVERO, 2007). Todavia os métodos que foram impostos na execução das decisões políticas geraram críticas, principalmente em relação aos aspectos sociais, que mesmo neste período histórico já faziam parte do debate da Conservação da Natureza no Brasil.

Avaliando-se o período em que mais foram criadas unidades de conservação no Brasil (1970-1986), em pleno regime militar e autoritário, a criação dessas unidades era feita de cima para baixo, sem consultar as regiões envolvidas, ou as populações afetadas em seu modo de vida pelas restrições que lhes eram impostas quanto ao uso dos recursos naturais. (DIEGUES, 1998, p. 116)

Somente no ano de 1989, com a criação do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA), houve a centralização da gestão e fiscalização das áreas protegidas do país em um órgão. Data deste período também a inclusão de uma nova categoria, a reserva extrativista, fruto de levantamentos de populações tradicionais de seringueiros na Amazônia brasileira (DIEGUES, 1998).

Em 1992 é enviada ao congresso nacional a proposta, organizada pelo recém criado IBAMA, de criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação⁵ (SNUC). Aprovado pelo congresso em 2000 o SNUC representou, apesar de alguns problemas inerentes a discussão da

⁵ O termo Unidades de Conservação é a denominação utilizada pela legislação brasileira para abarcar diferentes categorias de áreas protegidas. O termo não necessariamente possui equivalentes em outras línguas, ou em outros países. Sendo assim, para o caso brasileiro, Unidades de Conservação é o mesmo que Áreas de Proteção nas terminologias internacionais.

conservação da natureza, alguns avanços na normatização das Unidades de Conservação no país, como: a elaboração de planos de manejo; a criação de um cadastro nacional de Unidades de Conservação; a inclusão das comunidades locais nas tomadas de decisão; a inserção da unidade no contexto ambiental regional, através da regulamentação da Zona de Amortecimento e de corredores e mosaicos ecológicos; a descentralização do poder público e inclusão de propriedades privadas nas práticas de conservação; a divisão de categorias entre as unidades de proteção integral e de uso extensivo; entre outros pontos.

Entretanto, algumas críticas foram feitas em relação a esta nova tentativa do poder público de estabelecer diretrizes para as Unidades de Conservação. Segundo Diegues (1998), entre outras críticas deste autor, o SNUC:

Vê essas unidades como verdadeiras *ilhas* interligadas entre si para constituir um sistema. Não há nenhuma consideração substancial de como esse sistema contribui para a conservação e o desenvolvimento sustentado do país como um todo. Essa noção de “ilhas de conservação” vem sendo criticada pela IUCN desde 1986. Em suma, o SNUC é um “sistema fechado”, isolado da realidade do espaço total brasileiro que tem sido amplamente degradado e “mal desenvolvido” há décadas. (p. 118)

Mais recentemente, no ano de 2007, as atribuições do IBAMA foram modificadas. Segundo a sanção do congresso nacional daquele ano o IBAMA continuou sendo uma autarquia federal vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, responsável pela execução de ações das políticas nacionais de meio ambiente, referentes às atribuições federais, relativas ao licenciamento ambiental, ao controle da qualidade ambiental, à autorização de uso dos recursos naturais e à fiscalização, monitoramento e controle ambiental (BRASIL, LEI Nº 11.516/07).

Desta feita, o órgão responsável pela gestão das Unidades de Conservação seria uma autarquia federal criada nesta mesma lei, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Este novo órgão federal ficou responsável, basicamente, pela execução de ações da política nacional de unidades de conservação da natureza, relativas à proposição, implantação, gestão, proteção, fiscalização e monitoramento das unidades de conservação, além de fomentar e executar programas de pesquisa, proteção,

preservação e conservação da biodiversidade e de educação ambiental nas áreas protegidas ou nas comunidades do entorno imediato (LEI Nº 11.516/07).

Segundo a última atualização feita no Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (30/08/2013) o país possui 559 Unidades de Conservação consolidadas, na categoria Proteção Integral, o que corresponde a 520.208 km² de área (Tabela 01).

Tabela 01: Unidades de Conservação, de diversos domínios no Brasil.

Tipo/ Categoria	Federal		Estadual		Municipal		Total	
	Nº	Área (Km ²)	Nº	Área (Km ²)	Nº	Área (Km ²)	Nº	Área (Km ²)
Proteção Integral								
Estação Ecológica	31	68.034	63	47.603	1	9	95	115.646
Monumento Natural	3	443	27	881	9	68	39	1.392
Parque	69	252.259	190	94.366	79	195	338	346.821
Refúgio de Vida Silvestre	7	2.018	22	1.696	1	22	30	3.736
Reserva Biológica	30	39.047	23	13.507	4	60	57	52.613
Total	140	361.802	325	158.053	94	353	559	520.208

Fonte: Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (30/08/2013). Organizado pelo autor em 11/2013.

Todavia, essa área representa uma porcentagem muito pequena, se comparado com toda a extensão territorial do país, aproximadamente: 4,25% do território é coberto por Unidades de Conservação Federais de proteção integral; 1,86% por Unidades de Conservação Estaduais de proteção integral; e 0,004% por Unidades de Conservação Municipais também de proteção integral. Totalizando, assim, apenas 6,10%⁶ de áreas de proteção integral em relação ao território nacional⁷. Outro problema expressivo do sistema de Conservação da Natureza no país é a efetivação de algumas Unidades de Conservação que não “saíram do papel”, ou seja, que só foram criadas na lei, sendo que na prática não existem por falta de interesse político ou por inviabilidades inerentes do próprio contexto social-econômico da região. Sendo assim, os dados absolutos de áreas protegidas no país podem ser

⁶ As Reservas Legais não foram computadas nesses números, pois não são Unidades de Conservação regidas pelo SNUC.

⁷ Faz-se relevante destacar que em algumas Unidades de Conservação, como no caso das APA's, é comum haver sobreposição de áreas de proteção que estejam incluídas, mesmo que não por completo, em outras, o que foi desconsiderado na somatória final.

questionados frequentemente, pois na maioria dos casos estes são superestimados.

Outro número que merece atenção é o de Parques Estaduais, em todo o país são 190 unidades, e mesmo que suas áreas não sejam tão amplas como a dos Parques Nacionais, (69 unidades, 252.259 km², ou 2,96% de área em relação à área do país) os Parques Estaduais correspondem a uma área de 94.366 km², ou 1,10% de área em relação ao território nacional.

O Estado do Paraná começa a figurar no cenário de Unidades de Conservação, como já mencionado, com a criação do Parque Nacional do Iguaçu, na cidade de Foz do Iguaçu/ PR, no ano de 1939. Após o Parque Nacional do Iguaçu, o Estado teve ainda mais três Parques Nacionais homologados: o Parque Nacional do Superagui, no litoral Norte do Estado, criado em 1989; o Parque Nacional de Ilha Grande, homologado em 1997, na divisa entre os Estados do Paraná e Mato Grosso do Sul; e o Parque Nacional de Saint-Hilaire/Lange, de 2001, na porção litorânea paranaense. Mais seis Unidades de Conservação de outras categorias completam o quadro da lista de áreas protegidas pelo poder federal no Estado: APA das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná, APA de Guaraqueçaba, ARIE de Pinheiro e Pinheirinho, Estação Ecológica de Guaraqueçaba, Floresta Nacional de Irati e Floresta Nacional do Açungui.

As áreas protegidas no âmbito estadual do Paraná totalizam 68 unidades. Deste total, 34 dessas áreas são Parques Estaduais; 9 são APAs; 3 são ARIEs; 5 são Estações Ecológicas; 5 são Florestas Estaduais; 3 são Hortos Florestais; 3 são Reservas Florestais; e as outras 6 áreas de proteção se dividem em outras categorias, ou estão em processo final de homologação. Sendo a somatória de suas áreas de proteção estaduais de 12.056,32 km², ou aproximadamente 6,04% da área total do Estado, número superior ao total nacional (4,25%). A gestão dessas áreas é feita pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP), autarquia estadual criada em 1992, vinculada à Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMA).

Além da relevância ecológica atribuída à Mata Atlântica do litoral do Estado, visto a atenção do governo federal de criar Parques Nacionais na área, outra formação vegetal que também deve ser mencionada é o Cerrado do norte paranaense. Essa formação florística, segundo Maack (2012), já ocupou 15%

(30.532 km²) da área total do Estado, sendo frequentemente denominada, pelos pesquisadores, de região dos campos. Conforme as teorias ecológicas, a área representa uma zona ou faixa de transição, ecótono, entre duas grandes formações vegetais e as manchas de Cerrado em meio aos campos gerais podem ser mais bem explicadas pela flutuação climática advinda da teoria dos refúgios florestais (AB'SABER, 2003).

As complexidades ecológicas acarretadas por tal contexto biogeográfico ficam evidentes nas políticas de proteção do Cerrado no Estado. Segundo o levantamento, feito pelo Ministério do Meio Ambiente em 2007, denominado “Áreas prioritárias para conservação do cerrado”, a área dos campos gerais ao norte do Estado é considerada como: extremamente alta importância biológica.

Contudo, as políticas de proteção do Cerrado historicamente não foram tão relevantes para o quadro de conservação da natureza no país. As primeiras Unidades de Conservação que são criadas no país são feitas em áreas de Mata Atlântica, que no começo do século XX já tinha seu apelo preservacionista. Remetendo-se a este contexto:

Até aquele momento, os parques nacionais haviam sido criados, principalmente na região sudeste-sul, a mais populosa e urbanizada do país. Somente a partir da década de 60, com a expansão da fronteira agrícola e a destruição de florestas, foram criados parques em outras regiões. Entre 1959 e 1961, foram criados doze parques nacionais, três deles no Estado de Goiás e um no Distrito Federal. (DIEGUES, 1998, p. 115)

Segundo Pádua (PÁDUA, et al., 2007), o total de Unidades de Conservação no Cerrado e Pantanal é, hoje, de 123 áreas: 68 federais e 55 estaduais; 65 de uso indireto (53,2% da área total), 32 de uso direto (46% da área total) e 25 Reservas Particulares do Patrimônio Nacional (0,8% da área total). Essa configuração de concentração de unidades nas diferentes categorias pode ser explicada pelas grandes áreas que ocupam as APAs para o Uso Direto (16 APAs, federais e estaduais, área total de 3.173.788ha) e os Parques para o Uso Indireto (36 Parques, federais e estaduais, área total de 3.174.262ha), juntas perfazendo um total de 90% da área total de proteção do Cerrado.

Contudo, o cenário da Conservação da Natureza no Cerrado ainda é muito incipiente e extremamente alarmante, visto a velocidade da intervenção

antrópica nos últimos 50 anos no Brasil Central. Dados levantados por Pádua et al., (2007) indicam que menos de 5% da área total do Cerrado estão incluídos em alguma categoria de Unidade de Conservação, seja esta federal ou estadual, pública ou privada.

Ao remeter-se novamente às áreas prioritárias para a conservação no Cerrado, pode-se constatar o relativo atraso nas políticas de proteção desta vegetação, que tem reflexos até os dias atuais. O estudo indica 431 áreas prioritárias no Cerrado, sendo 181 áreas protegidas e 250 áreas novas, o que representa um aumento se comparadas às 68 áreas propostas em 1998, em estudo semelhante (PÁDUA et al., 2007).

Outro ponto temeroso no tocante à conservação do Cerrado é em relação ao conhecimento científico deste domínio. A falta de estudos de base é evidente, em diversas áreas das ciências naturais, nas áreas de ocorrência de Cerrado. No estudo de áreas prioritárias para conservação do cerrado, a recomendação mais frequente, 36%, foi a de elaboração de inventários biológicos indicando que apesar de ter sido produzido um volume expressivo de conhecimento científico a respeito da biodiversidade do Cerrado entre os anos de 1998 e 2006, ainda são necessários investimentos em pesquisa a respeito da biodiversidade, bem como estudos sócioantropológicos na região (PÁDUA et al., 2007).

Já a segunda recomendação do estudo trata de outro problema grave para a Conservação da Natureza que não é exclusividade do Cerrado, mas que já interfere nas áreas naturais em todo país, a fragmentação de *habitats*. Segundo o estudo, a segunda indicação mais frequente foi a de recuperação de ambientes degradados, como uma resposta à redução na biodiversidade em áreas onde houve significativa perda de hábitat (PÁDUA et al., 2007).

O quadro de áreas protegidas do Cerrado paranaense chama a atenção, não só pela disparidade de categoria/área protegida, mas também por não existir nenhuma Unidade de Conservação Federal destinada a preservação desta vegetação no Estado. Segundo dados disponibilizados pelo MMA através do SISCOM, a área de distribuição do Cerrado no Estado abrange 16 Unidades de Conservação: 6 Parques Estaduais (PE de Caxambu, PE do Lago Azul, PE de Vila Velha, PE do Cerrado, PE do Monge e PE do Guartelá), 7 RPPNs, 1 APA estadual (da escarpa devoniana), 1 Horto Florestal e 1 Floresta Estadual.

A área total abrangida pelos parques é de 79,89 km², ou 0,26% da área total de distribuição de Cerrado no Estado conforme apresentado por Maack (2012). Entretanto se acrescidas as outras categorias de proteção, principalmente a APA, os números parecem não ser tão alarmantes, subindo para 13,27% da área de Cerrado no Estado, o que configura quadros de eficácia de conservação/preservação totalmente distintos.

Segundo Pádua et al. (2007), são necessárias políticas públicas urgentes, comprometidas com os aspectos sócio-econômico-ambiental que de maneira clara e efetiva permitam e estimulem a criação e manutenção de Unidades de Conservação no Cerrado e Pantanal.

CAPÍTULO 2. ECOLOGIA DO CERRADO

Os primeiros estudos que abordam a vegetação do Cerrado foram feitos apenas no final do século XIX, mais precisamente no ano de 1892, com a publicação da primeira obra, considerada científica⁸, “A Lagoa Santa”. O livro, escrito por Eugen Warming, foi originalmente publicado em dinamarquês (língua materna do autor) sendo traduzido para o português, por Albert Loefgren, e republicado em 1908. Nesta obra o botânico dinamarquês realiza os primeiros levantamentos florísticos e fisiológicos da vegetação, 719 espécies (LABOURIAU, 1963), o que chamou a atenção dos botânicos de todo o mundo para algumas peculiaridades do Cerrado brasileiro. Segundo Klein:

Nesta obra, Warming persegue uma botânica interpretativa, levando em consideração aspectos edáficos e climáticos, buscando explicações para a forma apresentada pelos vegetais e relacionando-a à frequência das queimadas, realçando, já àquela época, a importância do fogo para a arquitetura das plantas e para a diminuição da densidade da vegetação. (2002, p. 11)

Warming foi, portanto, um dos teóricos pioneiros do Cerrado, o que o levou a dissertar sobre as características fisiológicas particulares desta vegetação. A evidente influência da sazonalidade na fenologia das plantas, associada com a fisionomia característica do Cerrado levou Warming, assim como outros teóricos contemporâneos a ele (LÖEFGREN, 1906; SCHIMPER, 1898), a caracterizar a flora do Cerrado como xerofílica. Os galhos tortuosos (*Dalbergia violacea*), o acanhado desenvolvimento vertical das espécies lenhosas, cascas espessas (*Connarus suberosus*), folhas coriáceas com superfícies brilhantes ou revestidas por espessa camada de pelos (FERRI, 1980) (Figura 02), foram considerados adaptações evolutivas xeromórficas desta vegetação para a retenção e minimização da perda de água, o que aumenta a possibilidade de sobrevivência destas espécies em uma região de sazonalidade tão acentuada, onde em algumas épocas do ano a água torna-se um fator limitante, como o planalto central brasileiro.

⁸ Anteriormente haviam sido feitos relatos de naturalistas e viajantes sobre aspectos relativos à ecologia do Cerrado, porém esta obra representa um marco, pois foi a primeira publicação sistematizada com foco na botânica do Cerrado, mesmo apresentando teses que viriam a ser refutadas com o passar do tempo.



Figura 02: Representante característico do Cerrado, um espécime de Araticum (*Annona* spp.) presente na borda do Parque Estadual do Cerrado.

Fonte: Arquivo pessoal do autor (05/2013).

Os reflexos das características climáticas são evidentes não somente na fisionomia e anatomia das espécies de Cerrado, mas também na fenologia de sua estrutura, pois constitui um importante ciclo de renovação da biomassa desta formação vegetal.

Esta prolongada estiagem tem reflexos marcantes na região. Toda a vegetação herbácea e arbustiva baixa e em geral seca desaparece. As gramíneas ficam com folhas e colmos esturricados com cor amarelo-dourada característica. Os arbustos esparsos perdem suas folhas, os ramos secos persistem. Muitas árvores também derrubam suas folhas, outras não. Estas constituem a chamada vegetação permanente que diferencia marcadamente este tipo de vegetação daquele encontrado na caatinga do Nordeste. (JOLY, 1970, p. 38).

Não é de estranhar, pois, que até recentes anos fosse o Cerrado designado, com frequência, por campo seco. Contribuía para isso o fato de ocorrer tal vegetação, muitas vezes, em regiões onde é comum um período de 4 a 5 meses totalmente sem chuvas. (FERRI, 1963, p. 20)

Para melhor compreender essa hipótese deve-se remeter a sazonalidade e os fatores que a condicionam. De maneira geral, a área de ocorrência do Cerrado apresenta duas estações bem definidas: uma de altas temperaturas e pluviosidade elevada e outra de baixas temperaturas e pouca pluviosidade, variando de três a sete meses de baixas precipitações de acordo com a latitude e especificidades regionais (ASSAD, 1994). Conforme Joly:

Toda a região onde se encontra o Cerrado tem uma marcada estação seca que geralmente pode durar de 5 a 7 meses. Muitas vezes as chuvas (tardias) só chegam em princípio de Outubro e as últimas caem no fim de Abril. (1970, p. 38)

São dois os sistemas que condicionam e causam as principais precipitações (ou a falta dessas) na região do Cerrado. O primeiro é a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) que origina-se no sudeste do litoral brasileiro, sobre o anticiclone do Atlântico Sul, local que a caracteriza por sua alta umidade. Com a ação dos ventos alísios esta umidade é transportada para o interior do continente. Durante a primavera, com o aquecimento das águas do Oceano Atlântico este sistema começa a agir e chega a sua intensidade máxima no verão, sendo o responsável pela formação e atuação da massa tropical atlântica que é uma das causadoras da grande pluviosidade no interior do continente (SANO et al., 2008).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é outro sistema responsável pela precipitação sazonal no cerrado, pois esta transporta, através dos ventos alísios, a umidade do litoral nordeste do país para a floresta amazônica. Esta umidade é barrada na cordilheira dos Andes, resultando em uma nebulosidade no sentido noroeste-sudeste em consequência da ação conjunta da ZCAS e ZCIT nos meses de novembro a março, que são os meses de alta pluviosidade na porção central do Brasil (SANO et al., 2008).

As frentes frias, ou sistemas frontais, na porção central do país são originados pela massa polar atlântica que influencia fortemente as secas no planalto central brasileiro no período de outono e inverno. Esta massa de ar entra no interior do continente sul-americano, facilitada pela configuração do relevo, no sentido sul-norte, o que causa os períodos de estiagem no interior do continente durante o inverno (SANO et al., 2008).

A atuação conjunta dos sistemas de convecção (ZCAS e ZCIT na primavera e no verão) e dos sistemas frontais (massa polar atlântica no outono e no inverno) causa a sazonalidade tão evidente e característica da região do Cerrado.

Tais fatores, sazonalidade e aspecto xerofílico de algumas espécies, levaram alguns destes primeiros pesquisadores a atribuir hipóteses de que os fatores limitantes estariam relacionados diretamente à variação sazonal, com uma influência predominante do clima, se fundamentando na limitação sazonal hídrica. Porém mais tardiamente outros pesquisadores notaram a presença de algumas espécies que apresentavam estruturas e comportamento fenológico não condizentes com a xerofilia.

Rawitscher⁹, segundo Ferri (1963), foi o primeiro a confrontar a hipótese da xerofilia do Cerrado. Com observações realizadas nos Cerrados presentes no Estado de São Paulo este pesquisador notou que algumas plantas possuem características que fogem do padrão comportamental das espécies xerofílicas: folhas grandes (gêneros *Tocoyena*, *Salvertia*, *Kielmeyera*), o que potencializa a perda de água por transpiração; ausência de sinais de murchamento, mesmo nos períodos de estiagem mais intensos; e até mesmo floração e brotação abundantes antes do período das chuvas (FERRI, 1980)

Notou-se, então, que era necessário mudar o foco das pesquisas dos fatores que limitavam a distribuição da vegetação de Cerrado, da restrição hídrica para o funcionamento da transpiração das plantas. Estes estudos vieram a mostrar, como era esperado, que as plantas do Cerrado não se comportam como uma vegetação seca. Ferri (1955) comprova que o Cerrado não sofre xerofilia, pois seus estudos comparativos entre esta vegetação e a da Caatinga demonstra que, ao contrário da vegetação semiárida, o Cerrado não reduz a perda de água por transpiração, mas perde água sem restrição durante todo o ano, pois mantêm seus estômatos abertos o dia todo independente da estação, o que comprova que as plantas não estão condicionadas à escassez de água no solo.

A grande maioria das plantas permanentes do Cerrado transpiram livremente e com altos valores, mesmo nos períodos de seca mais pronunciada. Somente poucas mostram pequena restrição no consumo hídrico nessa época. As plantas do Cerrado mostram, quase sem exceção, estômatos abertos durante todo o dia, mesmo durante a seca. Não é incomum encontrá-los abertos também à noite. Em geral as reações estomáticas das plantas permanentes do Cerrado são lentas. Fechamento total das fendas estomáticas, quando se faz cessar o suprimento hídrico arrancando-se a folha da planta, pode consumir 1 hora ou mais e às vezes nunca se completa inteiramente. A transpiração cuticular é, habitualmente, muito elevada, embora as cutículas e as camadas cuticulares sejam espessas. Os déficits de saturação das folhas são baixos, em geral, mesmo na época da seca. O valor mais alto encontrado foi da ordem de 5% do conteúdo máximo de água. [...] Embora com xeromorfismo menos pronunciado que o da vegetação do Cerrado, as plantas da Caatinga revelam-se melhor adaptadas fisiologicamente à sobreviverem em condições xéricas. Esta prolongada estiagem tem reflexos marcantes na região. Toda a vegetação herbácea e arbustiva baixa e em geral seca desaparece. As gramíneas ficam com folhas e

⁹ Felix Kurt Rawitscher, alemão, fundador do Departamento de Botânica da Universidade de São Paulo.

colmos esturricados com cor amarelo-dourada característica. Os arbustos esparsos perdem suas folhas, os ramos secos persistem. Muitas árvores também derrubam suas folhas, outras não. Estas constituem a chamada vegetação permanente que diferencia marcadamente este tipo de vegetação daquele encontrado na caatinga do Nordeste. (JOLY, 1970, p. 38).

Segundo esta hipótese, de que o Cerrado não sofre restrição hídrica, surgiram na mesma época (meados de 1950) trabalhos que correlacionariam o comportamento dos estômatos com as estratégias adaptativas para a absorção de água no solo, incluindo nos estudos o sistema radicular e a profundidade do lençol freático nas áreas de ocorrência da vegetação. Trabalhos como o de Rachid (1947) demonstram haver uma correlação direta entre o tempo que os estômatos se mantem abertos e a profundidade do sistema radicular de plantas efêmeras do Cerrado. Sendo assim, as plantas com sistema radicular pouco desenvolvido, mais superficial, devem apresentar características xeromórficas mais evidentes, com comportamento mais dependente da estação em que sua rizosfera recebe água com mais regularidade, o que não nega por inteiro a teoria do xeromorfismo de Schimper¹⁰. Referindo-se ao estudo de Rachid, Ferri:

A autora concluiu de seus estudos que, em geral, as plantas com sistemas radiculares superficiais mostram estômatos de reações mais rápidas. A medida que aumenta a profundidade dos sistemas radiculares, decresce a sensibilidade dos estômatos, sendo as plantas permanentes, de sistemas radiculares profundos, as que apresentam, em geral, reações estomáticas mais lentas. (1963, p. 23)

A abordagem da altura e variação do lençol freático, em relação à espécies de Cerrado, foi feita por Schubart e Rawitscher (1950). Segundo os autores a variação do nível do lençol freático está condicionada à chuvas de 4 a 5 meses antes da verificação de sua altura, ou seja, as chuvas que caem durante a estação de maiores índices pluviométricos demora de 4 a 5 meses para atingir o lençol freático, o que decorre que o maior volume de água disponível no solo corresponde às épocas do início da estiagem, e

¹⁰ As estruturas xeromorfas apresentadas por algumas espécies de Cerrado foram consideradas, nos primeiros estudos desta formação vegetal, como adaptações a ambientes secos. Schimper (1898) notou que o Cerrado apresenta características de xeromorfia clássica e cunhou uma hipótese xeromorfa para explicar tais adaptações, ficando esta conhecida por “teoria de Schimper”.

consequentemente o menor volume de água disponível no solo corresponde exatamente ao início do período chuvoso.

Com o avanço nos estudos do comportamento e ecologia do Cerrado os estudos dos fatores limitantes atribuídos a questões pedológicas se intensificaram nos meados de 1960. Faz-se necessário contextualizar que estas pesquisas pedológicas foram impulsionadas por interesses agrícolas que influenciaram a produção científica da época.

Um padrão na ocorrência do Cerrado é salientado por Joly. Este pesquisador afirma que os Latossolos do planalto central brasileiro são os principais responsáveis pela ocorrência desta formação vegetal:

Os cerrados caracteristicamente são encontrados no Planalto Central Brasileiro, em paisagem que se apresenta ora suavemente, ora fortemente ondulada, e onde os solos sejam profundos. Esta parece ser a única característica comum a todos eles, pois pode ser variado o tipo de solo superficial, mais arenoso ou mais argiloso, com muito ou pouco pedregulho. A cobertura do solo também se apresenta variada. Via de regra, este aparece por entre as plantas (1970, p. 38).

Relativamente à vegetação arbórea que normalmente cobre os solos do cerrado, a profundidade efetiva do manto intemperizado até o nível de flutuação do lençol freático, onde segundo Ferri (1944) se localizam as raízes das plantas, chega a atingir 18 m. Contudo, a profundidade efetiva do solo, deve ser bem menor, se avaliada em termos da presença de raízes das outras espécies presentes. Com raríssimas exceções, os “solos sob cerrado” são profundos, oferecendo ao sistema radicular das plantas um meio de fácil penetração e ampla distribuição. (RANZANI, 1963, p. 67)

Os solos profundos os quais o autor se refere são os Latossolos, que representam 48,66% do total do domínio, apresentando em sua composição altos índices de ferro e alumínio, que dão a característica química ácida dos Latossolos onde pode-se encontrar espécimes característicos de Cerrado, fatores estes que ajudam a explicar a peculiar fitofisionomia desta formação vegetal. Para Ferri e Goodland (1979) o solo mais frequente do Cerrado é o Latossolo vermelho, intemperizado, profundo, uniforme, poroso, ácido, pobre em bases trocáveis e rico em óxidos de Al e Fe.

Diante de tal contexto, uma relevância maior deve ser dada a teoria proposta por Arens (1963), que estudou as deficiências nutricionais das plantas em solos que contêm grandes concentrações de alumínio, como os do Cerrado, e criou a teoria do oligotrofismo distrófico. Para o autor, a fisionomia do Cerrado está condicionada a escassez de nutrientes no solo, o que limita o

uso dos elementos que realizam a fotossíntese, os quais ficam acumulados e geram um excesso de carboidrato que serão eliminados sob a forma de uma membrana espessa de celulose, em determinadas partes da planta, provocando-lhe o aspecto escleromórfico. Da mesma forma, a carência nutricional impede o desenvolvimento das espécies e causa o nanismo, que somado a outras características fisionômicas (folhas coriáceas e pilosas, tortuosidade e pouca estatura, existência de xilopódios, decíduosidade em determinado período sazonal) levaram alguns pesquisadores, anteriores ao trabalho de Arens, a considerar o Cerrado como uma vegetação xeromórfica (FERRI e GOODLAND, 1979).

... o sistema radicular é muito profundo e alcança o lençol freático, além de o acúmulo de água no solo corresponder ao total da precipitação de três anos. Assim não há falta de água no solo e muitas espécies do cerrado brotam e florescem durante a estação seca. Os estudos de Arens (1958 e 1963) mostraram que se trata de um “pseudo xeromorfismo”, consequência de solos oligotróficos com altas concentrações de alumínio e poucos nutrientes são os responsáveis pelo aspecto retorcido da vegetação. (TROPMAIR, 2004, p. 85)

Com tais análises Ferri e Goodland (1979) puderam construir “a hipótese do xeromorfismo aluminotóxico da vegetação de Cerrado” examinando “a saturação de alumínio em relação às características da vegetação”.

Esta hipótese parte do princípio de que a teoria de Arens (1958) seja correta, ou seja, que o cerrado é xeromórfico em decorrência do oligotrofismo. A primeira parte desta tese sustenta firme e independentemente a teoria de Arens pela primeira vez. A hipótese consiste em que o xeromorfismo do cerrado se deve simultaneamente à toxidez do alumínio e ao oligotrofismo, sendo este grandemente reforçado por aquela. (GOODLAND e FERRI, 1979, p. 157).

Admitimos então, que o escleromorfismo, manifestado principalmente na estrutura foliar, seja causado por qualquer fator limitante do crescimento. Assim, permanecendo a fotossíntese em nível normal ou pouco reduzido, surge um excesso de carboidratos que são eliminados sob a forma de membranas espessas de celulose, muito esclênquima¹¹, cutícula espessa, etc., É bem conhecido o fato da redução do crescimento (nanismo), pela escassez de água ou de sais minerais. Este nanismo por limitação do crescimento, parece ser acompanhado por caracteres escleromorfos. A vegetação arbórea e arbustiva dos campos cerrados, possui todas as características de uma flora raquítica e limitada por certos fatores de crescimento. Na

¹¹ Palavra derivada do grego, *skléros* = duro.

maioria dos campos cerrados, podem ser observadas certas áreas, nas quais o desenvolvimento destas mesmas plantas é muito mais vigoroso e onde, até mesmo a *Andira humilis* se converte em árvore. Não sendo a água o fator limitante, pensamos em fatores edáficos e, principalmente, na deficiência da nutrição mineral, considerando (1958), a vegetação típica dos campos cerrados, como tendo sido originada em resposta à oligotrofia mineral. (ARENS, 1963, p. 288)

Existem, também, teorias bióticas como a de Cole (1960) Hueck (1957) e Rizzini (1997) que partem do princípio que a distribuição de algumas áreas de expansão do Cerrado é resultado da ação antrópica do desmate da vegetação nativa advindo de práticas como a pecuária intensiva e/ou do uso do fogo.

A técnica de se utilizar o fogo na limpeza de áreas para a agricultura e pecuária é histórica no Brasil e perdura desde o tempo das chamadas “civilizações primitivas”, que se utilizavam de tais técnicas para limpar áreas de vegetação nativa para a sua utilização agropecuária.

O costume de queimar periodicamente estes campos no auge da estação seca foi adotado pelo europeu quando aqui chegou, possivelmente devido à observação do que o índio fazia, com o intuito de limpar o terreno para facilitar a plantação do milho ou da mandioca, quando as chuvas chegassem. À parte essa interferência humana, que não sabemos quando começou, existe também a possibilidade, sempre presente, do incêndio provocado por causas naturais e que via de regra pode se estender por imensa área durante dias e dias seguidos. (JOLY, 1970, p. 39)

Segundo esta ideia o Cerrado poderia representar ou não um clímax, decorrente da intervenção antrópica ou não, sendo o fogo um fator limitante que funcionaria basicamente para empobrecer a diversidade do ecossistema. Porém os estudos do fogo no Cerrado se mostraram relevantes, pois este também ocorre de maneira natural, o que gerou mudanças interpretativas da evolução deste bioma e sua relação com o fogo, induzindo ecólogos e pesquisadores envolvidos na temática a criar uma temática própria: a ecologia do fogo no Cerrado.

O principal pesquisador a se destacar nestes estudos de ecologia do fogo no Cerrado foi Coutinho (1976). Segundo o autor o fogo, ocasionado por eventos naturais, seria um elemento natural da ecologia do cerrado, funcionando como o responsável pela quebra da dormência de algumas sementes, contribuindo assim com a germinação e dispersão de algumas

espécies, regulando também a ciclagem de nutrientes, frutificação e floração, e agindo como um regulador da biomassa do ecossistema. Porém, como já ressaltado, a presença do fogo só é considerada benéfica para o ecossistema se este provier de eventos naturais, raios. Este tipo de queimadas, ocasionadas por raios, tendem a ocorrer no período das chuvas: quando a vegetação não está seca, a umidade do ar está alta, e são em geral seguidas por chuva, o que faz com que logo sejam eliminadas, não causando um dano extenso para a biota local. O contrário ocorre para as queimadas antrópicas que acontecem no período de seca: quando a vegetação herbácea que cresceu vigorosamente durante o período de chuvas seca rapidamente (Figura 03), gerando um acúmulo anual de biomassa seca, palha (COUTINHO, 2000), com a umidade do ar baixa, e quando é rara a ocorrência de tempestades de raios, o que a caracteriza como incêndio criminoso na maioria dos casos.



Figura 03: Diferentes áreas de acúmulo de biomassa vegetal seca presentes no Parque Estadual do Cerrado.

Fonte: Arquivo pessoal do autor (05/2013).

No tocante às teorias de distribuição da fauna ou zoogeografia ecológica do Cerrado, segundo Vanzolini (1963), três padrões devem ser considerados: intensidade das trocas de radiação ao nível do solo; penetrabilidade do solo até níveis profundos; existência de uma flora endêmica.

A fauna terrestre do Cerrado está adaptada, fisiologicamente e por comportamento, a uma grande quantidade de insolação direta, o que é uma consequência da flora se constituir como uma formação vegetal aberta. Em decorrência da atuação deste condicionante ecológico, radiação solar, o Cerrado apresenta alta amplitude térmica diária e baixo teor de umidade ao nível do solo, sendo estes fatores, em sinergia, os principais limitadores da distribuição da fauna do Cerrado. Para Vanzolini:

Às altas temperaturas diurnas do solo do cerrado associam-se as baixas noturnas, causadas pela intensa radiação. As resultantes amplitudes térmicas funcionam como severo agente de limitante de distribuição. (1963, p. 309)

Diante destas condições extremas na superfície algumas espécies da fauna do Cerrado, assim como a flora já mencionada, adaptaram seu nicho ecológico a profundidades maiores do solo, onde existe relativa estabilidade térmica e favoráveis teores de umidade. As formigas e os cupins, estes últimos os insetos mais abundantes no Brasil Central (DINIZ, 2007), são exemplos de tais adaptações. Segundo as autoras:

A densidade das colônias aumenta do campo úmido à mata de galeria e, aparentemente, este argumento está diretamente relacionado com a biomassa vegetal presente. A densidade de termiteiros expostos aumentou do campo úmido ao cerrado s.s. O menor número de ninhos expostos no cerradão, na mata seca e na mata de galeria pode ser explicado pelo maior número de colônias subterrâneas e das que sobrevivem dentro de madeiras nesses habitats. (2007, p.155)

E por último, a existência de uma flora endêmica, de distribuição restrita ao Cerrado, criou uma alta especificidade inseto-planta para muitos fitófagos específicos (VANZOLINI, 1963): Bruchidae – Coleoptera, lagartas de Sphingidae – Lepidoptera (DINIZ, 2007).

Uma das principais dificuldades ao trabalhar com as teorias ecológicas do Cerrado ainda é o inventário de espécies, tanto da fauna quanto da flora. Existem dificuldades diversas na elaboração de estudos de base, desde problemas taxonômicos até problemas na intensidade e distribuição das coletas. Os esforços para inventariar fauna e flora se tornam cada vez mais relevantes, visto que o crescente desmate de *habitats* de Cerrado diminui, cada vez mais, as possibilidades de conhecer para conservar a diversidade desta formação vegetal.

CAPÍTULO 3. BIOGEOGRAFIA DE ILHAS E ECOLOGIA DA PAISAGEM

De uma maneira simples e geral a Biogeografia é a ciência que tem como escopo explicar a distribuição, atual e pretérita, dos seres vivos sobre a superfície terrestre. Brown e Lomolino (2006) conceituam a Biogeografia como:

ciência que se preocupa em documentar e compreender modelos espaciais de biodiversidade. É o estudo da distribuição dos organismos, tanto no passado quanto no presente, e dos padrões de variação ocorridos na Terra, relacionados à quantidade e aos tipos de seres vivos. (p. 3)

O conceito de Biogeografia retirado do livro “The Theory of Island Biogeography” de Mac Arthur e Wilson (1967) trata a Biogeografia como:

The study of the distribution of species of organisms over the face of the Earth. Biogeography is concerned with the limits and geometric structure of individual species populations and with the differences in biotas at various points on the Earth surface. The local, ecological distribution of species, together with such synecological features as the structure of the food web, are treated under biogeography only insofar as they relate to the broader aspects of distribution. (p. 185)

A escolha de tal conceito, para utilização no estudo de caso desta dissertação (capítulo 4), justifica-se pela atenção dada, pelos autores, à ecologia que rege a distribuição (fatores limitantes para a distribuição de espécies com comportamento fisiológico semelhante) e a estrutura geométrica (forma, tamanho e distância entre os fragmentos) de populações de espécies individuais, mesmo que o foco deste estudo não se atenha a populações, e sim a toda a comunidade da área de dispersão.

O estudo teórico justifica-se, segundo Brown e Lomolino (2006), pois a Biogeografia é uma ciência observacional comparativa ao invés de experimental porque lida com escalas de tempo e espaço nas quais a manipulação experimental é impossível.

Então, para a análise da distribuição dos seres vivos deve ser levado em conta o padrão, que é o arranjo mais frequente da distribuição das espécies, e um ou mais processos que foram os responsáveis pela formação dos padrões espaciais da diversificação de espécies. O que torna a análise dos processos fundamental na compreensão da gênese dos padrões formadores das

paisagens atuais e pretéritas. Assim, nota-se a grande importância destes dois elementos nas ciências naturais em geral, principalmente na Biogeografia.

Para Brown e Lomolino (2006, p. 7) o “**padrão** pode ser definido como uma organização não-aleatória e repetitiva. A ocorrência de padrões no mundo natural implica que tenham sido causados por algum **processo** ou processos gerais”.

Segundo Mac Arthur (1972), a similaridade entre os fenômenos revelam os mecanismos internos de processos regulares, ou seja, a compreensão de como os processos evolutivos e as tensões ecológicas se combinam para moldar as comunidades biológicas pode nos levar ao entendimento dos principais padrões biogeográficos. O mesmo autor inicia seu livro “Geographical Ecology” elucidando a importância dos padrões para a ciência, para ele “fazer ciência” é “search for repeated patterns, not simply to accumulate facts, and to do the science of geographical ecology is to search for patterns of plant and animal life that can be put on a map”. (MAC ARTHUR, 1972, p. 1)

Os primeiros biogeógrafos, ou pelo menos os primeiros que tentaram explicar padrões de distribuição de espécies e assim foram taxados posteriormente, foram os naturalistas e exploradores do século XVIII. Carolus Linnaeus desenvolveu o sistema de nomenclatura binomial, usado até os dias atuais, na tentativa de classificar e compreender como as espécies se distribuíram, partindo da arca de Noé para as diversas partes do mundo após o dilúvio bíblico (LINNAEUS, 1781). Comte de Buffon, através de observação de mamíferos e aves comuns aos continentes europeu e norte americano, deduziu que durante algum tempo os continentes foram interligados, sendo o primeiro estudioso a considerar que tanto o clima como as espécies são mutáveis. Mas o pioneirismo de Buffon deve ser considerado na sua tentativa de criar um padrão: “a observação de Buffon de que regiões ambientalmente similares, porém isoladas, têm conjuntos distintos de mamíferos e aves tornou-se o primeiro princípio da biogeografia, conhecido como a lei de Buffon”. (BROWN e LOMOLINO, 2006, p. 16)

Após Buffon, alguns botânicos e naturalistas alemães auxiliaram na construção de padrões para explicar a distribuição de espécies: Johann Reinhold Forster, Karl Willdenow e Alexander von Humboldt, para citar alguns

dos mais relevantes. Este último, nome frequentemente citado na epistemologia da Geografia, foi o responsável por incrementar a lei de Buffon com as consequências da distribuição das espécies de plantas em variadas latitudes e altitudes, o que lhe confere a denominação de pioneiro da fitogeografia. Para Brown e Lomolino (2006, p. 17) Humboldt amplia à lei de Buffon, pois ele “concluiu que mesmo no interior das regiões, as plantas estavam distribuídas em zonas de altitude, ou cinturões florísticos, variando de equivalentes equatoriais tropicais em baixas elevações até equivalentes boreais árticos nos topos”. Em seu artigo denominado “Essay on the Geography of Plants” Humboldt expõe estas, então novas, ideias:

The Geography of Plants considers plants by the relationships of their local association in different climates. As vast as the object it embraces, it broadly outlines the immense expanse covered by plants from regions with perpetual snow to the depths of the oceans, to the interior of the globe where – in obscure grottoes – cryptogams grow as unfamiliar to us as the insects which they nourish. (1805, p. 50-51)

Outro nome do início do século XIX que deve ser lembrado, ao remontarmos os primeiros responsáveis por conjecturar padrões na Biogeografia, é o do suíço Augustin de Candolle. Este botânico contemporâneo a Humboldt trouxe a ideia de que os organismos não somente necessitam, mas também competem pelos recursos disponíveis no ecossistema, o que terá como consequência a formação de regiões ou províncias bióticas (BROWN e LOMOLINO, 2006). O legado de tais pesquisas norteará algumas importantes teorias para o desenvolvimento da ecologia, até como a conhecemos atualmente.

Neste mesmo contexto, os estudos geológicos de Charles Lyell e James Hutton abriram caminho para uma nova discussão: a de que a Terra e seus habitantes são mutáveis. A comprovação da variação do nível do mar, do soerguimento e da erosão de montanhas, além dos registros de fósseis já extintos revelaram aos estudiosos das ciências naturais novas perspectivas de análise em um planeta muito mais antigo que se imaginava (BROWN e LOMOLINO, 2006). Assim estava criada a base científica que iria proporcionar o surgimento de teorias sobre a seleção natural e origem das espécies, novamente buscando evidências nos processos e padrões.

Alguns dos cientistas que mais se destacaram nesta discussão durante o século XIX foram: Joseph Dalton Hooker, Charles Darwin e Alfred Russel Wallace. Afora os esforços anteriores de seu avô Erasmus Darwin e do francês Jean-Baptiste Lamarck, Charles Darwin foi o cientista que se dedicou a compreender como se dá a relação entre características ancestrais e características adquiridas, variações sob o estado doméstico e sob o estado natural. Ou seja, Darwin buscava padrões, não apenas de distribuição de espécie, mas padrões de variações nas espécies próximas para explicar quais os processos que envolveram tais adaptações evolutivas. “Quando todos, ou quase todos, indivíduos expostos a determinadas condições são afetados da mesma maneira, a modificação parece, inicialmente, estar diretamente relacionada a essas condições” (DARWIN, 2004, p. 73).

Alfred Russel Wallace, considerado o pai da zoogeografia, foi o primeiro cientista a tentar compreender os padrões de distribuição de múltiplos grupos de espécies terrestres e dividi-los em regiões diferentes, por todo o planeta (BROWN e LOMOLINO, 2006).

Seu sistema era baseado não somente em aves, mas em vertebrados de uma maneira geral, incluindo mamíferos não voadores, os quais deveriam refletir as divisões naturais da Terra com maior precisão, devido a suas habilidades limitadas de dispersão. Wallace desenvolveu um mapa detalhado e muito preciso das regiões biogeográficas da Terra. Seu mapa incluía divisões cuidadosas entre regiões e sub-regiões, juntamente com divisões batimétricas refletindo o isolamento de diferentes arquipélagos. (BROWN e LOMOLINO, 2006, p. 25)

O limite entre tais regiões biogeográficas mais abordado por Wallace, até pelo tempo que ele permaneceu nas ilhas indo-malaias, e que ficou conhecido como “linha de Wallace” (BROWN e LOMOLINO, 2006) é a divisão entre as ilhas de Java e as de Bornéu e Sumatra. Ele conseguiu estabelecer preceitos básicos de teorias de biogeografia que viriam a se firmar, enquanto método científico, um século depois.

Há uma peculiaridade na fauna de Java que se torna desconcertante: a presença de diversas espécies ou grupos característicos dos países siameses ou da Índia, que no entanto não se encontram em Bornéu e Sumatra. Entre os mamíferos o exemplo mais curioso é *Rhinoceros javanicus*, já que existe em Bornéu e Sumatra uma espécie diferenciada, enquanto a espécie javanesa estende-se à Birmânia e, inclusive, a Bengala. No que se refere às aves, a pequena pomba da

terra chamada *Geopelia striata* e a singular pega de tonalidades bronzeadas *Crypsirhina varians* são comuns em Java e Sião. Além disso, em Java existem espécies de *Pteruthius*, *Arrenga*, *Myophonus*, *Zoothera*, *Sturnopastor* e *Estrela*, cujas irmãs mais próximas encontram-se em diversas partes da Índia, enquanto se desconhece em Bornéu e Sumatra a existência de qualquer pássaro similar. (WALLACE, 1869, p. 155)

Portanto, se atualmente compreendemos que as ilhas são os verdadeiros laboratórios dos biogeógrafos e que a partir dos estudos insulares podemos compreender os padrões e processos distributivos das espécies, deve-se atribuir muito deste entendimento a Alfred Russel Wallace.

As ilhas foram, e ainda são, de grande importância para as construções teóricas em Biogeografia, seja pelo aspecto exótico de biotas de ilhas tropicais ou mesmo pela relativa facilidade de interpretação das relações presentes nestes ecossistemas. Galápagos ficou marcada na história das ciências naturais em razão das observações ali feitas por Darwin de criaturas “exóticas” (no sentido de não serem convencionais) como as tartarugas gigantes (*Chelonoidis nigra*) e os didáticos tentilhões (gêneros *Pinaroloxias*, *Geospiza*, *Camarynchus*, *Cactospiza*, *Platyspiza* e *Certhidea*) com bicos adaptados de acordo com a sua base alimentar. Porém, como o empirismo de Wallace viria a confirmar, Galápagos não é uma exceção, os efeitos da insularidade (gigantismo, nanismo, incapacidade de voar, ingenuidade ecológica¹², entre outros) podem ser observados em qualquer ilha relativamente isolada.

As ilhas sempre tiveram uma grande influência na biogeografia, desproporcional às diminutas frações da superfície terrestre que representam. A razão para isso é simples: ilhas e outros habitats insulares, tais como topos de montanhas, fontes, lagos e cavernas são ideais para experimentos naturais. Eles são bem definidos, relativamente simples, isolados e numerosos – frequentemente ocorrendo em arquipélagos de dezenas ou centenas de ilhas. (BROWN e LOMOLINO, 2006, p. 369)

Em outras palavras, o que faz uma ilha ser tão significativa para a Biogeografia é, geralmente, a reduzida capacidade de dispersão dos indivíduos se comparados aos de outras formas da superfície terrestre, tanto dos espécimes imigrantes quanto dos emigrantes, além da relativa simplicidade das

¹² Ecological naiveté: Perda de mecanismos de defesa – perda da coloração protetora, perda de mecanismos de advertência, primeira infância prolongada, comportamentos ingênuos de aninhamento.

relações ecológicas ali presentes, por vezes facilitando a interpretação do cientista. Se este isolamento das espécies está relacionado com a capacidade de dispersão de cada uma destas, deve-se considerar a existência de filtros de dispersão. O conceito ecológico de filtro, segundo Brown e Lomolino:

Como o próprio nome implica, um filtro é uma rota de dispersão mais restrita do que um corredor. Ele bloqueia seletivamente a passagem de certas formas, enquanto permite que as formas capazes de tolerar as condições da barreira migrem livremente. Como resultado, os colonizadores tendem a representar um subconjunto polarizado de seus conjuntos originais. Assim, as biotas nos dois lados de um filtro compartilham muitos dos mesmos grupos taxonômicos ou funcionais, mas alguns táxons são visivelmente ausentes em cada um deles (BROWN e LOMOLINO, 2006, p. 285)

Partindo desta interpretação, mesmo alguns ecossistemas continentais podem ser entendidos como ilhas na interpretação ecológica. Um refúgio florestal¹³, ou mesmo um espécime relictivo dentro deste refúgio, pode ser considerado outra “ilha” em relação ao seu isolamento devido à presença de barreiras ecológicas ou filtros, para ser menos restritivo. Os filtros mais comuns estão relacionados a variações do microclima, mudanças bruscas na composição e porte da vegetação (em alguns casos frequentes até a falta desta ou sua substituição por monoculturas), diferenças na topografia, presença de rios e mares, variações pedológicas (tanto da estrutura quanto da composição química), entre outros casos específicos.

Para compreender o impacto da teoria da biogeografia de ilhas deve-se contextualizar o momento histórico que as ciências como um todo, mas principalmente a biologia, passavam.

A descoberta da estrutura do DNA trouxe algumas consequências epistemológicas para a biologia, e por volta da década de 1950 muitos dos

¹³ Em sua essência, a teoria dos refúgios e redutos cuida das repercussões das mudanças climáticas quaternárias sobre o quadro distributivo de floras e faunas, em tempos determinados, ao longo de espaços fisiográficos, paisagística e ecológicamente mutantes. Tal como ela foi elaborada no Brasil, pela contribuição de diferentes pesquisadores, a teoria dos refúgios e redutos diz respeito, sobretudo, à identificação dos momentos de maior retração das florestas tropicais, por ocasião da desintegração de uma tropicalidade relativa preexistente. Nessa contingência, massas de vegetação outrora contínuas, ficaram reduzidas a manchas regionais de florestas, em sítios privilegiados, à moda dos atuais “brejos” que pontilham o domínio das caatingas, nos sertões do Nordeste seco. Os refúgios florestais pleistocênicos seriam os setores da mais demorada permanência da vegetação tropical e de seus acompanhantes faunísticos – em forte competitividade – durante os períodos de retração das condições tropicais úmidas. (AB’SABER, 2006, p. 63-64)

principais departamentos de biologia do mundo encontravam-se divididos entre os pioneiros biólogos moleculares e os adeptos da biologia clássica. Estes últimos buscaram nos métodos científicos quantitativos uma possibilidade de retomar o prestígio e o próprio rumo da biologia. A quantificação e o reducionismo científico auxiliam na busca da proposição de modelos e teorias gerais que seriam, ou deveriam ser, capazes de explicar a distribuição de espécies. Mas como construir tais generalizações a partir de uma biogeografia que tem como processos fundamentais relações que são altamente relativas de acordo com a espécie abordada (dispersão, invasão, competição, adaptação e extinção), além dos inúmeros problemas relativos à própria taxonomia?

Passado quase um século dos estudos realizados por Wallace, em meio ao embate entre a então nova biologia molecular e a biologia clássica, na década de 1960, é publicada a teoria de Biogeografia de ilhas, por Edward O. Wilson e Robert H. Mac Arthur. O cerne da teoria consiste no equilíbrio dinâmico, ou seja, explicar a distribuição de espécies entendendo como atuam os fatores que tendem a aumentar (imigração) e os que podem diminuir (extinção) a diversidade de um determinado ecossistema.

Algumas generalizações foram feitas a partir de tal princípio, sem adentrar nos cálculos inerentes ao modelo. A primeira e talvez a mais significativa, relaciona o número de espécies com o tamanho da ilha, quanto maior a ilha mais espécies deverá conter. Deve-se ressaltar ainda, segundo essa ideia, que os mamíferos topo de cadeia¹⁴ deverão estar presentes nas maiores ilhas, pois são encontrados em estágios de clímax da cadeia trófica; o que os torna mais exigentes em relação ao balanço da cadeia trófica e menos eficientes, que as aves e os répteis, por exemplo, na colonização de novos *habitats*.

Mas toda generalização possui exceções, e para a Biogeografia as diferenças ecológicas entre as espécies constituem uma grande dificuldade para a proposição de teorias gerais e generalizações (MAC ARTHUR e WILSON, 1967). Alguns desses atributos, mais frequentes, intrínsecos da espécie que podem mudar por influência da insularidade são: capacidade de

¹⁴ Predadores tem baixa densidade populacional por considerações energéticas da cadeia alimentar.

dispersão, mudanças de tamanho, perda de capacidade de dispersão, endemismo, relictualismo, perda de adaptações defensivas, especiação arquipelágica, irradiação adaptativa, ingenuidade ecológica (*ecological naiveté*). Os efeitos da insularidade na busca do equilíbrio ao nível da comunidade também devem ser considerados nas generalizações. Estes, mais frequentes, são: desarmonia, empobrecimento, decaimento de ecossistemas, erosão genética, deriva genética, alterações na complexidade da cadeia trófica.

O fator genético também é relevante quando a análise é feita para espécies raras, com maior risco de extinção.

A relação entre desarmonia¹⁵ e empobrecimento¹⁶ está diretamente relacionada com o equilíbrio dinâmico de uma ilha, ou de qualquer ecossistema que se comporte ecologicamente como tal: toda população oscila de tempos em tempos influenciadas por fatores determinísticos (relações diretas de causa e efeito, podem ser previstos e controlados) e estocásticos (fatores aleatórios, geralmente ligados a causas geofísicas e aleatórias, que fogem ao padrão), logo populações menores têm uma probabilidade maior de oscilar até zero (extinção).

A raridade de espécies em ilhas é maior do que nos espaços continentais de vegetação nativa contínua, pois o isolamento por si só já restringe a dispersão e quando esta ocorre até tais locais os colonizadores podem não persistir, o que torna estes fragmentos de biota já empobrecidos naturalmente. Porém nem sempre a raridade é negativa, pois existem espécies de *habitats* mais generalistas e outras mais específicas, sendo assim a estrutura social e seus correlatos ecológicos determinam diferentes lineares de estabilidade populacional para cada espécie, de acordo com o seu sucesso reprodutivo, com a disponibilidade de *habitats* e com o grau de interferência antrópica.

Partindo da análise da raridade, Jared Diamond (1975) estudando processos de recolonização de ilhas notou um encadeamento de rupturas de um nível trófico para outro. Como a abundância de uma espécie depende da abundância de outras de diversas maneiras, o desaparecimento de uma

¹⁵ Representação desigual de espécies ou grupos de espécies em diferentes lugares.

¹⁶ Escassez de espécies em determinado local, simplificação da biodiversidade.

provavelmente produzirá efeitos em cascata na abundância de espécies que a usam como presa, polinizadora ou dispersora de sementes.

Outra contribuição importante, no sentido de compreender como se dá a extinção, foi feita por Michael Soulé (1987), ao elencar os fatores de extinção de espécies: raridade (baixa densidade e frequência pequena e insuficiente); capacidade limitada de dispersão; endogamia e consanguinidade; perda de heterozigose; efeito fundador; hibridização; perda sucessiva de *habitats*; variações ambientais; catástrofes; extinção ou redução de populações mutualísticas; competição; predação; doença; caça e coleta; perturbação e/ou destruição do *habitat*.

Compreendido a relevância da raridade na discussão da biogeografia de ilhas, deve-se retomar a relação número de espécies e área da ilha.

Segundo a análise de Preston (1962) não é possível conservar, em uma área de proteção, uma réplica completa em escala reduzida de um bioma, pois a frequência de distribuição de espécies varia de acordo com elementos geológicos específicos (particularidades) que compõem a paisagem. Sendo assim, compreende-se que um fragmento de biota continental, por exemplo uma Unidade de Conservação, não terá o mesmo equilíbrio de espécies se comparado a uma ilha. As Unidades de Conservação são recortes espaciais que acabaram por isolar comunidades ecológicas que faziam parte do equilíbrio de um todo. Já o equilíbrio das ilhas, compreendidas como áreas isoladas, se dá de maneira independente, variando conforme o tempo de seu isolamento.

O tempo do isolamento do fragmento é fundamental para compreender como está estruturada por complexidade a cadeia trófica do ecossistema: quanto maior o tempo de isolamento, mais próximo de um novo equilíbrio e consequentemente maior a complexidade. Em áreas não tão isoladas há a possibilidade de outros indivíduos interferirem no equilíbrio, através da imigração. Já em uma área mais isolada (fragmentada) o equilíbrio depende mais de mecanismos internos, com o reduzido número de espécies presente na ilha, o que pode levar à extinção local de algumas espécies.

Esta ideia remete novamente ao equilíbrio dinâmico da teoria de Wilson e Mac Arthur. O equilíbrio de espécies em uma ilha é o resultado da “perda” de algumas espécies e “ganho” de outras, quase em igual número (quantidade de

espécies é quase inalterada, mas a lista de táxons altera-se constantemente), fenômeno conhecido na ecologia como *turnover* ou rotatividade de espécies (MAC ARTHUR e WILSON, 1967).

As espécies novas aparecem no fragmento por dois motivos: especiação ou imigração. Visto que a imigração é mais frequente, pois geralmente demanda menos tempo que a especiação, pode-se dizer que o equilíbrio do fragmento é, basicamente, a relação entre a extinção local e a imigração.

Assim Mac Arthur e Wilson traçam dois padrões fundamentais para a compreensão de como se dá o equilíbrio da teoria de Biogeografia de ilhas. O primeiro é o **efeito da área** (Relação Espécies e Área): os dois fatores são diretamente proporcionais, portanto, Ilhas grandes deverão conter mais espécies do que ilhas pequenas e Ilhas pequenas recebem menos imigrações e tendem a sofrer menos extinções. O segundo padrão é o **efeito da distância**: ilhas mais remotas (mais isoladas) abrigam menos espécies do que ilhas menos remotas e ilhas remotas recebem menos imigrações e tendem a sofrer menos extinções.

Para os fragmentos tende a ser mais relevante a área do que a distância, pois algumas espécies têm capacidade de dispersão reduzida, o que faz aumentar apenas a extinção, sem o contrapeso da imigração. Esse processo de empobrecimento do ecossistema foi conceituado por Jared Diamond (1972) como "*relaxation rate*" (*taxa de relaxamento*) e é também conhecido por decaimento de ecossistemas. Utilizando-se, ainda, da ideia de equilíbrio dinâmico este autor sugere que a perda de espécies por extinção local, leva o ecossistema à buscar um novo equilíbrio, em um patamar mais baixo, denominado por ele como "*secondary equilibrium*", proporcional à área menor do novo trecho insularizado. Ou seja, uma reserva isolada recentemente comporta, por determinado tempo, mais espécies do que seu número de equilíbrio, mas esse excedente de espécies acabará desaparecendo à medida que o fragmento em questão buscar seu equilíbrio secundário, quando ocorrerá o relaxamento para o novo equilíbrio (DIAMOND 1972).

A teoria de Mac Arthur e Wilson, com seus infintos desdobramentos, abriu uma nova possibilidade de debates à cerca de como as áreas de proteção, que funcionam como fragmentos isolados na maioria dos casos, se comportam e como devem ser pensadas desde a sua criação.

A discussão teórica sobre a conservação das espécies e o entendimento da interferência que o Homem havia exercido ao acelerar a extinção de algumas espécies, mesmo que de maneira indireta, levaram o debate da conservação adiante. Se é possível, segundo a teoria de Biogeografia de ilhas, calcular o número de espécies de uma ilha basicamente¹⁷ em relação a sua área total, pode-se também estabelecer, utilizando-se do mesmo modelo, áreas de proteção mais eficazes.

Com o intuito de criar princípios de design que serviriam para minimizar as taxas de extinção em reservas naturais, Diamond (1975) sugere pontos de reflexão durante o estabelecimento dessas áreas, basicamente: uma reserva grande pode abrigar mais espécies em equilíbrio do que uma reserva pequena; uma reserva localizada próximo de outras pode abrigar mais espécies do que uma reserva remota; um grupo de reservas tenuemente ligadas entre si – ou, pelo menos, proximamente agrupadas – poderá abrigar mais espécies do que um grupo de reservas separadas ou ordenadas em linha reta; uma reserva redonda conterá mais espécies do que uma reserva alongada.

Diamond (1975) abre caminho para um longo debate, que fica conhecido nas ciências naturais como Single Large Or Several Small (S.L.O.S.S.), ou seja, deve-se optar por poucas reservas, mas que ocupem grandes áreas ou muitas reservas pequenas para a conservação da natureza?

Daniel Simberloff, um dos pesquisadores orientados por Edward Wilson, foi um dos principais críticos da teoria de Biogeografia insular, questionando, principalmente, quatro pontos relevantes que a teoria não aborda: a teoria (busca por leis gerais, caráter quantitativo) não distingue as especificidades de cada espécie; não há referência ao tamanho do conjunto de espécies continentais; não são consideradas as diferenças na capacidade de dispersão entre as espécies continentais; são desprezadas as competições entre as espécies (SIMBERLOFF e ABELE, 1976).

¹⁷ “A more general first approximation for number of species in island faunas as a whole is given by the equation $S=CA^z$, where S is the number of species of a given taxon found on the island and A is the area of the island. C is a parameter that depends on the taxon and biogeographic region, and in particular most strongly on the population density determined by those two parameters. z is also a parameter but one that changes very little among taxa or within a given taxon in different parts of the world.” (MAC ARTHUR e WILSON, 1967, p. 8-9)

Para tais autores a teoria de Wilson e Mac Arthur estava muito embasada na sinecologia¹⁸, em detrimento da autecologia¹⁹: “This is not a plea, then, for a specific conservation regime, but rather for more comprehensive autecological consideration” (SIMBERLOFF e ABELE, 1976, p. 286). Segundo tal crítica, mesmo as reservas pequenas teriam sua importância e cada caso deve ser analisado com suas particularidades, ou seja, o isolamento parece ser relativo, de acordo com a ecologia de cada espécie. A desprezível ideia da diferença existente entre espécies mais generalistas²⁰ e outras mais específicas²¹, já torna as estratégias de proteção generalistas questionáveis.

Conhecer as espécies que compõem o fragmento, ou ilha, e sua ecologia auxiliaria na compreensão de como acontece o relaxamento até que se dê o novo equilíbrio. Contudo somente estudos específicos de cada paisagem, de seus elementos e das populações mínimas viáveis de cada espécie presentes poderão estimar quais serão as consequências desse decaimento de ecossistemas: quais espécies irão desaparecer e quais perdas serão aleatórias e quais estarão determinadas pela estrutura do ecossistema.

Na tentativa de compreender como se dá a relação entre a insularização (fragmentação) e as mudanças ecológicas da biota, uma grande contribuição foi feita por Bierregaard e Lovejoy (1992), ao estimar os possíveis efeitos do decaimento de ecossistemas para a flora, no estudo de impactos de borda na floresta amazônica: exposição não habitual a luz solar, desidratação, vento, exposição a vetores e predadores, espécies invasoras, aumento da temperatura, floração fora da época (alterações na fenologia) (BIERREGAARD et al., 1992).

¹⁸ Dimensão da comunidade e sorte de princípios organizadores (leis gerais de ecologia teórica, quantitativa).

¹⁹ Conhecer a ecologia de cada espécie em seu *habitat* atual antes de tirar conclusões sobre a estrutura geral da comunidade (qualitativa).

²⁰ Risco de extinção menor (não precisam ou precisam de menor proteção): Espécies mais comuns, menos diferenciadas, mais competidoras, com alta aptidão para dispersão e colonização.

²¹ Risco de extinção maior (precisam de maior proteção): Espécies mais raras, mais diferenciadas, menos competidoras, com baixa aptidão para dispersão e colonização.

Outros estudos foram importantes, na tentativa de chamar a atenção para que os estudos biogeográficos não se tornassem tão reducionistas, como o trabalho de Bárbara Zimmerman e Daniel Simberloff (1996). O trabalho com sapos da floresta amazônica levou-os a conclusão que: a reserva terá mais valor para conservação se tiver mais *habitats* de reprodução, não dependendo necessariamente do tamanho da reserva, para os sapos estudados.

Outro ponto questionável na teoria de Biogeografia insular é em relação a população mínima viável de cada espécie. Shaffer (1981) ressalta a diferença de exigência energética que algumas espécies que constituem o mesmo ecossistema têm, o que conseqüentemente acarreta no fato das densidades populacionais entre estas diferirem, como no caso das baixas densidades dos predadores já citado.

Many species currently in jeopardy are large-bodied and/or specialized, two characteristics that usually lead to low population densities. If we are successful in providing sufficient room for their survival, then other, less space-demanding members of their communities should also survive. (SHAFFER, 1981, p. 131)

Portanto, para Shaffer a população mínima viável é a menor população, em um *habitat* isolado, que tem 99% de chance de sobreviver por mil anos, independente da estocasticidade demográfica²², ambiental²³ e genética²⁴, além das catástrofes naturais²⁵ (SHAFFER, 1981).

Entende-se então que, muito embora pressões sistemáticas infligidas por atividades humanas possam levar a população até o limiar da sua viabilidade, a extinção, geralmente envolve certa dose de estocasticidade (acaso), o que pode se complicar quando o estudo trata-se de populações menores (SHAFFER 1981).

²² demographic stochasticity, which arises from chance events in the survival and reproductive success of a finite number of individuals (SHAFFER, 1981, p. 131).

²³ environmental stochasticity, due to temporal variation of habitat parameters and the populations of competitors, predators, parasites, and diseases (SHAFFER, 1981, p. 131).

²⁴ genetic stochasticity, resulting from changes in gene frequencies due to founder effect, random fixation, or inbreeding (SHAFFER, 1981, p. 131).

²⁵ natural catastrophes, such as floods, fires, droughts, etc., which may occur at random intervals through time (SHAFFER, 1981, p. 131).

Outro problema que deve ser discutido para a conservação de populações menores e a fragmentação de *habitats* é a relação inversamente proporcional entre deriva genética e evolução. Para Soulé (1986) em uma população grande a taxa de mutação compensará com folga a taxa de perdas, sendo assim a deriva genética não será um empecilho. Por sua vez, uma população menor sofre menos mutações, mas as perdas por deriva genética serão mais rápidas que a sua evolução (SOULÉ, 1986) e, com isso, a população estará mais suscetível aos efeitos da estocasticidade de Shaffer.

A fragmentação em pequenas áreas, na melhor das hipóteses, cria espaços minimamente suficientes para manter espécies com população viável, mas estas amostras não são suficientes para evoluírem em várias populações, seria a extinção superando a especiação (SOULÉ, 1986).

O continente, ao contrário do que propõe a teoria de Biogeografia de ilhas, não deve ser encarado atualmente como uma fonte irrestrita e inesgotável de imigrantes para uma ilha ou um fragmento, onde teoricamente ocorreria o *turnover*. O contexto ambiental atual é alarmante e o grau de fragmentação da paisagem obriga a reinterpretar a teoria e suas aplicações para ambientes altamente fragmentados, onde a única possibilidade de *turnover* seria se o reforço das imigrações acontecesse entre os próprios fragmentos.

A consensus is emerging within the scientific community to the effect that the extinction rate is now a good deal higher than it would be under purely natural conditions that is, under conditions free of man's disruptive impact. Of course, there have always been natural extinctions. Of all the species that have occurred since the emergence of life 3.6 billion years ago, at least 90 percent have disappeared. Yet the extinction rate of the past does not remotely compare with the rate that is anticipated for the coming decades. (SOULÉ et al., 1986, p. 342)

Soulé e Gilpin (1980) formularam o conceito “*extinction vortex*” (vórtice de extinção) para explicar por meio de um sistema como se dá a extinção de espécies nos dias atuais. Segundo os autores o princípio de tudo seria a perda de *habitat*, os efeitos da fragmentação causariam um declínio populacional que forçaria os indivíduos à procriação consanguínea, que geraria a perda de adaptabilidade, que por sua vez reduziria a capacidade de dispersão da

espécie, reduzindo assim as chances de persistência da espécie em questão, culminando na sua extinção local.

Muitos autores já consideram que vive-se em uma era de extinção em massa. Segundo David Jablonski considera-se extinção em massa quando esta está ocorrendo no dobro do nível padrão, 50% a mais de extinção dos gêneros mais abundantes (JABLONSKI, 2001), se é que este nível padrão foi estabelecido antes do vórtice de extinção começar. Segundo Jablonski (1986) ainda não se atingiu a taxa de extinção em massa que ocorreu marcando a passagem do cretáceo para o terciário, mas a crescente taxa de extinção merece destaque na discussão das práticas de conservação das espécies mais ameaçadas.

Todos os estudos e teorias mencionados, entre outros de igual teor, foram referência para o desenvolvimento da Biogeografia de uma maneira geral. Mas coloca-los na prática e observar seus efeitos nem sempre é possível para a Biogeografia, pois como já citado esta é uma ciência que se baseia em observação de padrões, mais em descrições do que em experimentos, sendo que mesmo os padrões frequentemente mostram exceções. Existem alguns métodos de análise propostos, ao longo do desenvolvimento de técnicas de interpretação da paisagem na geografia, que tentam se aproximar de uma comprovação empírica que a ciência cobiça. Um destes métodos de análise da paisagem que tem seus princípios próximos a Teoria de Biogeografia de ilhas é a Ecologia da Paisagem.

A Ecologia da Paisagem, ou *Landschaftsökologie*, surge na Alemanha nos trabalhos de Carl Troll (1939). Desde então o termo gera embates teóricos no meio acadêmico não só na Geografia e Ecologia, mas em várias ciências naturais. “Existe uma variação conceitual do termo paisagem dentro da ciência geográfica, que é resultado do próprio processo histórico-evolutivo da ciência e da opção teórico-metodológica de seus pesquisadores.” (MEZZOMO, 2013, p. 56).

Essa evolução teórico-metodológica resultou em uma divisão na abordagem da paisagem, segundo os interesses do pesquisador, o que gerou duas correntes: a corrente proveniente das escolas clássicas europeias e a corrente norte americana. A corrente proveniente das escolas europeias é frequentemente denominada de “Planejamento da Paisagem”, nela a análise

predominante é a horizontal, das formas, da distribuição dos elementos no espaço, sendo assim uma abordagem mais qualitativa, o que pode ser relacionado com suas origens nas escolas de geografia e arquitetura, que se preocupam com áreas mais antropizadas onde é necessário pensar o planejamento da ocupação territorial assim como os limites e potencialidades do uso econômico das paisagens (MEZZOMO, 2013).

Já na abordagem proveniente da escola norte americana a análise mais frequente é a vertical, das funções e relações dos elementos em paisagens naturais, sendo uma abordagem mais quantitativa, com aplicação da ecologia teórica para a conservação da diversidade biológica, sendo o seu foco o estudo dos efeitos da estrutura espacial da paisagem sobre os processos ecológicos, envolvendo procedimentos e métricas de quantificação da estrutura da paisagem (MEZZOMO, 2013).

A evolução do conceito na corrente Norte Americana, atualmente, ocorre com trabalhos ligados ao sensoriamento remoto e estatística, trabalhos quantitativos de métricas da paisagem, que nem sempre se preocupam com os fundamentos de um pensamento holístico e sistêmico, mas sim em desenvolver um método mecanicista e reducionista que seja capaz de fazer previsões, interpretações e análises práticas da paisagem.

Alguns desses trabalhos, desta então nova corrente da Ecologia da Paisagem, começam a aparecer na década de 1980. Forman e Godron (1986) trazem a ideia de que a Ecologia da Paisagem deve considerar três características da paisagem: estrutura²⁶ (padrões espaciais dos elementos na paisagem e observações ecológicas), função²⁷ (fluxo dos objetos entre os elementos formadores da paisagem) e dinâmica²⁸ (mudanças no mosaico ao longo do tempo) de áreas heterogêneas compostas por ecossistemas interativos (MEZZOMO, 2013; FORMAN e GODRON, 1986). Para os autores é

²⁶ Structure, the spatial relationships among the distinctive ecosystems or “elements” present – more specifically, the distribution of energy, materials, and species in relation to the sizes, shapes, numbers, kinds and configuration of the ecosystems. (FORMAN e GODRON, 1986, p. 11)

²⁷ Function, the interactions among the spatial elements, that is, the flows of energy, materials, and species among the component ecosystems. (FORMAN e GODRON, 1986, p. 11)

²⁸ Change, the alteration in the structure and function of the ecological mosaic over time. (FORMAN e GODRON, 1986, p. 11)

fundamental compreender que a Ecologia da Paisagem parte da aplicação de princípios baseados nas características da paisagem, ou seja, que a teoria seja utilizada, como caráter prático de formulação e resolução dos problemas (FORMAN e GODRON, 1986).

Também se utilizando de uma discussão a partir dos métodos quantitativos, modelagens, para a análise da paisagem, Turner (TURNER E GARDNER, 1991; TURNER et al., 1993; TURNER, 2005) traz a ideia da heterogeneidade da paisagem. Esta heterogeneidade²⁹ aparecerá em vários trabalhos da autora (TURNER et al. 1989, 2005) como ponto fundamental do equilíbrio do sistema, ou seja, da dinâmica natural de distúrbios e estabilidades do sistema. Outra discussão importante que a autora levanta é a questão da influência da escala na análise da paisagem (TURNER 1990, 2002).

A análise dos padrões espaciais na ecologia da paisagem feita pelos norte americanos parte de uma premissa relativamente simples, a de que as paisagens são mosaicos³⁰, um modelo composto por matriz (*matrix*), manchas (*patches*) e corredores (*corridors*). Segundo Forman (1995), na comparação entre a paisagem e a região: “A landscape, in contrast, is a mosaic where the mix of local ecosystems or land uses is repeated in similar form over a kilometers-wide area” (p. 13).

Segundo Forman (1995), os principais elementos componentes da paisagem, que devem ser levados em conta na análise dos padrões de distribuição são:

- **Manchas (*patch*):** “a relatively homogeneous nonlinear area that differs from its surroundings (the internal microheterogeneity presente is repeated in similar form throughout the area of a patch).” (FORMAN, 1995, p. 39)
- **Corredor (*corridor*):** “a strip of a particular type that differs from the adjacente land on both sides. (corridors have several important

²⁹ Heterogeneity, “complexity or variability in a system property of interest in space and time” (TURNER, 2005, p. 319)

³⁰ “Mosaic: A pattern of patches, corridors, and matrix, each composed of small similar aggregated objects.” (FORMAN, 1995, p. 39)

functions, including conduit, barrier, and habitat.)” (FORMAN, 1995, p. 38)

- **Matriz**³¹ (*matrix*): “the background ecosystem or land-use type in a mosaic, characterized by extensive cover, high connectivity, and/or major control over dynamics.” (FORMAN, 1995, p. 39)

Os mosaicos, ou seja, a própria configuração dos elementos formadores da paisagem, atuais tendem a exibir um alto grau de alteração antrópica, vista a crescente influência do Homem na paisagem. O processo de fragmentação e suas consequências ganham importância neste contexto.

Estas teorias sobre os processos e padrões de distribuição da biota apresentados durante todo o capítulo foram construindo a base teórica que foi necessária para a interpretação de paisagens naturais e para o decorrer da discussão acerca da proteção de áreas relevantes para a manutenção do ecossistema. A relação das primeiras teorias que intuía padrões de distribuição de espécies, estimulando o surgimento de teorias quantitativas de análise desses padrões, como a Teoria de Biogeografia de Ilhas, que entre outros desdobramentos impulsionou o debate sobre a melhor configuração de áreas protegidas, culminando com as métricas da paisagem norte americana, permite formar uma base teórica, mesmo que restrita devido a complexidade das próprias teorias e das dificuldades inerentes da própria dinâmica dos seres vivos, para análises de casos isolados ou estudos de caso, como o proposto a seguir.

³¹ O termo “matriz” é de uso comum em algumas áreas da ciência. Porém, nesta dissertação o termo faz referência à todas áreas que não foram classificadas como Cerrado e consequentemente não funcionam como fragmentos: como áreas de vegetação mais densa (Floresta Ombrófila Mista e Estacional Semidecidual), reflorestamentos comerciais, cultivos agrícolas, áreas de pasto e mancha urbana do Município de Jaguariaíva.

CAPÍTULO 4. ESTUDO DE CASO: PARQUE ESTADUAL DO CERRADO E SUA ÁREA DE DISPERSÃO DIRETA.

4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O Parque Estadual do Cerrado localiza-se no município de Jaguariaíva/PR, no segundo planalto paranaense ou planalto de Ponta Grossa (MAACK, 2012), limitado a leste pela escarpa devoniana e a oeste pela serra da Boa Esperança. Mais especificamente, o município de Jaguariaíva está localizado a 24°16'00" de latitude Sul e 49°49'21" de longitude, a Oeste do meridiano de Greenwich (Figura 04).

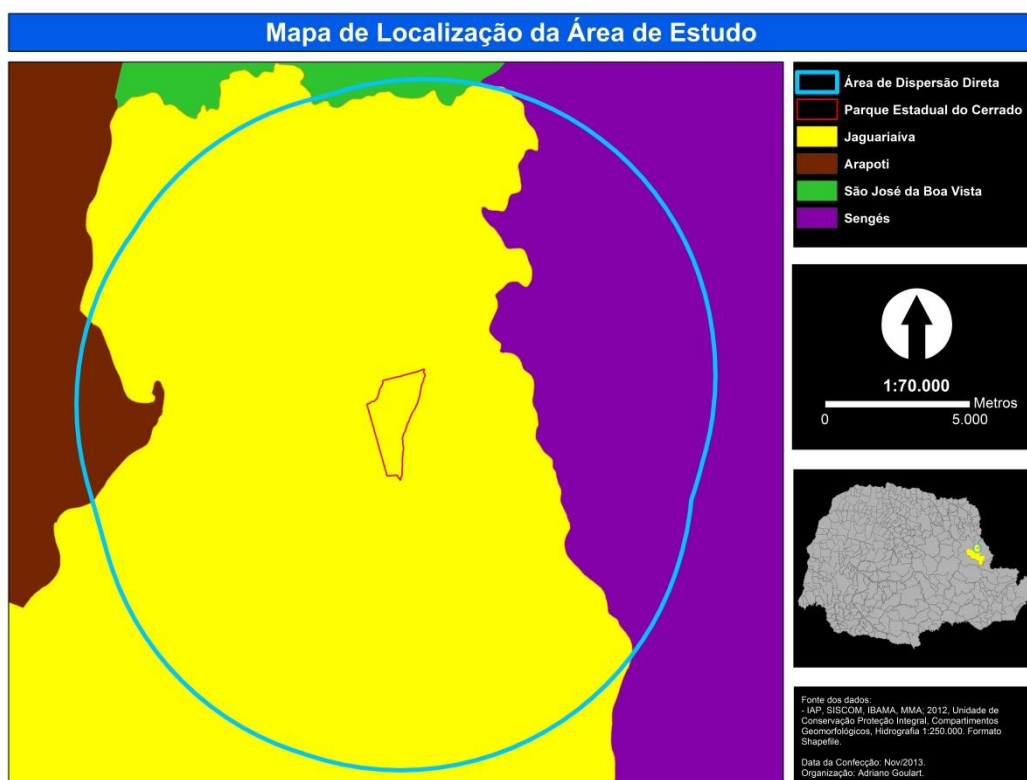


Figura 04: Cartograma de Localização da área de estudo em relação ao estado do Paraná. Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

O município de Jaguariaíva se eleva a 888 m em relação ao nível do mar e dista 198 km em relação ao litoral, sendo que as maiores altitudes registradas na área do município chegam a marcar 1.200 m acima do nível do mar (MAACK, 2012). Na região do município pode-se identificar algumas formações geomorfológicas características da Bacia Sedimentar do Paraná, onde, se generalizada, a paisagem apresenta-se suavemente ondulada (MAACK, 2012),

ou constituindo um relevo comumente denominado de “meias laranjas”, “mares de morros”. Esse tipo de relevo, associado a formações de chapadas são característicos do Cerrado brasileiro como um todo, segundo Ab’Saber:

Quer as enormes extensões de *morros mamelonares* do Sudeste do Brasil, como as *chapadas tabulares* dos sertões do Nordeste Brasileiro, assim como os intermináveis *chapadões suavizados* do Centro-Oeste, não passam de expressões fisiográficas, cujos pormenores de modelado se prendem absolutamente aos novos tipos de ambientes climáticos intertropicais instalados no território brasileiro durante o Quaternário. (AB’SABER, 1950-1951, p. 65)

Na região ocorreram as intrusões de diques de diabásio, características da bacia sedimentar do paraná, durante o Triássico e possibilitaram a conservao de grandes pacotes de sedimentos, os arenitos (AB’SABER, 1950-1951) (Figura 05). Segundo Maack (2012) o segundo planalto  constituído por sedimentos paleozoicos do devoniano, do carbonífero e do permiano, além de diques *sills* e rochas eruptivas básicas do vulcanismo gondwnico.



Figura 05: Afloramentos rochosos do arenito no Parque Estadual do Cerrado, que d origem aos solos de ocorrência de Cerrado na região.

Fonte: Arquivo pessoal do autor (05/2013).

O Segundo Planalto Paranense encontra-se esculpido na faixa de rochas Paleozóicas e apresenta-se, no Paraná, como um planalto modelado em estruturas monoclinais, sub-horizontais, mergulhando para o oeste. Tem seus limites entre a escarpa Devoniana a leste, onde as altitudes mdias de cimeira estão entre 1100 a 1200m e, a oeste, com a escarpa arenito-basáltica ou Triássico-Jurássico onde, em suas proximidades, as altitudes variam entre 350 e 1200 metros s.n.m. (SANTOS et. al, 2006, p. 10)

Em relao ao clima da região, segundo Maack (2012), a máxima absoluta  de 34,7C, a mínima absoluta  de -3,4C, sendo a amplitude anual registrada em 7,9C e a amplitude absoluta média de 19,3C. Outra característica importante que auxilia na caracterizao do Cerrado na região 

a influência dos ventos. Segundo Maack (2012), em Jaguariaíva há uma predominância de ventos secos vindos do Sul, 38,1% dos ventos, responsáveis por períodos de escassa pluviosidade, característica climática marcante no planalto central brasileiro, área core do domínio dos Cerrados. A evidência dessa sazonalidade foi revelada também na análise da nebulosidade e da precipitação: foram registrados 101 dias em média³², durante o ano, com baixa nebulosidade e uma média total de precipitação anual de 1.383,2 mm, distribuídos em 898,1 mm na estação chuvosa (primavera e verão) e 485,1 mm na estação seca (outono e inverno) (MAACK, 2012). Ainda que relatada essa grande diferença sazonal, Maack (2012) classifica o clima de Jaguariaíva, segundo a classificação de Koeppen, como Cfb: sempre úmido, mês mais quente < 22°C, onze meses > 10°C, algumas geadas por ano.

Segundo a teoria dos refúgios florestais, as florestas decíduas e semidecíduas da América do Sul encontraram seu ápice no final da última glaciação, na retomada do período interglacial, as florestas secas retraíram-se e as florestas úmidas passaram a se expandir lentamente, o que explica a presença de manchas de Cerrado em meio ao domínio dos planaltos subtropicais com araucárias (Figura 06). Para Maack (2012) a cobertura vegetal presente na região de Jaguariaíva são os Campos Cerrados ou Estepes Arbustivas (Figura 07):

Os componentes da associação florística dos campos cerrados no Paraná correspondem ao revestimento vegetal dos campos do oeste de São Paulo e do planalto Central do Brasil. Entre gramíneas e ervas baixas registram-se associações de arbustos e árvores baixas e altas, dominando leguminosas. (p. 316)

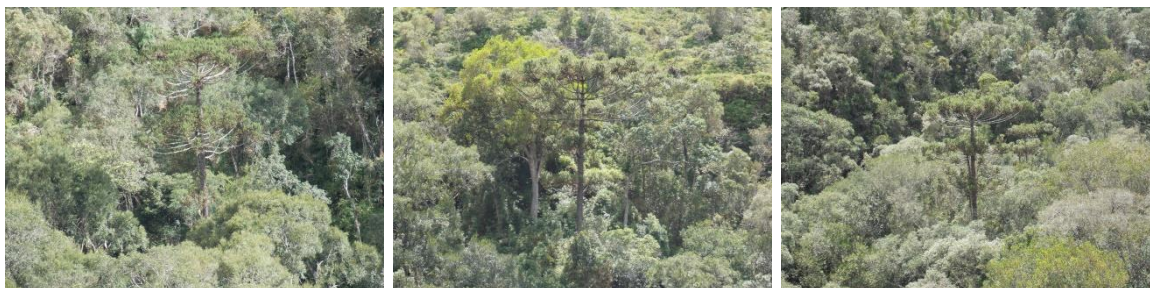


Figura 06: Fitofisionomia característica da floresta ombrófila mista, presentes nas margens do rio Jaguariaíva, no Parque Estadual do Cerrado.

Fonte: Arquivo pessoal do autor (05/2013).

³² Média calculada a partir de observações feitas em 43 anos do estudo de Maack (2012).



Figura 07: Estepes arbustivas ou campos cerrados, presentes no Parque Estadual do Cerrado. Fonte: Arquivo pessoal do autor (05/2013).

A região do município de Jaguariaíva, sob o aspecto da economia, já foi uma das mais desenvolvidas do país, localizada próxima a divisa entre os Estados de São Paulo e Paraná, e também uma das pioneiras na colonização do sudeste brasileiro, o que a concede uma riqueza histórica que não deve ser desprezada no estudo da evolução da paisagem.

A região foi a segunda a ser colonizada, no Estado. Após o estabelecimento dos núcleos de Paranaguá e Curitiba, surgiu a necessidade de se estabelecer algumas vilas no caminho utilizado pelos tropeiros para o transporte do gado. Uma dessas localidades estabelecidas nesse período foi Jaguariaíva. O relato de Saint-Hilaire (1978) sobre a relevância da região dos Campos Gerais para a atividade pecuarista, já no ano de 1820, é um exemplo autêntico da influência dos tropeiros na consolidação da região:

As excelentes pastagens dos Campos Gerais são aproveitadas como *invernada*³³ para numerosas tropas de burros que vêm do Rio Grande do Sul, divididas em pontas de quinhentos a seiscentos animais. As tropas chegam em fevereiro, depois de atravessarem o Sertão de Viamão, entre Lapa e Lajes, onde perdem muito peso. Comumente, em lugar de forçarem os animais a prosseguir viagem, os tropeiros deixam-nos descansar nos Campos Gerais até outubro, quando então seguem para Sorocaba. No começo da *invernada* os camaradas que acompanharam a tropa até ali são mandados de volta, com a exceção de dois ou três, sendo contratados outros quando se reinicia a viagem. (p. 23)

Porém, é sabido que a atividade pecuarista da maneira extensiva, como sempre foi, e ainda é, praticada no Brasil demanda de muitas terras e quando

³³ O termo “*invernada*” se refere a uma prática comum em criações extensivas de gado. Devido às longas distâncias percorridas pelos animais, os tropeiros, depois de percorrida uma parte do trajeto, se fixavam em locais de pasto abundante onde os animais eram confinados para engorda, se recuperando para prosseguir viagem até o destino final.

associada à áreas de Cerrado há sempre a utilização do fogo. A região de Jaguariaíva teve sua vegetação nativa profundamente alterada para a realização de tais atividades econômicas. Conforme relata Saint-Hilaire:

Como ocorre em Minas e Goiás, os fazendeiros ateam fogo aos pastos para que o gado encontre, no tenro capim que brota depois da queimada, um alimento não só saboroso como nutritivo. [...] Assisti (13 de Fevereiro) à queimada de um pasto: o fogo consumiu todas as folhas e hastes velhas, mas apenas ressecou as que ainda estavam verdes, as quais ficaram estendidas pelo chão. Depois de queimado, o pasto assemelhava-se bastante aos nossos campos quando o feno já foi ceifado e enfeixado e ainda não se passou o ancinho sobre ele. Três dias após a queima não se nota nenhum verde no pasto, mas ao fim de uma semana o gado já encontra nele o que comer. Os pastos que são queimados com muita frequência ou pisoteados constantemente pelos animais tornam-se cansados e as gramíneas começam a rarear, sendo substituídas por ervas de outras famílias e principalmente por subarbustos. Nunca há, por exemplo, bons pastos à volta das fazendas, mas eles podem recuperar suas primitivas qualidades se forem poupados do fogo por um período prolongado. (1978, p. 23)

A base da economia da região, que antes era de pecuária extensiva, hoje foi substituída pela agricultura mecanizada (figura 08), nas maiores propriedades. Porém os solos mais arenosos, provenientes da formação furnas, não são férteis, o que os torna menos rentáveis.



Figura 08: Colheita do milho no limite com Parque Estadual do Cerrado.
Fonte: Arquivo pessoal do autor (05/2013).

A interpretação e caracterização do uso e ocupação do solo atual da região, matriz da paisagem, revela ainda outro uso extremamente contrastante com as práticas de conservação da natureza: os reflorestamentos comerciais. Grandes áreas próximas a Unidade de Conservação são destinadas ao reflorestamento de *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. (Figura 09), para abastecer as indústrias de celulose e papel instaladas na região desde a década de 1970 (Figura 10), sob incentivo do governo federal.



Figura 09: Plantações de *Pinus ssp.* Nos limites do Parque Estadual do Cerrado.
Fonte: Arquivo pessoal do autor (05/2013).



Figura 10: Indústria de celulose e papel próxima ao Parque Estadual do Cerrado.
Fonte: Arquivo pessoal do autor (05/2013).

Uma região de ecótono de duas das mais características formações vegetais do país (Cerrado, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Mista), com alta relevância e complexidade ecológica, sempre apresentou, ao longo de sua história, usos conflitantes com a conservação do Cerrado. As políticas públicas, desde o período da colonização (antigas fazendas de gado) até os dias atuais (indústrias de papel e celulose), foram e continuam sendo direcionadas para uma economia precária que prioriza o desenvolvimento econômico em detrimento das práticas de conservação da natureza.

Esse crescente embate entre usos contrastantes com as práticas de conservação pode ser estudado segundo as métricas da Ecologia da Paisagem, sendo que as teorias de Biogeografia auxiliarão na interpretação dos índices e valores numéricos gerados pelos procedimentos metodológicos.

4.2 PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS

Para gerar os cartogramas de fragmentação utilizou-se imagens Landsat5 TM – bandas 3 (0,63 até 0,69 μm), 4 (0,76 até 0,90 μm) e 5 (1,55 até 1,75 μm), resolução espacial de 30m – da área da Unidade de Conservação

(órbita 221, ponto 077) disponíveis no catálogo de imagens da Divisão de Geração de Imagens (DGI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Foram utilizados dois critérios para a seleção das imagens: a cobertura de nuvens na área a ser trabalhada e a data da passagem do satélite. A área de estudo sofre uma grande variação da pluviosidade durante o ano e essa disparidade sazonal da umidade atmosférica torna o trabalho com imagens de satélite, nos meses chuvosos, mais suscetíveis à imprecisão, devido a grande quantidade de informação que é perdida. Devido à interferência atmosférica, causada pela presença da nuvem entre a superfície terrestre e o sensor, o registro da intensidade do fluxo de radiação eletromagnética refletido pelos alvos da superfície torna-se imperfeito.

Se a nebulosidade é sazonal pode-se atribuir datas com menor possibilidade de interferência: os meses de menor pluviosidade ou meses de estiagem. Assim optou-se por escolher imagens dos meses de Junho e Julho, quando existentes, porém não foi possível restringir tanto os meses de seleção, pois a quantidade de imagens iria ser pequena para trabalhar com análise temporal; apenas 12 imagens dos respectivos meses não sofrem com interferência atmosférica sobre a área de estudo (os outros 16 anos, ou não possuem passagem de Landsat5 na órbita/ponto estudada, ou existe problema com interferência da nebulosidade ou, até mesmo, erro na recepção da imagem pelo órgão responsável). De maneira que cada ano pudesse ser analisado em pelo menos uma imagem, foram incluídos mais meses para a seleção, aumentando o intervalo de dois para oito meses (de março a outubro).

Outro ponto que corrobora com a análise aqui proposta e que justifica a seleção das imagens nestes meses é o comportamento fenológico³⁴ das espécies de Cerrado. Durante o período de estiagem consegue-se identificar com maior facilidade os locais onde a vegetação é mais densa, como as áreas de Cerradão. Com o mapeamento deste tipo de fitofisionomia consegue-se

³⁴ Fenologia: [De *fenô-*, como em *fenômeno*, + *-logia*.] **1.** Parte da botânica que estuda vários fenômenos periódicos das plantas, como a brotação, a floração e a frutificação, marcando-lhes as épocas e os caracteres. **2.** *Biol.* Estudo das relações dos processos biológicos periódicos com o clima.

distinguir onde ocorre uma maior concentração de espécies, os “*stocks*” mencionados na introdução da dissertação.

Concomitantemente com a seleção das datas, efetuou-se a avaliação qualitativa da cobertura de nuvens na área do parque e arredores imediatos, desconsiderando análises quantitativas de percentual de cobertura máxima de nuvens por quadrante de toda imagem. O que se justifica, pois a área de estudo delimita um recorte espacial que pode apresentar, pontualmente, discordâncias na cobertura de nuvens se comparada à porcentagem de interferência dessas em todo um quadrante da imagem.

Em um primeiro momento foram requisitadas 33 imagens para *download*, todas estas de datas diferentes, entre 1984 e 2011 (período total disponível para *download* no catálogo) totalizando 28 anos, da já referida órbita ponto. Destas 33, haviam imagens de diferentes passagens do mesmo ano e que por isso deveriam ser excluídas afim de totalizar uma imagem por ano, preferencialmente nos meses de Junho e Julho.

Apenas nos anos de 2011 e 2010 foram consideradas duas imagens, por ano, porque a análise criteriosa das datas mais recentes pode auxiliar os trabalhos de campo na obtenção de resultados mais evidentes da dinâmica da paisagem nos últimos anos e conseqüentemente auxiliar diretamente na discussão dos resultados.

Já para os anos de 1998, em que não existe imagem Landsat5 da órbita ponto 221/077, e 1994, em que houve erro técnico no processo de recepção da imagem por parte do órgão responsável exatamente na latitude onde se encontra o PEC, não foi possível realizar os procedimentos metodológicos aqui propostos, de modo que o resultado não foi confiável, e logo não foi possível gerar os cartogramas de fragmentos para estes dois anos.

Sendo assim, a seleção final das imagens, totalizando 28, foi: 19840627, 19850614, 19860601, 19870620, 19880809, 19891031, 19900730, 19910818, 19920719, 19930807, 19950423, 19960714, 19970818, 19990520, 20000522, 20010509, 20020309, 20030920, 20040618, 20050605, 20060912, 20070729, 20080528, 20090803, 20100619, 20100822, 20110505 e 20110606.

Foram utilizadas apenas as bandas 3, 4 e 5 das imagens, pois são as bandas que melhor apresentam respostas espectrais para a análise da vegetação. Após o *download* de cada uma destas bandas em formato Tiff e a

organização das respectivas pastas fez-se necessário agrupar as três bandas a serem utilizadas em um único arquivo, técnica de processamento de imagem denominada de “*Layer Stack*”. Para tal técnica utilizou-se o software ENVI (*The Environment for Visualising Images*), versão 4.7. Este agrupamento de cada uma destas bandas associado à três cores básicas (vermelho, verde e azul) permitiu a visualização, e conseqüente interpretação, das imagens em uma composição de bandas denominada falsa-cor³⁵.

Para o georeferenciamento das imagens optou-se pelo mesmo software, utilizando uma imagem com projeção da mesma órbita/ponto, de data diferente, para fixar a projeção na imagem a ser trabalhada. Neste caso utilizou-se como imagem de referência uma *Landsat Global Land Survey* (GLS). Assim, a imagem GLS-Landsat foi utilizada apenas como referência para registrar as demais imagens e não foi utilizada diretamente para a confecção de nenhum cartograma do trabalho. A projeção utilizada foi a padrão dos arquivos GLS-Landsat (geotiff) disponibilizados pelo INPE, a *Universal Transversal de Mercator* (WGS 1984, UTM, Zona 22 Sul – DATUM/SAD 69).

Para o registro de todas as 28 imagens, foram colhidos manualmente 5 pontos de controle nas imediações do Parque e posteriormente automatizado a coleta dos demais pontos em toda a imagem, totalizando 1500 pontos de controle em cada imagem. O método de correção geométrica utilizado foi o polinomial de segunda ordem.

Para cada imagem registrada foi gerado um relatório, pelo próprio software, indicando o número de pontos de controle ou *tie points* que foram utilizados para o registro, além do erro médio quadrático ou *Root Mean Square Error* (RMS error), que é a média dos erros calculada a partir dos valores reais e dos novos valores após o registro, ou seja, o erro do georreferenciamento. Neste trabalho foram considerados os registros automáticos com *RMS error* abaixo de 0,5, já que a resolução espacial do Landsat5 é de 30 m (uma variação de até 3 pixels é considerada aceitável para trabalhos em áreas não urbanizadas, o que pode ser justificado pela dificuldade, mesmo com a automatização do processo, da identificação de pontos de controle). Assim,

³⁵ Denominação de qualquer composição de bandas que atribuir intervalos espectrais não perceptíveis ao sistema visual humano (de 0,4 até 0,8 μm).

foram descartados os pontos de controle com maior erro até que a média do *RMS error* ficasse abaixo de 0.5. Após o registro fez-se uma breve avaliação visual do registro antes de prosseguir com os procedimentos metodológicos.

O método de correção atmosférica escolhido para a utilização neste trabalho foi o *Dark Object Subtraction* (DOS) ou subtração do pixel escuro, método de correção atmosférica frequentemente utilizado e que exige, relativamente, poucas informações acerca da imagem que será tratada, mas que se mostrou satisfatório na redução das decorrências da dispersão atmosférica nesta análise temporal. O software empregado para realizar tal correção foi o ENVI 4.7. Os histogramas da Figura 11 exemplificam, para cada banda, o processo de subtração dos pixels escuros na calibração.

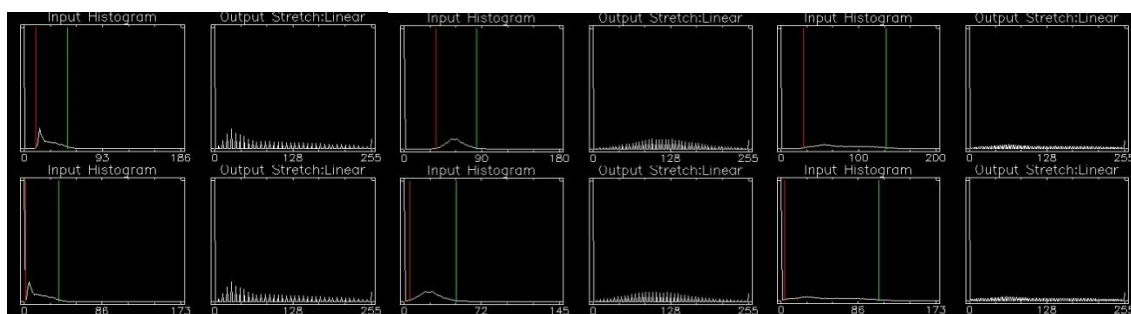


Figura 11: Histogramas demonstrando a subtração dos pixels escuros antes e após a calibração das bandas 3, 4 e 5, respectivamente.

Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

Para a obtenção das assinaturas espectrais dos alvos de interesse foi feito um vetor, no formato *shapefile*, na área mais central da Unidade de Conservação (143 pixels), onde em todas as imagens trabalhadas podem ser identificados somente pixels de Cerrado. A partir desta informação vetorial o software em questão é capaz de fazer uma expansão por interpolação dos pixels selecionados com seus vizinhos mais próximos (*number of neighbors*: 4), levando em consideração suas semelhanças espectrais, o que permitiu aumentar significativamente a área amostrada de Cerrado. Assim, foi possível trabalhar com intervalos de frequência em que os pixels de Cerrado se encontravam e organizar histogramas a fim de estipular estatisticamente os parâmetros que serão utilizados na classificação.

Com a imagem devidamente georreferenciada, calibrada e a amostragem de pixels já realizada, pode-se começar a trabalhar nos

parâmetros de entrada da classificação da imagem através da árvore de decisão ou *decision tree*. A árvore de decisão é um modelo simples, mas muito eficiente, pois podem ser analisados vários fatores e sua respectiva influência no sistema como um todo. Ela funciona como uma árvore invertida, em que no seu primeiro nó são divididas duas saídas (uma que atenda os parâmetros estabelecidos no nó e outra que não atenda) com a possibilidade de mais um nó em cada uma destas e assim por diante, podendo formar um modelo complexo, de acordo com os interesses do usuário. Segundo Safavian e Landgrebe (1991, p. 660) a ideia básica da árvore de decisão é “*to break up a complex decision into a union of several simpler decisions, hoping the final solution obtained this way would resemble the intended desired solution*”. Nesta etapa do trabalho manteve-se a utilização do software ENVI 4.7. para fazer a classificação através da árvore de decisão.

Para tornar o processo mais adequado aos cumprimentos dos objetivos aqui propostos a árvore foi simplificada e a apenas uma fração desta será utilizada, de modo que a saída utilizada será sempre a positiva. Utilizou-se quatro nós, sempre com produtos gerados na mesma passagem: no primeiro o arquivo de entrada foi o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI); no segundo nó foi utilizada a imagem da banda espectral 5 das imagens Landsat5 TM; no terceiro nó foi utilizada a imagem da banda espectral 4, das imagens Landsat5 TM; e no último nó foi utilizada a banda espectral 3, também das imagens Landsat5 TM.

Existem alguns índices de vegetação utilizados no sensoriamento remoto, o NDVI (em português, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – IVDN) é um índice frequentemente utilizado em trabalhos científicos de sensoriamento remoto que se propõem a trabalhar com a dinâmica (em diferentes escalas temporais) da vegetação ou em qualquer estudo ambiental. Este índice foi normalizado por Rouse et al. (1973) e varia, em uma escala de níveis de cinza, de -1 (preto) até +1 (branco) respectivamente da menor para a maior quantidade de vegetação fotossinteticamente ativa (PONZONI et al. 2012). Muitos softwares têm ferramentas específicas para o cálculo de tal índice, mas a matemática entre as bandas não é complexa:

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{IVP} - \text{V})}{(\text{IVP} + \text{V})}$$

Onde:

IVP = Fator de Reflectância Bidirecional³⁶ no Infravermelho próximo;

V = Fator de Reflectância Bidirecional no Vermelho.

No caso das imagens Landsat5 o NDVI é calculado a partir das bandas 3 (Vermelho: entre 0,63 e 0,69 μm) e 4 (Infravermelho próximo: entre 0,76 e 0,90 μm). A interpolação para a retirada das amostras, já mencionada anteriormente, foi realizada duas vezes para cada passagem, uma para o NDVI e outra para a composição colorida (R5, G4, B3), o que pode ser justificado pela diferença dos valores dos pixels no NDVI e nas demais bandas.

Para a definição dos parâmetros da classificação optou-se por trabalhar com uma porcentagem de 90% dos dados mais próximos da moda, pois são aqueles considerados mais confiáveis, visto que se repetem com maior constância. Desta maneira, foi realizada uma distribuição de frequência e a partir da frequência acumulada pôde-se descartar os primeiros e os últimos 5% de cada amostra, conforme exemplifica a tabela e os histogramas.

Para o segundo nó foi utilizada a banda 5, que apresenta um intervalo espectral entre 1,55 e 1,75 μm , o que permitiu a identificação de pixels de vegetação com alta concentração de umidade, ou seja, a banda 5 tem uma resposta alta para alvos como plantas com grande concentração de umidade e baixa para usos como o solo exposto e áreas urbanas.

No terceiro nó utilizou-se a banda 4 da imagem da mesma passagem. O intervalo espectral que a banda 4 apresenta é de 0,76 a 0,90 μm , o que permite a identificação dos diferentes tipos de manchas de vegetação (porque com o comprimento de onda da referida banda a vegetação possui uma resposta alta, sendo possível identificar a rugosidade desta na imagem, o que possibilitou se fazer inferências sobre a distribuição dos fragmentos de cerrado em meio a cultivos agrícolas e reflorestamentos).

³⁶ O Fator de Reflectância Bidirecional (FRB) é a quantidade relativa de radiação eletromagnética que é refletida por uma dada superfície ou objeto, para uma dada condição geométrica de iluminação e de visada (PONZONI et al. 2012), ou seja, o FRB é o registro da radiação refletida pelos alvos que o sensor consegue registrar sem interferências externas.

O último nó, em que foi utilizada a banda 3, é o único do presente trabalho que se utiliza de um comprimento de onda do espectro visível ao olho humano, de 0,63 a 0,69 μm . Nessa faixa do espectro eletromagnético a distinção entre a densidade da vegetação e o uso e ocupação do solo é mais clara, com a vegetação densa absorvendo grande parte da radiação (mais escura) ao passo que áreas urbanizadas, sem presença da vegetação refletem mais a radiação solar (mais clara).

Com os parâmetros definidos para cada nó a árvore de decisão está pronta para ser executada. Após gerar os produtos da árvore de decisão (*raster* classificada) faz-se necessário a elaboração de cartogramas de fragmentação a partir destes, empregando outro software, o ArcGis 10.1. Os 28 cartogramas de fragmentação foram confeccionados na escala 1:70.000, a partir da sistematização das informações contidas nos arquivos *rasters* classificados anteriormente. São cartogramas que espacializam os fragmentos de Cerrado em uma possível área de dispersão direta de espécimes de Cerrado provenientes ou não da área protegida, mas que podem ter fluxo genético com os espécimes nesta área. A Figura 12 exemplifica como foram organizados os layouts dos cartogramas e as figuras da análise da fragmentação para cada data.

A escala foi definida segundo características físicas que compõem a paisagem em questão, pois cada espécie possui estratégias evolutivas de dispersão mais ou menos eficazes para situações específicas, o que torna incompatível a padronização de uma escala para o estudo da dispersão de espécies de flora, não só do Cerrado, mas de outras formações vegetais.

A priori foi estabelecido um buffer de 10 quilômetros, no formato shapefile, a partir dos limites do PEC, que corresponde à normatização proposta no Artigo 27 do Decreto 99274/90 que é frequentemente seguida no estabelecimento das Zonas de Amortecimento (ou Zonas Tampão): “Nas áreas circundantes das Unidades de Conservação, num raio de dez quilômetros, qualquer atividade que possa afetar a biota ficará subordinada às normas editadas pelo Conama”. Este critério justifica-se pela função da Zona de Amortecimento, que ao mitigar as interferências antrópicas nos arredores da área protegida cria também melhores condições ecológicas para a dispersão dos espécimes para além dos limites protegidos.

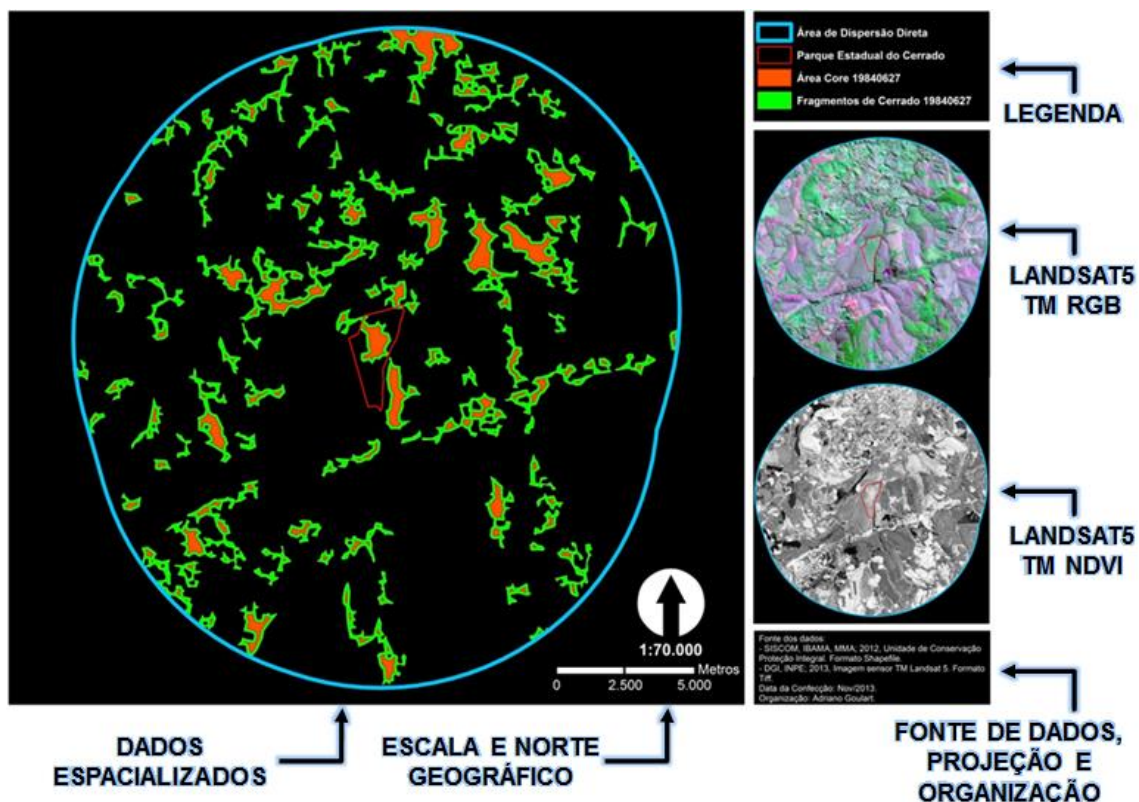


Figura 12: Exemplo do *layout* utilizado na organização dos cartogramas de fragmentação na discussão dos resultados para cada data analisada: matriz (fundo preto), fragmentos (verde), polígono azul (área de dispersão direta) e polígono vermelho (PEC).

Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

Entretanto tal buffer abrange uma área, ao Norte da Unidade de Conservação, que está em discordância com alguns dos principais elementos formadores da paisagem do PEC. Como visto na apresentação da área de estudo o Parque está situado, conforme a geomorfologia no segundo planalto paranaense (MAACK, 2012), mais especificamente na região do parque encontra-se a transição entre o Planalto de Ponta Grossa, o Planalto de Jaguaíva e o Planalto de São Luiz do Purunã (Figura 13); e conforme a fitogeografia na região dos Campos do Paraná há ocorrências de Savanas (MAACK, 2012), mas bem próximo (poucos metros) de outro domínio fitogeográfico ao norte/noroeste, a floresta secundária predominante nas zonas de araucárias, floresta ombrófila mista (Figura 14).

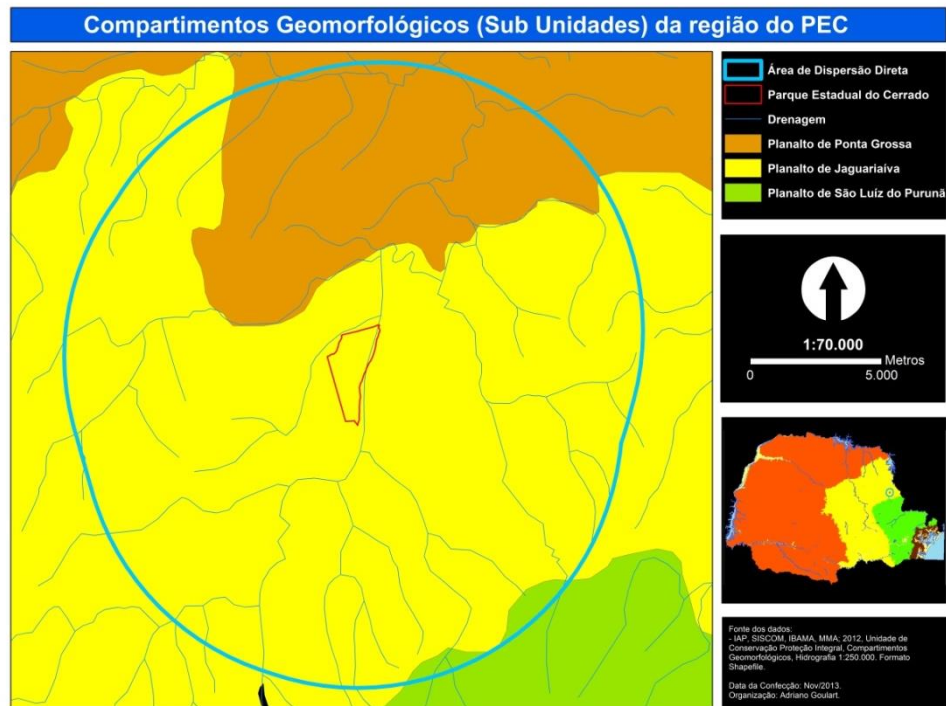


Figura 13: Cartogramas dos Compartimentos Geomorfológicos (segundo SANTOS et. al, 2006) da região do Parque Estadual do Cerrado.
Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

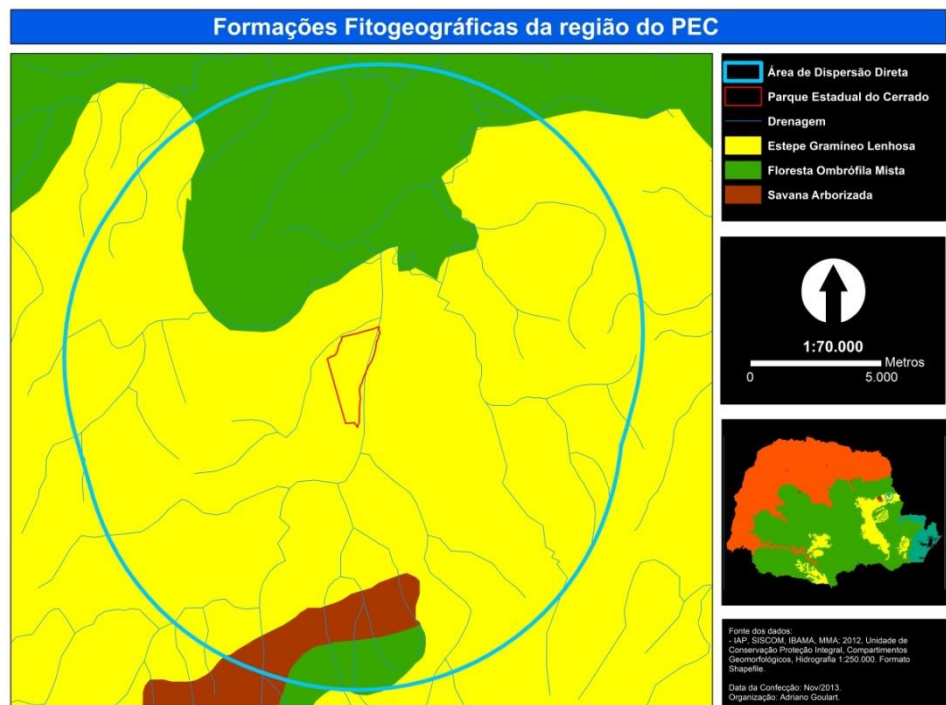


Figura 14: Cartogramas de Formação Fitogeográfica (segundo MAACK, 2012) da região do Parque Estadual do Cerrado.
Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

Considerou-se, portanto, que a dispersão das espécies não poderia ocorrer de forma igual em toda a área do buffer, o que não acontece até mesmo nas áreas core, e mais especificamente nas faixas de transição entre os dois domínios em questão, onde o complexo equilíbrio desta paisagem é evidenciado na constante competição entre espécies do Cerrado e da Mata Atlântica do interior. A dispersão de espécies aqui analisada ocorre entre as diferentes formações fitogeográficas, ainda que de maneira menos intensa. Assim, pela complexidade das interações ecológicas na faixa de transição dos domínios fitogeográficos e pela grande relevância que a Zona de Amortecimento possui para a conservação, optou-se por manter a Área de Dispersão Direta mesmo sabendo que a dispersão pode não ocorrer de forma homogênea em direção ao norte da área delimitada.

Com o arquivo vetorial padrão shapefile (ESRI) pronto pôde-se limitar a área de análise e recorta-la, em cada uma das 28 imagens já processadas e classificadas nas etapas anteriores com as ferramentas de geoprocessamento presentes no software. Contudo, os *rasters* ainda apresentavam uma grande quantidade de pixels isolados, tanto pixels de fragmento em meio a matriz como pixels de matriz em meio aos fragmentos, tornando-se necessária a aplicação de alguns filtros de generalização disponíveis nas ferramentas de geoprocessamento do software. Em um primeiro momento foram aplicados filtros de expansão (Expand) de duas células no valor correspondente aos fragmentos, o que significa que todos os fragmentos foram aumentados em dois pixels nas suas bordas. Posteriormente foi aplicado novo filtro, a fim de reduzir (Shrink) duas células, processo este que reduziu a perda de informações na porção central de alguns fragmentos maiores.

Mesmo com a aplicação destes dois filtros ainda podiam ser encontrados pixels isolados, como alguns nas bordas de estradas e reflorestamentos, que estavam sendo erroneamente identificados pela metodologia aqui empregada como fragmentos. Então se optou por considerar como ruído (informação errada) os fragmentos com área menor que 0,1 km². O que foi feito através da transformação dos arquivos *raster* em polígonos (vetor, shapefile), o cálculo das suas respectivas áreas (em km²) e a seleção por

atributos daqueles fragmentos que são maiores ou iguais a 0,1 km² de área (*Query Builder*: "Área_km²" >= 0.100000000000).

Após todas estas etapas do processamento os cartogramas estavam prontos para ser exportados. Os critérios para exportar o arquivo, como figura, priorizaram a qualidade da imagem e o tamanho do arquivo, sendo assim o arquivo salvo como jpeg com resolução de 500 dpi's.

A fim de analisar a estrutura da paisagem foram feitos os cálculos de suas métricas. Utilizou-se, para tais cálculos, uma ferramenta do software ArcGis 10.1 denominada V-LATE (versão 2.0 Beta), sigla para *Vector-based Landscape Analysis Tools Extension*. Essa ferramenta possibilita o cálculo, a partir de arquivos vetoriais, de métricas básicas para a análise da estrutura da paisagem segundo as bases metodológicas propostas pela escola norte americana da Ecologia da Paisagem. Neste trabalho utilizou-se as seguintes métricas: número e área dos fragmentos, borda, forma, área nuclear e distância entre os fragmentos e seu vizinho mais próximo.

A análise da **área** foi feita através da confecção de histogramas para cada data analisada, sendo assim fez-se ao todo 28 histogramas de área, além de cálculos do tamanho médio dos fragmentos e número e área total de fragmentos para cada data, em metros quadrados.

Para a análise da **borda** calculou-se a soma dos comprimentos de borda de todos fragmentos e a média do comprimento das bordas dos fragmentos para cada data, em metros. Assim fez-se possível construir um gráfico de linhas com a variação do comprimento médio das bordas ao longo dos 28 anos analisados.

O próximo índice analisado foi a **forma**; através do índice de forma médio pode-se atribuir valores à forma: quanto mais similar à formas circulares mais o valor irá se aproximar de 1,0, logo quanto mais irregular o fragmento maior será o valor do índice de forma médio. Com tal índice calculado para cada data, possibilitou-se a confecção de um gráfico de linhas com a variação do índice de forma médio que representa a variação da forma dos fragmentos ao longo dos 28 anos.

As **áreas nucleares**, ou áreas core, foram determinadas segundo Laurance et al. (2002), a partir de 100 metros do limite do fragmento. Sendo assim, o V-LATE cria um buffer, com tal distância estabelecida pelo usuário, e

gera um arquivo no formato shapefile de área core dentro dos fragmentos que não se constituem somente de borda, podendo em diversos casos um fragmento apresentar mais de uma área nuclear conforme os parâmetros estabelecidos pelo usuário do software. Portanto, para cada data calculou-se o número de áreas nucleares disjuntas, o número de fragmentos que não apresentaram áreas nucleares, o total de área nuclear em metros quadrados e o índice de área nuclear, que corresponde à porcentagem de área considerada nuclear em relação ao total de área dos fragmentos, e se utilizando desse índice construiu-se um gráfico de linhas compreendendo toda série temporal. Para melhor interpretação da distribuição espacial dessas áreas nucleares foram adicionadas essas áreas nucleares aos cartogramas de fragmentação (utilizando-se da mesma escala e demais parâmetros já mencionados dos cartogramas de fragmentação de Cerrado), gerando assim novos cartogramas de fragmentação sobrepostos pelas áreas core.

Outro item relevante para a Ecologia da Paisagem é **distância entre os fragmentos** e seu vizinho mais próximo. Este parâmetro foi analisado através da elaboração de 28 histogramas de proximidade entre os fragmentos, um para cada data, e assim como nos outros elementos analisados, um gráfico síntese com a proximidade média de cada ano da série.

Para a análise da dinâmica espacial dos fragmentos na série temporal pré-estabelecida, os arquivos vetoriais utilizados na análise da estrutura da paisagem foram convertidos novamente para arquivos *raster*, com o intuito de manter a mesma base de dados utilizada na análise da estrutura. Através de técnicas de matemática de bandas fez-se cartogramas com a somatória do *raster* de determinado ano com o *raster* do tempo posterior, o que resultou ao final no aparecimento de 3 classes: tempo1, tempo2 (posterior ao primeiro) e interseção (pixels em comum nos dois tempos). Assim como os demais cartogramas gerados nessa dissertação os cartogramas de “Ano 1 X Ano 2” foram salvos no formato jpeg com resolução de 500 dpi's, mantendo a escala dos cartogramas de fragmentos, 1:70.000. A estrutura das figuras é seguida no texto: 4 cartogramas (Ano 1 x Ano 2, Ano 2 x Ano 3, Ano 3 x Ano 4, Ano 4 x Ano 5) analisados em uma figura, seguido da discussão dos resultados de cada um destes. A Figura 15 exemplifica como foram organizados os layouts dos cartogramas e estruturadas as figuras de análise Ano x Ano:

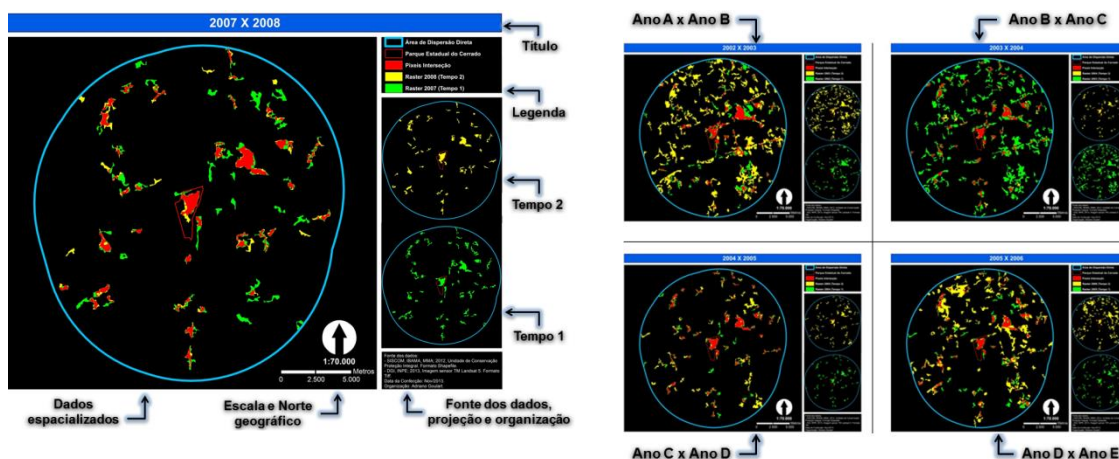


Figura 15: Exemplo do *layout* utilizado na organização dos cartogramas de Ano x Ano e exemplo de estrutura da figura utilizada na discussão dos resultados, sendo 4 cartogramas por figura: pixels vermelhos (área de interseção entre duas datas), pixels amarelos (tempo 2) e pixels verdes (tempo 1).

Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

Os critérios adotados nos procedimentos metodológicos foram pautados em diagnósticos quantitativos (estatísticos), de maneira que fosse possível a automação das técnicas de processamento de imagem assim como a classificação e confecção dos cartogramas de fragmentos, sem a interferência subjetiva do pesquisador. Porém, é válido ressaltar a importância do usuário na análise qualitativa criteriosa dos resultados obtidos em cada etapa da metodologia, como por exemplo, a expansão da mancha urbana e dos reflorestamentos comerciais em detrimento a áreas de vegetação nativa, que cuja discussão será detalhada nos resultados a seguir.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para cada data analisada optou-se, a priori, por uma breve análise da classificação dos fragmentos, seguida da descrição dos dados gerados pelas métricas da paisagem e por fim a discussão da síntese de tais métricas em toda a série temporal, o que permite unir o aspecto quantitativo com as teorias. A mesma estrutura de texto é seguida na segunda parte dos resultados, ou seja, os resultados dos cartogramas cotejando Ano a Ano, ou a análise dos pixels em comum, são, em um primeiro momento, descritos para uma posterior interpretação segundo as teorias biogeográficas. Afim de uma melhor compreensão da evolução da paisagem, optou-se por começar as análises dos

resultados pela data mais antiga, ano de 1984, oito anos antes da criação da Unidade de Conservação.

4.3.1. FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL E ECOLOGIA DA PAISAGEM DO PARQUE ESTADUAL DO CERRADO E DE SEU ENTORNO IMEDIATO.

Assim sendo, na Figura 16 do ano de 1984 já se pode observar um grande predomínio de uma matriz agropecuária, ou seja, um alto grau de fragmentação da vegetação de Cerrado. Entretanto ainda existem significativas manchas, não só dentro da área que virá a se tornar o PEC, mas nas suas proximidades.

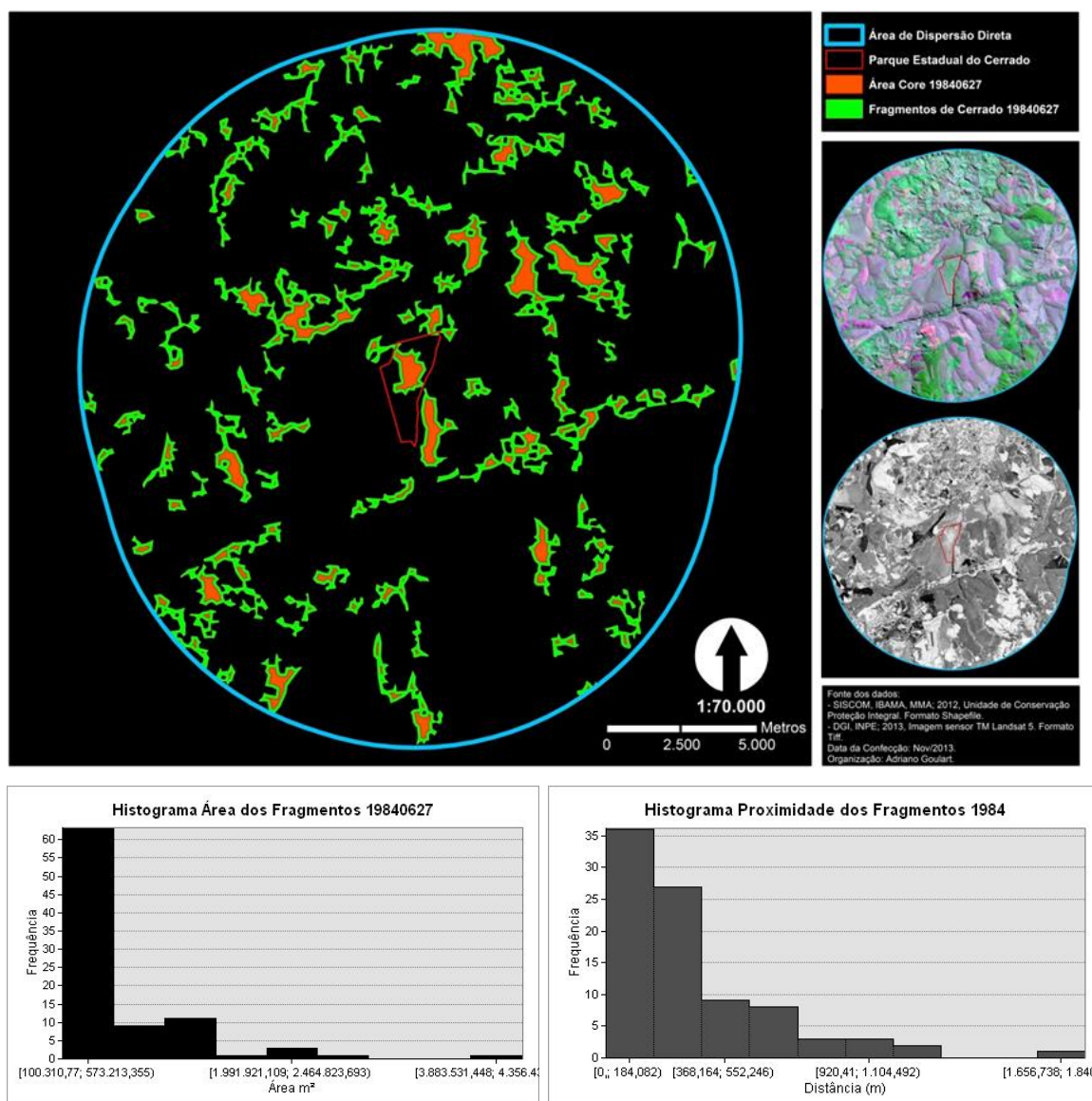


Figura 16: Fragmentos de Cerrado em 1984.
 Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

Utilizando como referência a área da futura Unidade de Conservação, as manchas mais significativas estão presentes a leste (margem oposta do rio Jaguariaíva) e a nordeste (cerca de dois quilômetros). Além destas manchas pode-se notar a frequência de algumas áreas com comportamento espectral semelhante ao do Cerrado em extensões próximas de Mata Ciliar e/ou nas vertentes ao longo de toda a área do buffer.

O total de área mapeado como fragmento de Cerrado no ano de 1984 é de 50.314.361,43 m², distribuídos em 89 fragmentos, com predominância de fragmentos pequenos: pouco mais de 60 fragmentos possuem áreas entre 100.000,00 e 573.213,35 m². A soma das bordas nesta data é de 578.222,04 m, sendo a média do comprimento das bordas por fragmento de 6.496,88 m. Em relação à forma dos fragmentos, calculou-se o índice de forma médio, com resultado para a data em questão de 2,397. Os cálculos de proximidade entre os fragmentos demonstraram que há uma maior frequência nos intervalos de distâncias menores entre as manchas, concentrando-se 36 fragmentos no intervalo de 0 m até aproximadamente 184 m. A área core desse ano totalizou 10.792.704,66 m², o que representa 21, 45% de toda extensão dos fragmentos, ou índice de área core. De todos os 89 fragmentos, 43 apresentaram áreas nucleares desconectadas, e 8 fragmentos não apresentaram áreas nucleares, segundo os critérios estabelecidos nos procedimentos metodológicos para o cálculo da área core.

Na Figura 17, do ano de 1985, já podem ser notadas algumas poucas diferenças na distribuição das manchas, mas estas alterações ainda são pouco significativas na relação matriz-manchas.

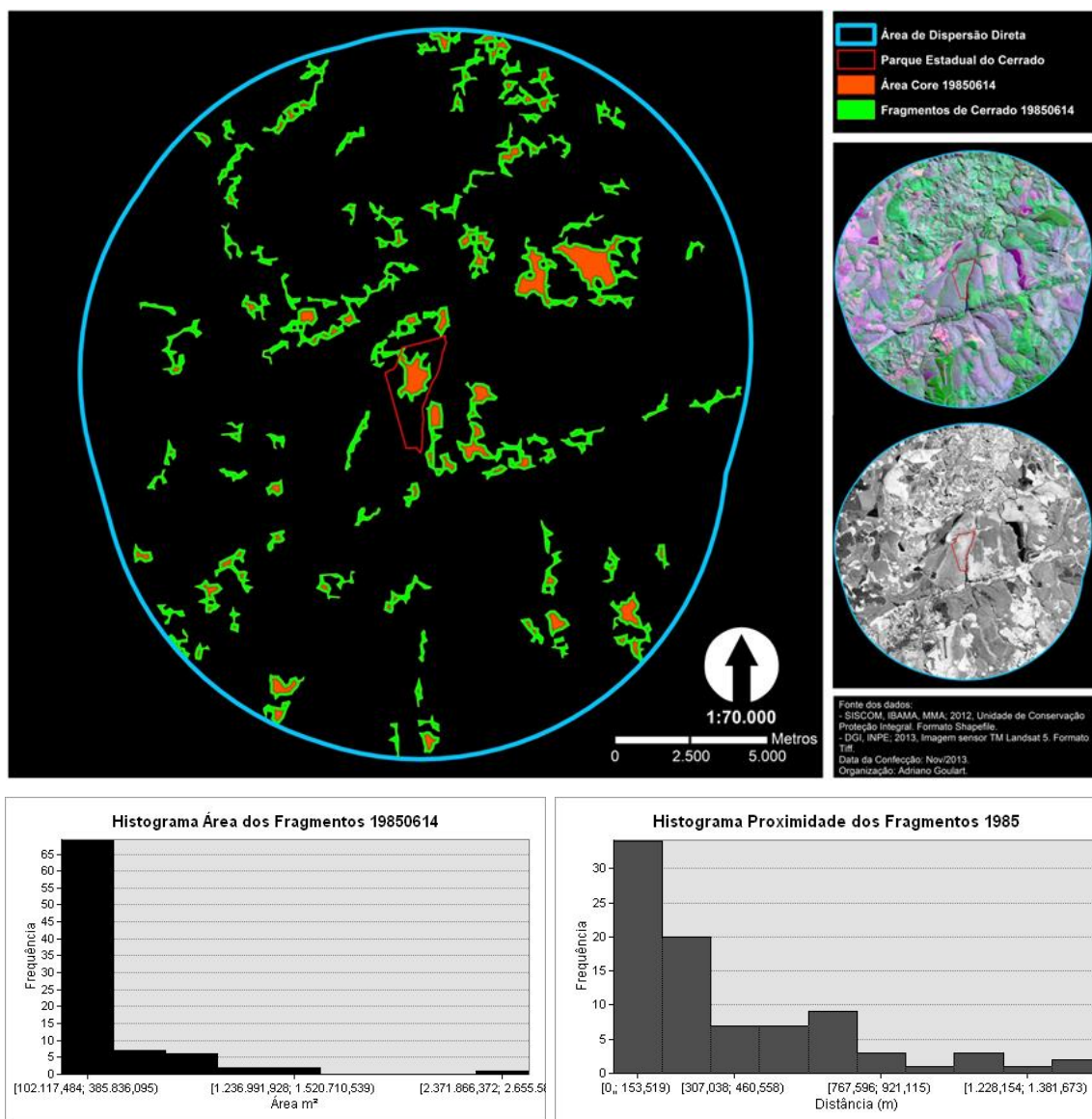


Figura 17: Fragmentos de Cerrado em 1985.
 Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

Sendo assim, as principais manchas continuam localizadas a leste (margem oposta do rio Jaguariaíva) e a nordeste (cerca de dois quilômetros), seguindo o curso do rio Jaguariaíva em direção a sua nascente, o que sugere que anteriormente ao processo de colonização da área deveria haver uma região contínua de vegetação nativa.

A soma das áreas dos fragmentos, no ano de 1985, já resultou em um declínio na área total: 28.507.646,29 m², distribuídos em 87 *patches*. A grande maioria dos fragmentos, aproximadamente 70, concentra-se no intervalo de menores áreas, predominando os que possuem entre 100.000,00 e 385.836,09 m². O total das bordas nessa data apresentou um declive já nos primeiros anos

da série, totalizando 374.798,18 m. O mesmo ocorreu com a média do comprimento das bordas por fragmento, que nessa data foi calculada em 4.308,03 m. O cálculo do índice de forma médio para o ano de 1985 resultou em um valor menor, em relação ao último ano analisado, abaixando para 2,198, o que sugere que os fragmentos dessa data são um pouco menos irregulares. A análise da proximidade entre os fragmentos e seu vizinho mais próximo revela uma maior frequência dos fragmentos nos primeiros intervalos de classe, principalmente no primeiro que abrange as distâncias de 0 a aproximadamente 154 m, com 34 fragmentos. Nesse ano, o total de área core calculado foi de 4.990.585,12 m², o que corresponde a 17,51% da área total dos fragmentos, uma pequena redução. Do total de 87 *patches*, 28 apresentaram áreas nucleares disjuntas e 16 não apresentaram área core.

A Figura 18 é referente ao ano de 1986, seis anos antes da criação do PEC. Apesar do crescimento das atividades agropecuárias durante estes primeiros anos analisados as maiores manchas de vegetação nativa ainda permanecem relativamente às mesmas que nos dois anos anteriores.

Além das manchas na margem oposta do rio Jaguariaíva e a nordeste do PEC já citadas anteriormente, neste cartograma fica claro a distribuição de manchas identificadas como Cerrado em áreas de relevo mais irregular nos limites norte, sudoeste e sudeste. Em relação à vegetação na área do PEC, há um aumento na mancha em direção ao sul, paralelamente ao rio Jaguariaíva, facilitando a comunicação com as manchas a leste.

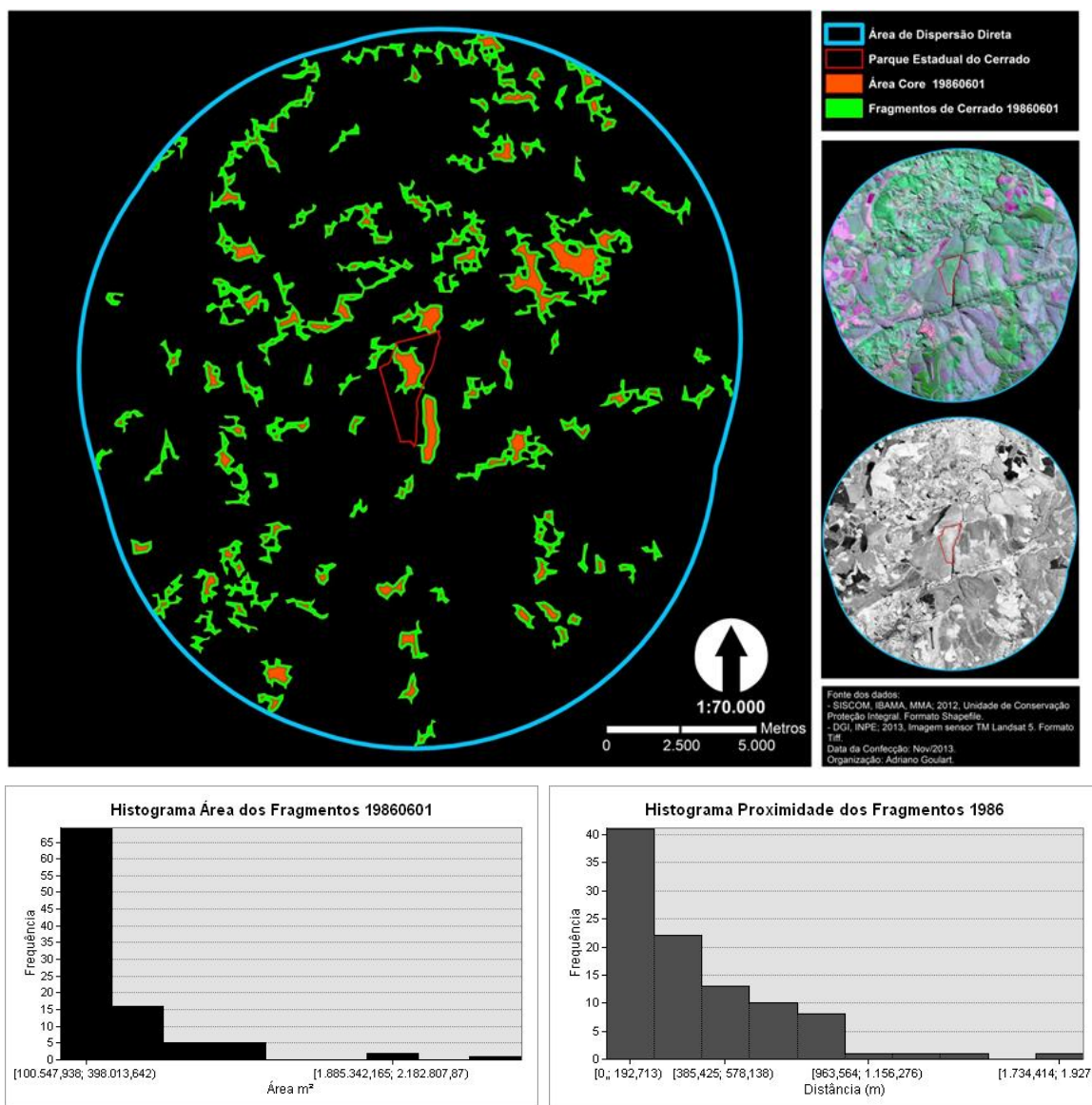


Figura 18: Fragmentos de Cerrado em 1986.
 Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

Para o ano de 1986, a soma das áreas dos fragmentos foi de 37.433.138,40 m², o que demonstra uma nova expansão da área total. Do total de 98 fragmentos, aproximadamente 70 se encontram no intervalo de área de 100.000,00 e 398.013,64 m². Quanto a soma das bordas, os cálculos para 1986 se mostraram estáveis, com pequena expansão do comprimento destas, totalizando 468.972,69 m, e com média de comprimento de borda por fragmento de 4.785,44 m. O índice de forma médio para a data permanece quase inalterado em relação ao último ano, abaixando para 2,169. O que sugere que as formas em 1986 estão um pouco menos irregulares que no ano anterior. A análise do histograma das distâncias entre os *patches* e seus

vizinhos mais próximos demonstra a tendência de concentração dos fragmentos nos intervalos de frequência de menores distâncias: 41 fragmentos distam entre 0 e aproximadamente 193,00 m do seu vizinho. Quanto a área core, esta foi computada em 6.504.479,98 m² para o ano de 1986, o que representa 17,38% da área total de fragmentos, mantendo assim o índice de área nuclear em um nível muito baixo, sendo este ano o de menor valor de tal índice de toda a série. Em relação aos fragmentos com área nuclear disjunta nessa data, 36 de um total de 98 apresentaram tal característica, sendo que 10 *patches* não tiveram área suficiente para abrigar uma área core.

A apreciação da Figura 19, do ano de 1987, indica a forte convergência da fragmentação na região mais plana no centro do cartograma de leste para oeste, o que é explicado pelo acréscimo de atividades agropecuárias que necessariamente precisam de solos bem desenvolvidos e relevo não muito acidentado. Apesar da não distribuição contínua, as manchas a leste e a nordeste, em relação ao PEC, continuam sendo as mais significativas para a comunicação com a vegetação do ainda não criado parque.

O total de área dos fragmentos de Cerrado continuou aumentando no ano de 1987, com 45.525.809,80 m², espalhados por 106 fragmentos em toda área de dispersão direta. A maior frequência de área foi evidenciada no intervalo de menores valores, assim como nas demais datas acima já apresentadas, sendo o intervalo entre 100.000,00 e 348.400,05 m² o mais frequente, incluindo aproximadamente 70 fragmentos. O total de bordas para esse ano seguiu o comportamento do ano anterior, com ligeiro acréscimo: total de 549.177,75 m, e média de 5.180,92 m. O índice de forma médio para esta data sugere uma irregularidade um pouco maior, em relação ao último ano, pois o valor do índice sobe para 2,240. Em relação a distância dos fragmentos e seu vizinho mais próximo, 61 fragmentos se concentram no intervalo de classe com as menores distâncias entre manchas de Cerrado, de 0 a aproximadamente 202 m. O índice de área nuclear tem uma alta para essa data, atingindo 19,25%, ou 8.763.517,25 m² de área core. Do total de 106 manchas de Cerrado, 48 apresentaram áreas nucleares descontínuas dentro de um mesmo fragmento e apenas 6 não atenderam os parâmetros para possuir uma área core.

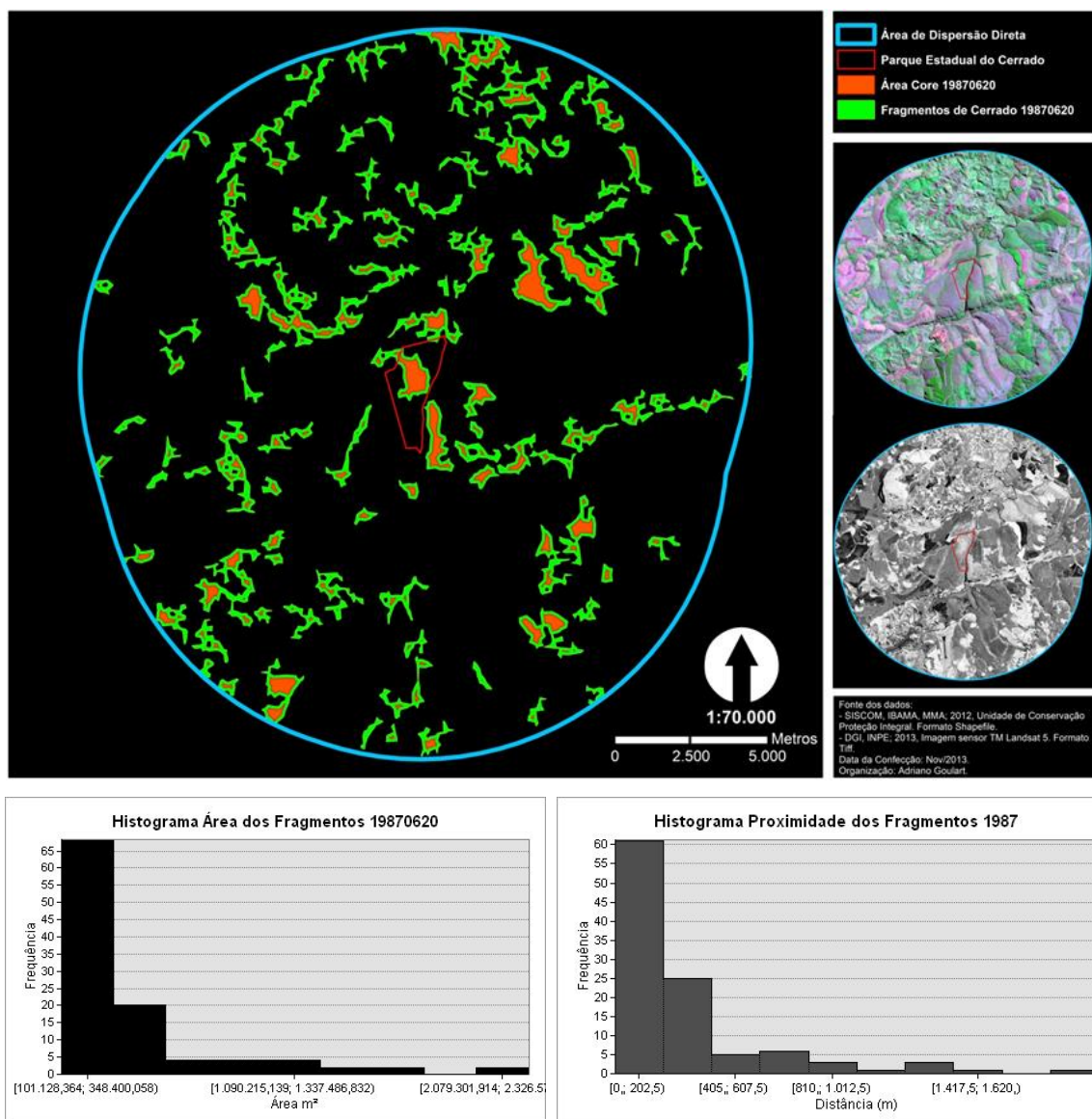


Figura 19: Fragmentos de Cerrado em 1987.
 Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

No ano de 1988, Figura 20, nota-se consideráveis espaços ao centro preenchidos pela matriz. Durante os procedimentos metodológicos evidenciou-se, nas imagens Landsat, um intenso uso de queimadas nesta área referida da imagem que foi utilizada. É possível que as queimadas deste ano tenham trazido grandes prejuízos para a biota da área que se tornaria o PEC, visto que na imagem evidencia-se o uso do fogo para a retirada de uma vegetação aberta (possivelmente de campos) no limite oeste do parque, confinando a vegetação nativa a praticamente o limite atual do parque.

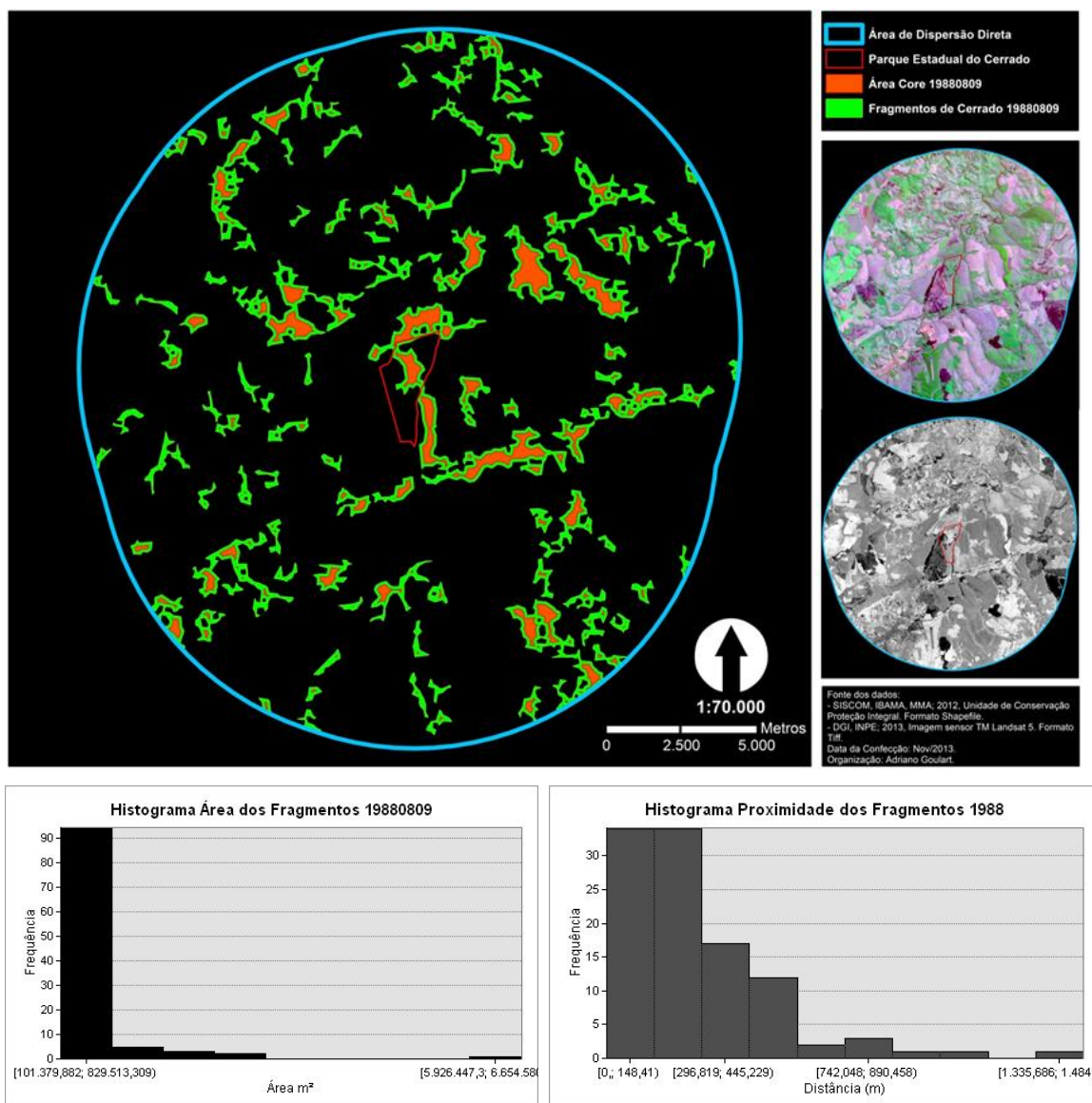


Figura 20: Fragmentos de Cerrado em 1988.
 Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

Apesar da contínua atividade antrópica nas regiões mais planas a distribuição dos fragmentos de Cerrado continua distribuída espacialmente da mesma maneira que nos anos anteriores. Mas a utilização de queimadas, inclusive em áreas de vegetação densa onde o fogo não é comum (ecótono com a Floresta Estacional Semidecidual), sugere que a vegetação da área – assim como Maack (2012) classificou – é uma vegetação secundária fortemente alterada.

Foram identificados, no ano de 1988, 105 fragmentos. A soma das áreas de todos esses fragmentos resultou em 48.178.520,52 m², mantendo-se estável em relação ao ano anterior. Quanto ao tamanho dos fragmentos, a

maior frequência está concentrada no intervalo de 100.000,00 e 829.513,30 m² de área, com pouco mais de 90 fragmentos inseridos em tal intervalo. A análise do comprimento das bordas revela poucas alterações nesse item, em relação ao ano passado, tanto em relação ao seu total quanto em relação a média de tal comprimento pelo número de fragmentos: 553.380,33 m e 5.270,29 m, respectivamente. O índice de forma médio desse ano, 2,236, demonstra ainda mais irregularidade da forma dos fragmentos. A maior frequência da distância entre uma mancha de Cerrado e seu vizinho mais próximo ocorre nos dois primeiros intervalos de classe, para esse ano: 34 fragmentos distam entre 0 e aproximadamente 148 m e outros 34 fragmentos distam entre 148 e 297 m, aproximadamente. Em 1988 o índice de área nuclear continua aumentando, com área nuclear total de 10.676.974,36 m², o que representa 22,16% de área em relação a área total dos fragmentos. Desses 105 *patches* identificados como manchas de Cerrado, 47 apresentaram áreas nucleares disjuntas e outros 17 não apresentaram tais áreas.

O ano de 1989 (Figura 21) é relevante na análise da distribuição dos fragmentos, em relação a quantidade destes. A margem oposta do rio Jaguariaíva que até 1988 abrigava uma mancha bem significativa de Cerrado, foi desmatada também com a utilização de queimada em 1989.

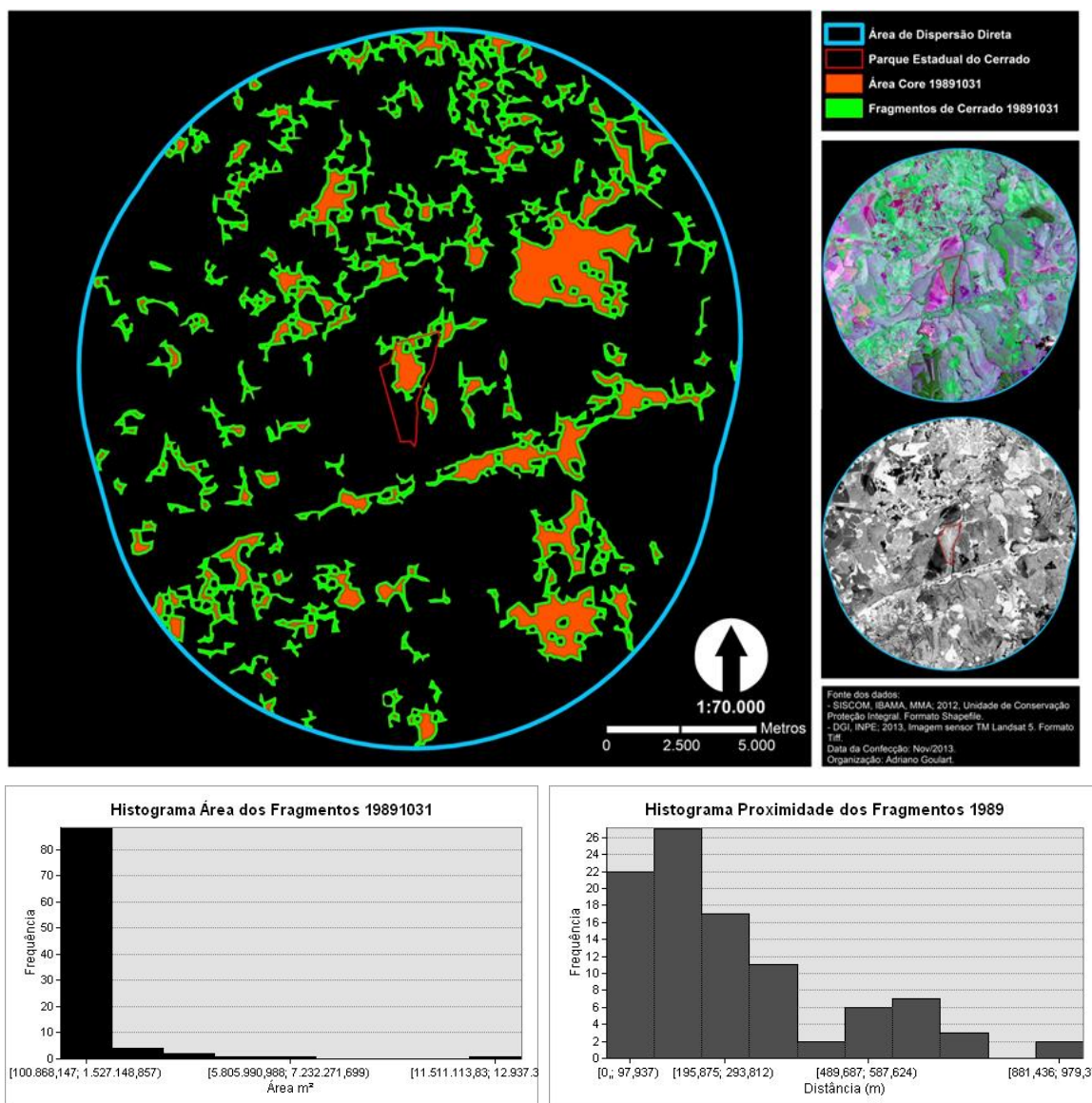


Figura 21: Fragmentos de Cerrado em 1989.
 Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

Esta mancha na margem oposta do rio Jaguariaíva não voltará ao mesmo tamanho de antes da queimada nos anos seguintes, o que sugere que a área pode estar sendo utilizada pela agropecuária. Apenas algumas pequenas manchas de Cerrado vão continuar sendo identificados na área devido a vegetação que se encontra nas áreas mais escarpadas, próximas da mata ciliar do rio. Outro ponto relevante que pode ser observado neste cartograma é a mancha a nordeste do PEC, que ficou bastante evidente nesta classificação.

No ano de 1989 a área total dos fragmentos atingiu o segundo maior valor, 72.008.301,02 m², que estão distribuídos por 97 fragmentos em meio a

matriz. A maior concentração dos fragmentos, em torno de 90 desses, está representada no intervalo entre 100.000,00 e 1.527.148,85 m². Com o aumento da área dos fragmentos tem-se, conseqüentemente, um acréscimo também no comprimento de bordas totais, 713.094,52 m, e na média do comprimento das bordas, 7.351,49 m. Apesar do aumento da área, o índice de forma médio continua a subir, chegando em 2,434, demonstrando assim que no ano de 1989 houve a maior irregularidade das formas vista até aqui na análise. Em relação a distância das manchas de Cerrado e sua vizinha mais próxima, as maiores concentrações ainda continuam ocorrendo nos intervalos de classe de menores valores, porém a maior frequência do histograma não está no primeiro intervalo, mas no segundo: 27 fragmentos se concentram no intervalo de, aproximadamente, 98 a 196 m. O total de área nuclear para esta data foi de 22.126.861,07 m², o que representa um índice de área nuclear de 30,73%, um dos maiores aqui analisados. Dos 97 *patches*, 50 apresentaram áreas core disjuntas em seu interior, e outros 12 fragmentos não apresentaram essas áreas.

Na Figura 22, do ano de 1990, apenas dois anos antes da criação da Unidade de Conservação, não ocorrem grandes mudanças na distribuição das manchas durante este período.

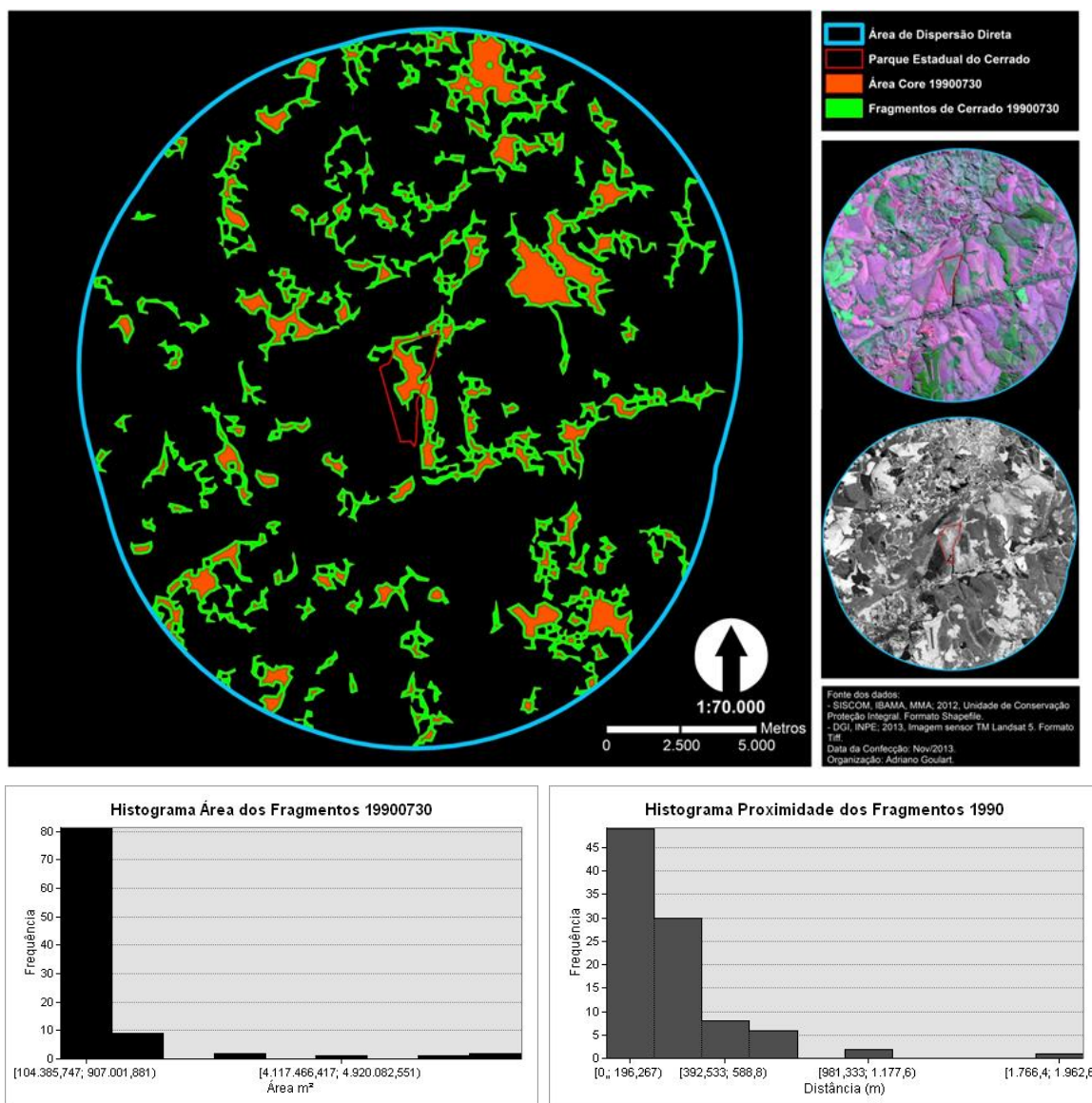


Figura 22: Fragmentos de Cerrado em 1990.
Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

Pode-se começar a perceber que os fragmentos estão cada vez mais se concentrando nas margens imediatas dos rios e em terrenos mais irregulares, deixando duas grandes manchas de Cerrado, a área que virá a ser o parque e outra mancha a nordeste da área da futura Unidade de Conservação.

Em relação a soma das áreas dos fragmentos, o ano de 1990 apresentou pequeno decréscimo, totalizando 63.611.249,06 m², difundidos por 96 manchas de Cerrado. A análise das áreas dos fragmentos continua revelando a tendência de concentração de fragmentos com pequenas áreas: pouco mais de 80 fragmentos estão abarcados pelo intervalo de classe que vai de 100.000,00 até 907.001,88 m² de área. O total de bordas para o ano de

1990 foi de 671.290,29 m, pouco abaixo do ano anterior, o mesmo ocorreu com a média do comprimento de tais bordas, 6.992,61 m. A análise da forma dos fragmentos em 1990 revela uma estabilidade no índice de forma médio, 2,388, em relação ao último ano. No histograma de proximidade dos fragmentos desse ano nota-se uma reunião dos fragmentos no intervalo de classe de menor valor: 49 manchas de Cerrado distam entre si de 0 a 196 m, aproximadamente. O total de área nuclear para o ano de 1990 foi de 16.921.721,61 m², ou 26,60% da área total ocupada pelos fragmentos, o que demonstra uma queda no índice de área nuclear, mesmo este ainda se mantendo alto. De todos os 96 fragmentos, 43 têm áreas nucleares separadas dentro do mesmo e 7 não apresentaram áreas core.

Em 1991 (Figura 23) ocorreram alguns erros na classificação dos fragmentos que não podem ser desconsiderados nos resultados. Logo no limite norte do PEC aparece algumas manchas retangulares, mas não são manchas de Cerrado, mas sim uma área que está sendo preparada para o plantio de pinus (*Pinus spp.*) que teve o comportamento espectral semelhante ao do cerrado, de maneira que não pôde ser excluída sem que se perdessem alguns pixels de Cerrado em outras partes do cartograma. As demais manchas não sofreram alterações significativas e perceptíveis que merecessem ser comentadas.

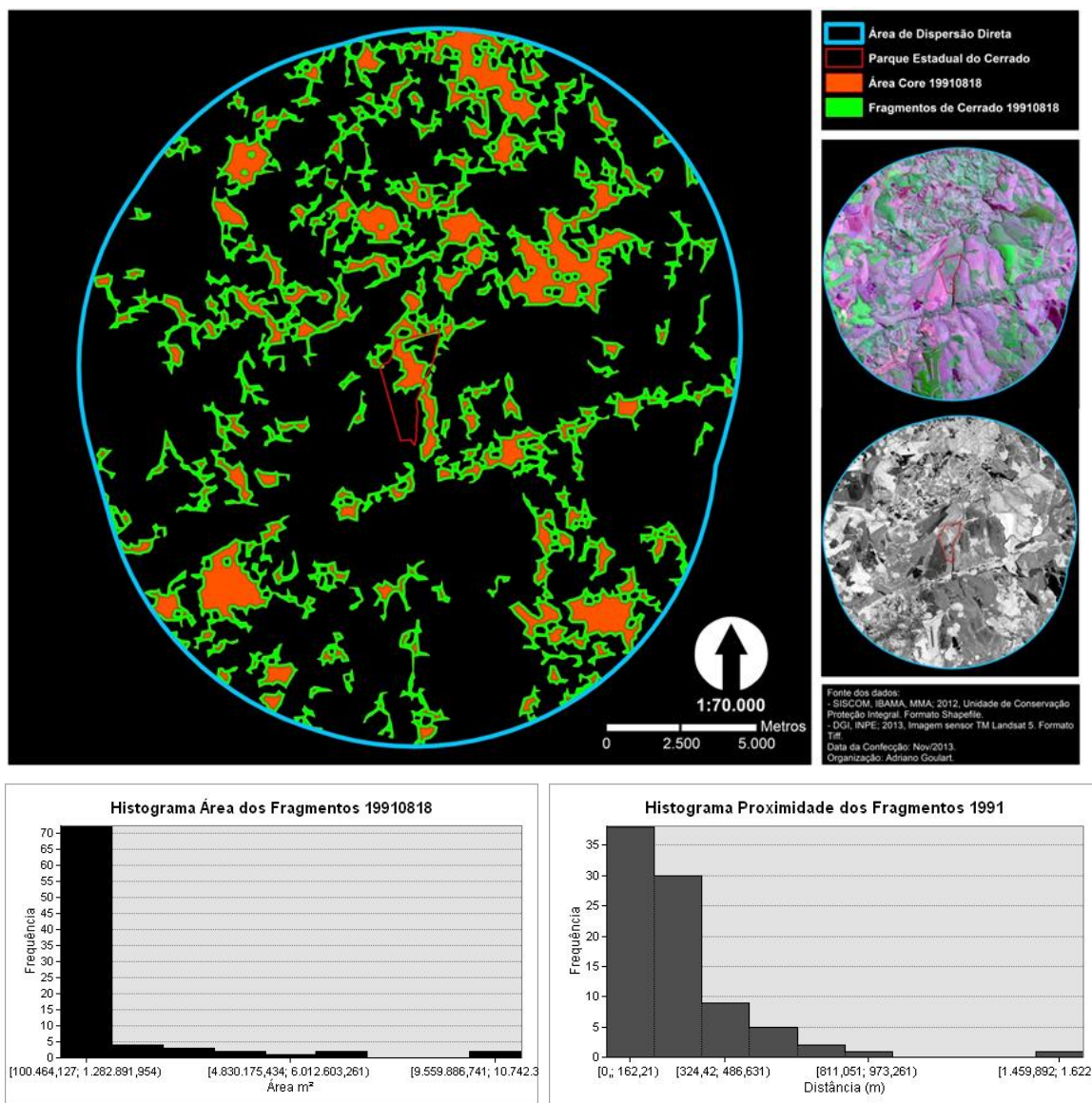


Figura 23: Fragmentos de Cerrado em 1991.
Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

Sendo assim, no ano de 1991 foi identificado um total de 86 fragmentos, com área total de 89.677.678,86 m², a maior área total de toda série temporal aqui analisada. A distribuição destes em intervalos de frequência demonstra uma concentração de *patches* com pequenas áreas, pouco mais de 70 desses estão concentrados no intervalo entre 100.000,00 e 1.282.891,95 m² de área. Assim como o ocorrido na área total, no comprimento das bordas o ano de 1991 apresentou os maiores valores de toda a série temporal, atingindo um máximo de 847.127,40 m e média de 9.850,32 m de borda por fragmento. No ano de 1991 pode-se observar o maior índice de forma média de toda a série, subindo para 2,600. Isso significa que a forma dos fragmentos nesse ano são

as mais irregulares que serão analisadas. A distância entre os fragmentos pode ser analisada pelo histograma de proximidade, em que é possível notar uma maior frequência nos primeiros intervalos, com destaque para os 37 fragmentos do primeiro intervalo que distam entre 0 e, aproximadamente, 162 m de seu vizinho mais próximo. O ano de 1991 é relevante também na análise das áreas core, pois o maior valor para este parâmetro em toda a série temporal está representado nesse ano: são 27.671.665,75 m², o que significa um ápice de 30,86% de área nuclear em relação à área total dos fragmentos. Do total de 86 *patches* 40 apresentam áreas nucleares disjuntas e 6 sequer apresentaram tais áreas.

O ano de 1992 (Figura 24) é, ou deveria ser, um marco importante na análise dos fragmentos, já que é neste ano que a área passa a ser uma Unidade de Conservação e acredita-se que isto venha a influenciar não só na proteção da vegetação nos limites do parque, mas também regular alguns usos no seu entorno.

Porém notar-se-á que o decreto do PEC não vai alterar muito da distribuição espacial do Cerrado dentro e, muito menos, fora dos limites da área de proteção. Nesta imagem, assim como na anterior foram identificados, pela metodologia, áreas de estágios iniciais de reflorestamento logo ao norte do PEC. A análise das áreas dos fragmentos de 1992 revelou uma redução na extensão de Cerrado, totalizando de 68.937.136,33 m², divididos em 92 manchas ao longo da matriz. Destes 92 *patches*, aproximadamente 75 estão compreendidos no intervalo de classe que vai de 100.000,00 a 1.020.257,61 m² de área, sendo que este intervalo com as menores áreas representa a maior concentração dos fragmentos. O total de bordas para essa data não se mantém tão alto como no último ano, voltando a diminuir um pouco, totalizando 729.408,97 m e média de 7.928,36 m. O índice de forma médio dos fragmentos nesse ano continua alto, 2,498, ou seja, as manchas de Cerrado ainda mantêm uma forma irregular, ainda que menos irregular do que no ano anterior. A distância dos fragmentos e de seus vizinhos mais próximos continua seguindo o mesmo comportamento de proximidade, concentrando o maior número de fragmentos nos menores valores do histograma: 54 fragmentos distam entre si de 0 até 176 m, aproximadamente. O total de área nuclear volta a diminuir, após atingir seu auge no ano de 1991, sendo calculado para 1992 em

17.284.016,76 m², o que representa 25,07% do total de área das manchas de Cerrado. Com 52 fragmentos, de um total de 92, apresentando áreas core disjuntas e 8 não apresentando áreas nucleares.

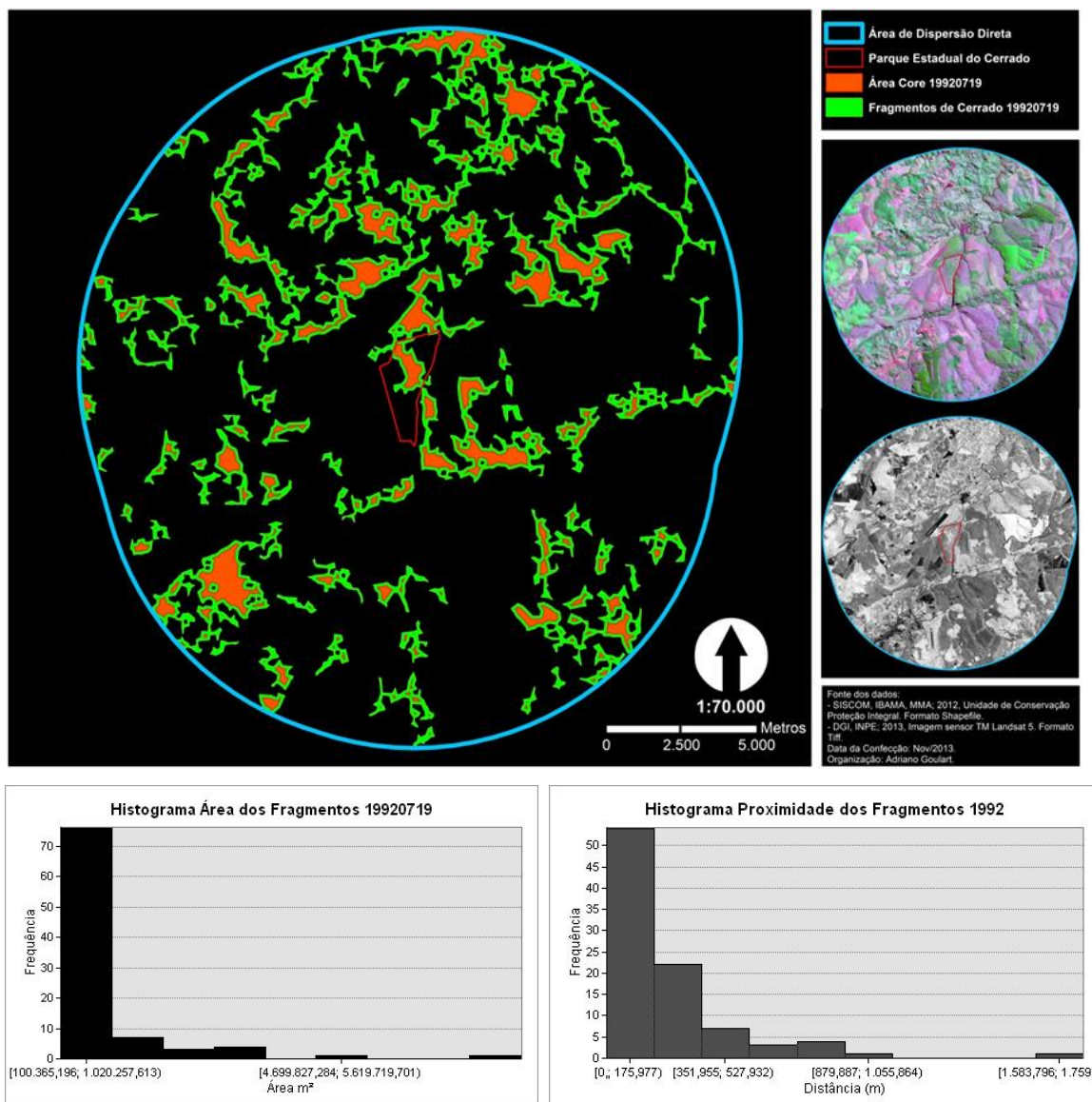


Figura 24: Fragmentos de Cerrado em 1992.
Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

O primeiro ano da área como parque estadual, 1993 (Figura 25), não muda o panorama da fragmentação já evidenciado desde os primeiros anos desta análise: a substituição do Cerrado por atividades antrópicas continua crescente neste ano, principalmente no limite sudoeste da área de dispersão direta, onde pode-se encontrar parte da então crescente área urbana do município de Jaguariaíva/ PR.

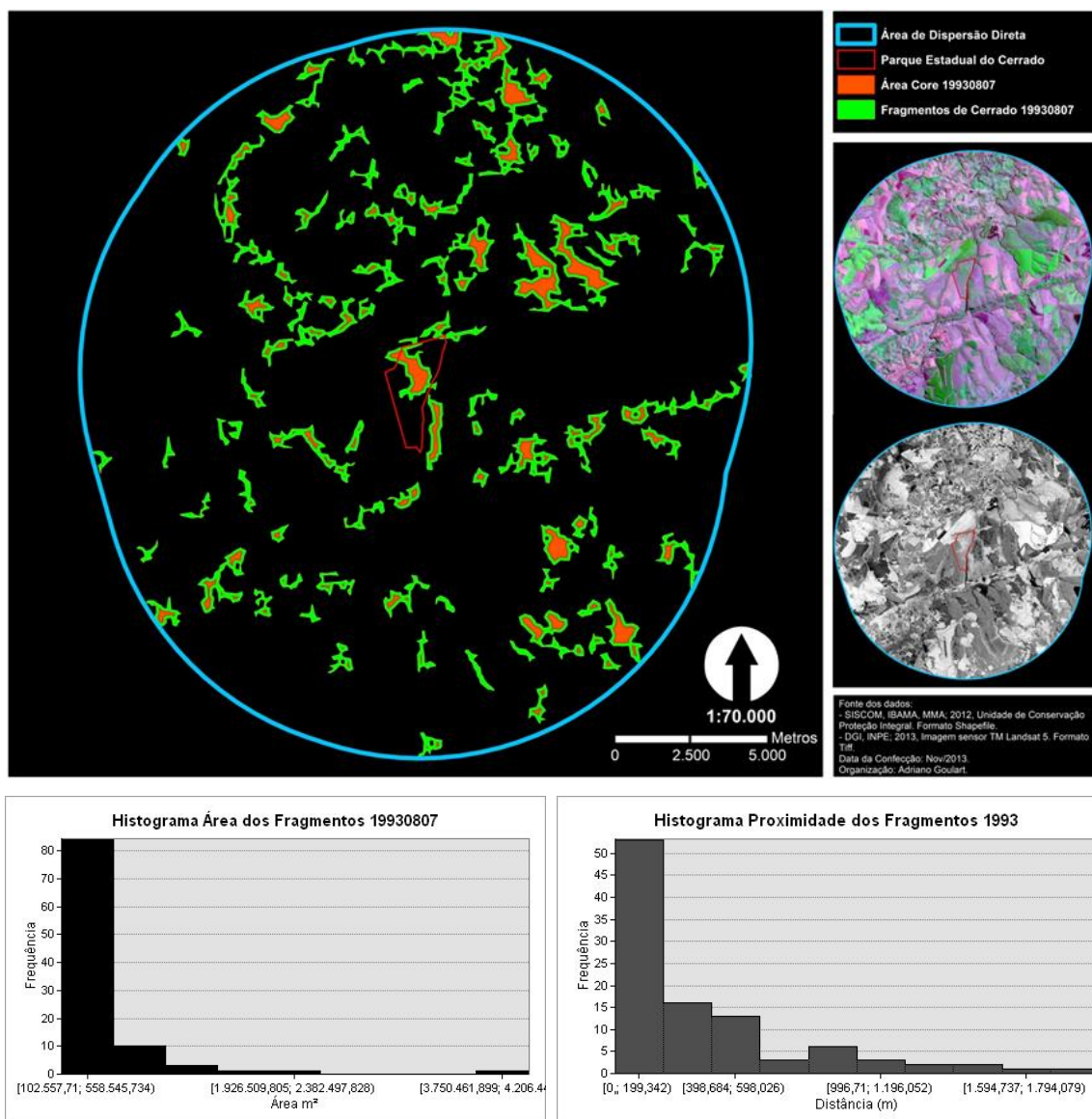


Figura 25: Fragmentos de Cerrado em 1993.
 Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

A somatória das áreas identificadas como fragmentos no ano de 1993 resultou em uma significativa redução em relação ao ano anterior, totalizando 38.832.167,35 m² de área, espalhados por 100 fragmentos na matriz. Deste total de 100 fragmentos, mais de 80 desses estão no primeiro intervalo de classe do histograma de área, entre 100.000,00 e 558.545,73 m². Neste ano o total de bordas volta a cair expressivamente em relação aos últimos anos, chegando a totalizar 484.977,42. O mesmo acontece com a média do comprimento das bordas: 4.849,77 m por fragmento. O índice de forma médio decresce ligeiramente, sendo calculado para essa data em 2,188. Isso significa

que as formas estão menos amorfas em relação ao ano de 1992. A análise da proximidade entre os fragmentos continua revelando a concentração das manchas de Cerrado, 53 *patches*, no intervalo de classe menor, 0 a 199 m, aproximadamente. A área core total nesse ano foi de 7.214.598,64 m², o que resulta em um índice de área nuclear de 18,58% da área total dos fragmentos, registrando, portanto, uma nova queda neste índice. De todos os 100 *patches*, 40 apresentaram descontinuidade de sua área core e 14 não a comportaram.

Como não foi possível aplicar a metodologia para o ano de 1994, a próxima imagem trabalhada é do ano 1995 (Figura 26). Nesta passagem do satélite pode-se perceber um aumento na densidade da vegetação dentro da área do PEC, apesar do pouco tempo desde sua criação, três anos de existência.

O ponto que merece maior destaque no estudo da dinâmica da paisagem é o crescimento, em número e área, de reflorestamentos na possível zona de dispersão direta das espécies da flora do parque. O ano de 1995, portanto, representa um grande contraste: a consolidação da Unidade de Conservação e o aumento do plantio de pinus (*Pinus* spp.).

O total de área para os 85 fragmentos identificados na imagem de 1995 continua em declive, chegando a 27.770.768,80 m² no referido ano. Sendo que desse total de manchas, aproximadamente 60 dessas estão no intervalo de classe com menores áreas: de 100.000,00 até 335.384,90 m². A análise do comprimento das bordas revela uma continuação no decréscimo dos valores da borda, porém não tão intensa como de 1992 para 1993. Sendo o total do comprimento das bordas para 1995 calculado em 355.703,81 m e a média 4.184,75 m. O índice de forma médio continua decrescendo, mas não significativamente, sendo calculado no ano de 1995 em 2,107. A proximidade entre os fragmentos nesse ano ainda se mostra concentrada nos menores valores de intervalo de classe do histograma: 34 *patches* distam entre si e seu vizinho mais próximo de 80 até 201 m, aproximadamente. O total de área core calculado para este ano foi de 4.931.402,36 m², o que procede em um índice de área nuclear de 17,76%, se mantendo estável em valores baixos. De um total de 85 fragmentos, 35 possuem áreas nucleares disjuntas e 9 não apresentaram essas áreas.

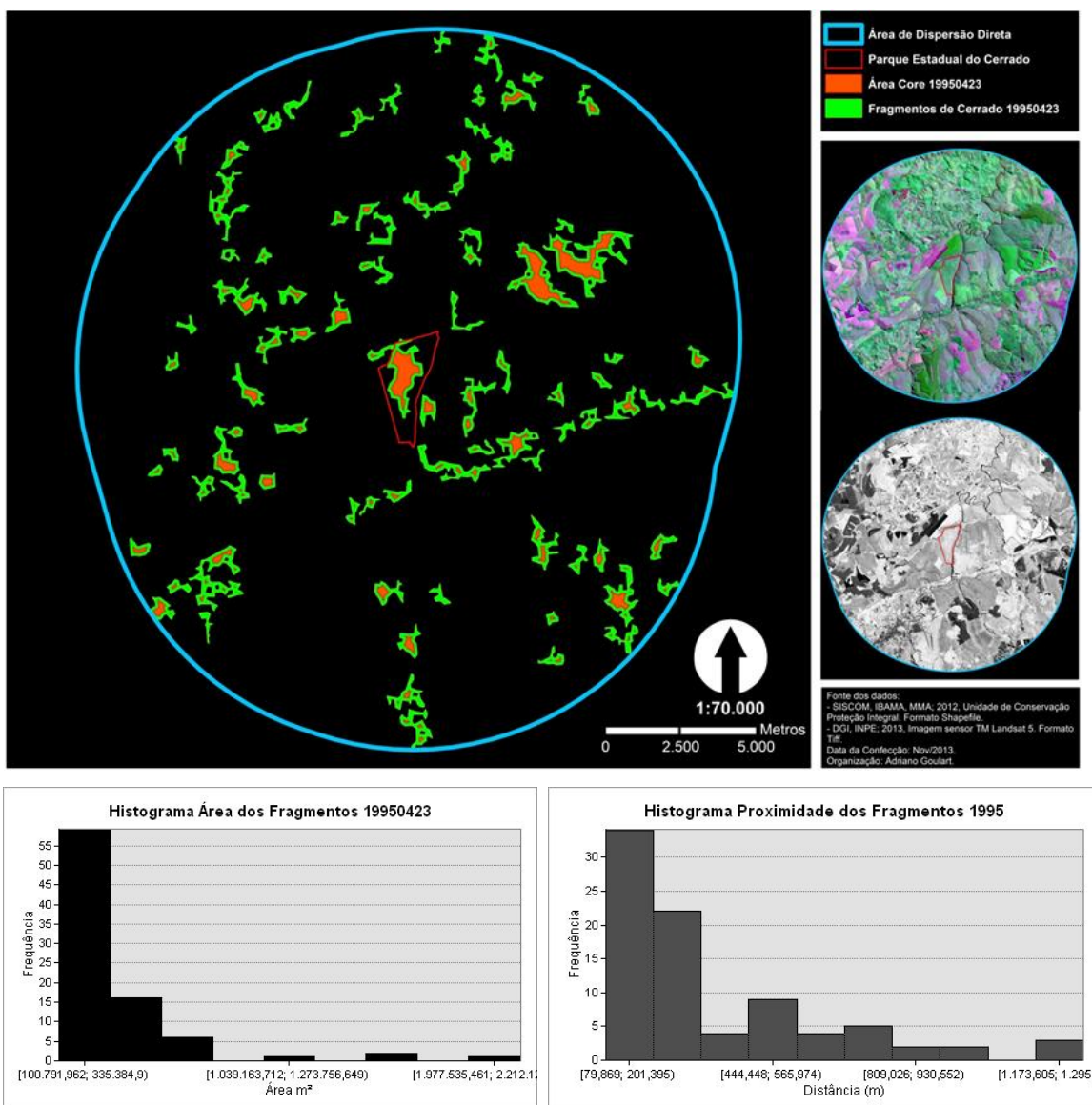


Figura 26: Fragmentos de Cerrado em 1995.
Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

Em 1996, Figura 27, nota-se a retirada da cobertura vegetal nos arredores da área urbana do município de Jaguariaíva/ PR, a sudoeste do parque. Porém essa intervenção antrópica não está diretamente relacionada com algum crescimento da mancha urbana, visto que na área desmatada não surgem loteamentos, mas pequenas áreas de atividades agropecuárias.

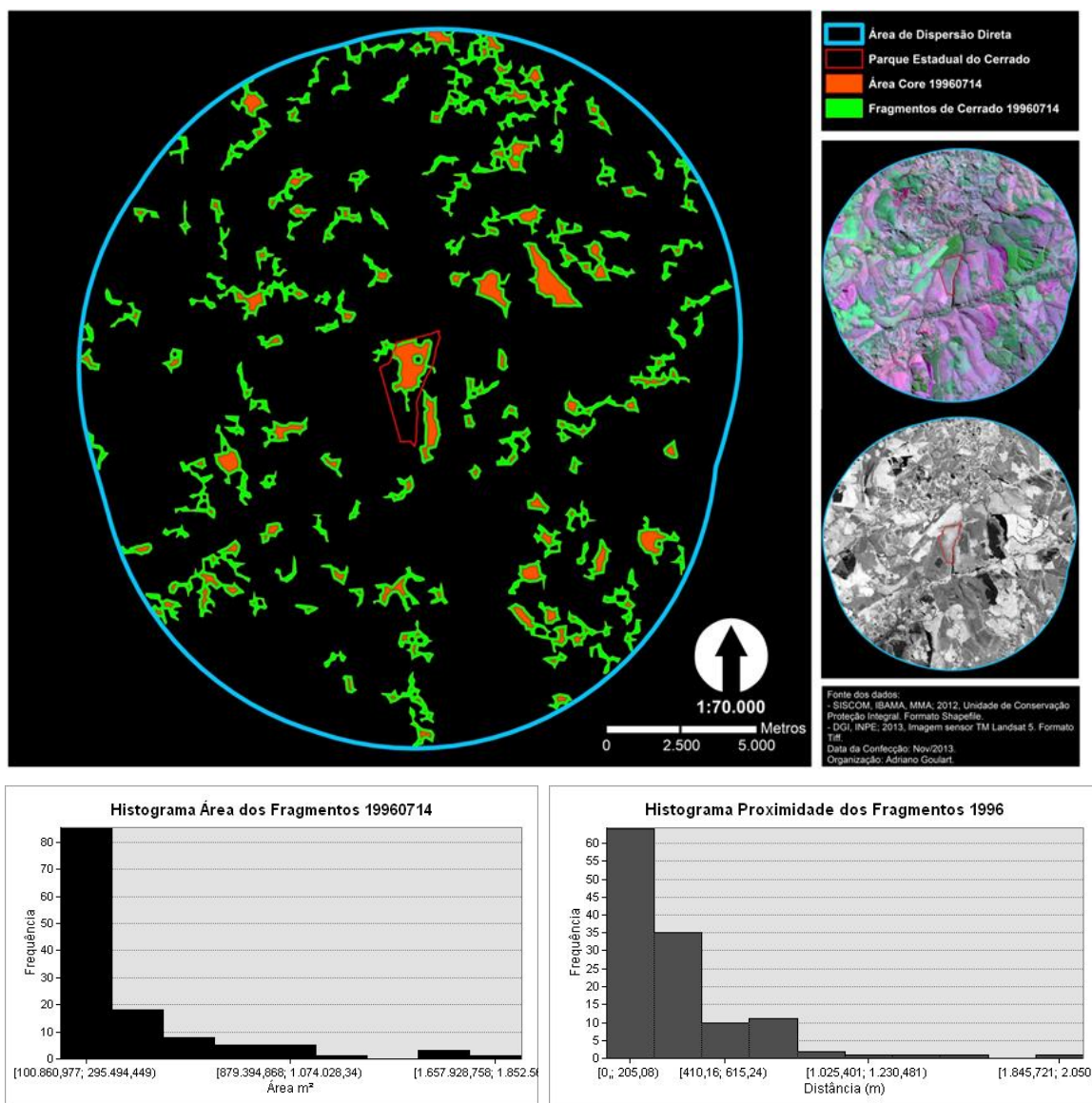


Figura 27: Fragmentos de Cerrado em 1996.
 Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

Em relação a área dos fragmentos de 1996, nota-se que há um aumento em relação ao ano anterior, totalizando 41.630.501,90 m², dispersos por um número maior de fragmentos, 126 ao todo. Desses 126, aproximadamente 85 estão no intervalo entre 100.000,00 e 295.494,44 m². Um novo aumento no comprimento total de bordas ocorre em 1996, com total de 529.804,99 m, mas a média de se mantém pouco alterada: 4.204,80 m por *patch*. Em relação a forma dos fragmentos, nesse ano o índice de forma médio se mantém em relativa estabilidade se comparado com os dois últimos anos analisados, abaixando ligeiramente para 2,091. A análise do histograma de proximidade revela a continuação da tendência de concentração nos menores valores, o

que mostra que a maioria dos fragmentos não se encontra muito distante dos vizinhos. Para o ano de 1996: 64 fragmentos estão distantes de 0 a 205 m, aproximadamente, de seu vizinho mais próximo. O índice de área core calculado para o ano de 1996 continua baixo, 17,84%, ou, em valores absolutos, 7.427.817,18 m² em relação à área total dos fragmentos. Do número total de 126 fragmentos, 35 apresentaram núcleos desconexos e 23 não apresentaram área core.

O ano de 1997 (Figura 28) não apresenta grandes diferenças na distribuição dos fragmentos de Cerrado na área estudada. Porém foi possível notar a recorrência do uso do fogo na margem leste do rio Jaguariaíva durante esta passagem do satélite, em um local que, por interpretação visual, julga-se que estava passando por um processo de sucessão natural.

Exatamente pelo fato de a vegetação desta área estar passando pela sucessão natural, não se apresentando tão densa como os pixels amostrados na área do PEC, ela não foi identificada no cartograma como um fragmento, assimilando-se, quanto ao seu comportamento espectral, com regiões de campos e pastagens.

A análise da área total dos 104 fragmentos de Cerrado desta data demonstrou um aumento significativo, totalizando 62.529.083,75 m² no ano de 1997. Como evidenciado em todos os anos anteriores há grande concentração de fragmentos no intervalo de menor valor: aproximadamente 85 fragmentos se concentram no intervalo, em área, de 100.000,00 e 744.311,45 m². O valor de comprimento de borda total, 672.052,70 m, representa um novo ápice positivo na análise da série, o que é acompanhado pela sua média de comprimento de bordas por fragmento, que atinge nessa data 6.462,05 m. A forma dos fragmentos em 1997 se torna mais irregular, 2,349, mas ainda sem ultrapassar o máximo do índice alcançado em 1991. Nota-se, em relação à distância dos fragmentos com seu vizinho mais próximo, que há maior frequência, 60, nas manchas de Cerrado que distam o de 0 até 198 m, aproximadamente. Em 1997 houve um novo aumento do valor do índice de área core, 25,63%, chegando a 16.029.134,22 m² de área. Do total de 104 fragmentos, 49 apresentaram disjunção de suas áreas nucleares e 17 não apresentaram núcleos.

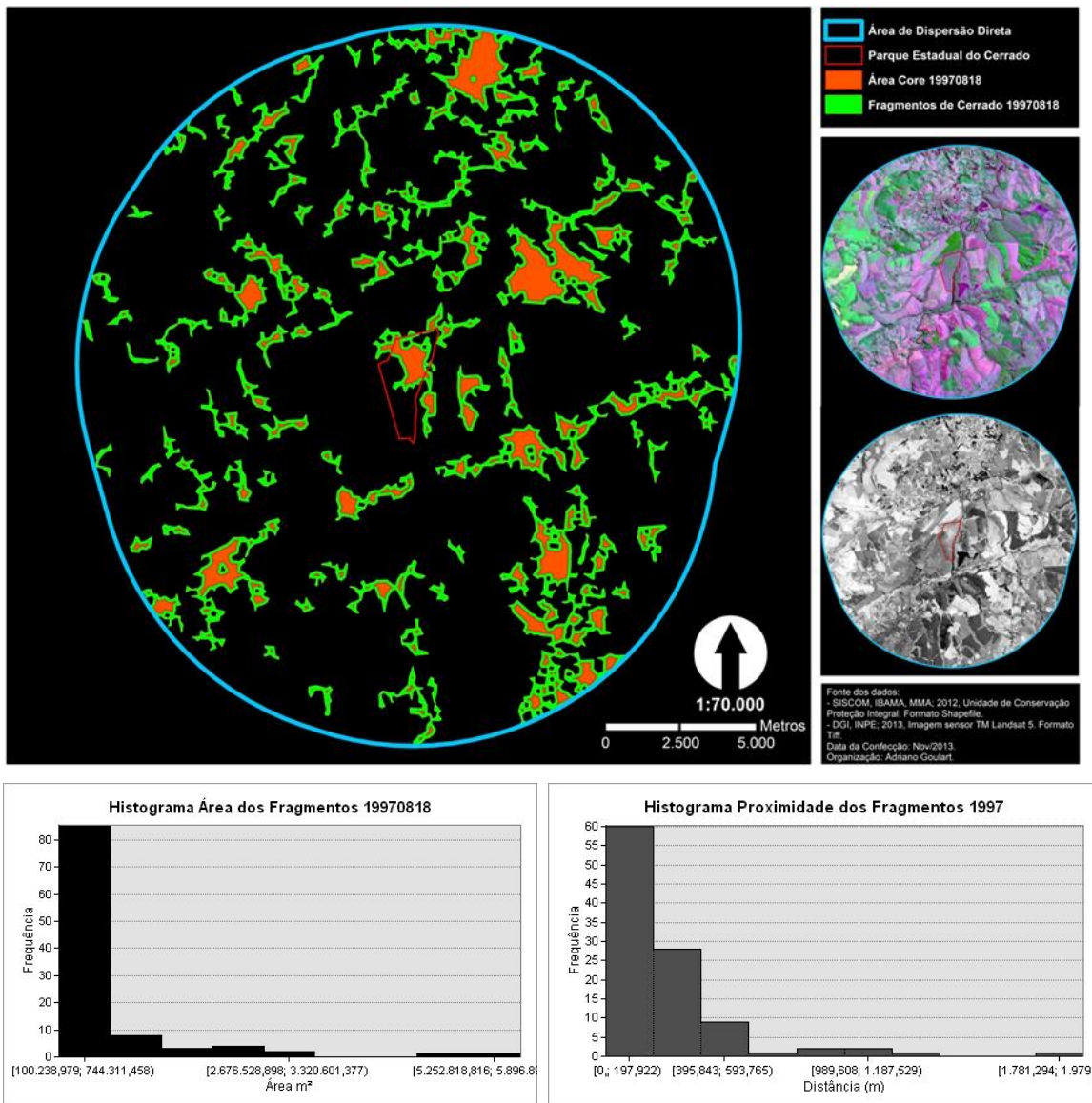


Figura 28: Fragmentos de Cerrado em 1997.
 Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

Assim como no ano de 1994, não foi possível trabalhar com nenhuma imagem Landsat 5 TM do ano de 1998. Sendo assim o próximo ano trabalhado é o de 1999 (Figura 29), sete anos após a criação da Unidade de Conservação.

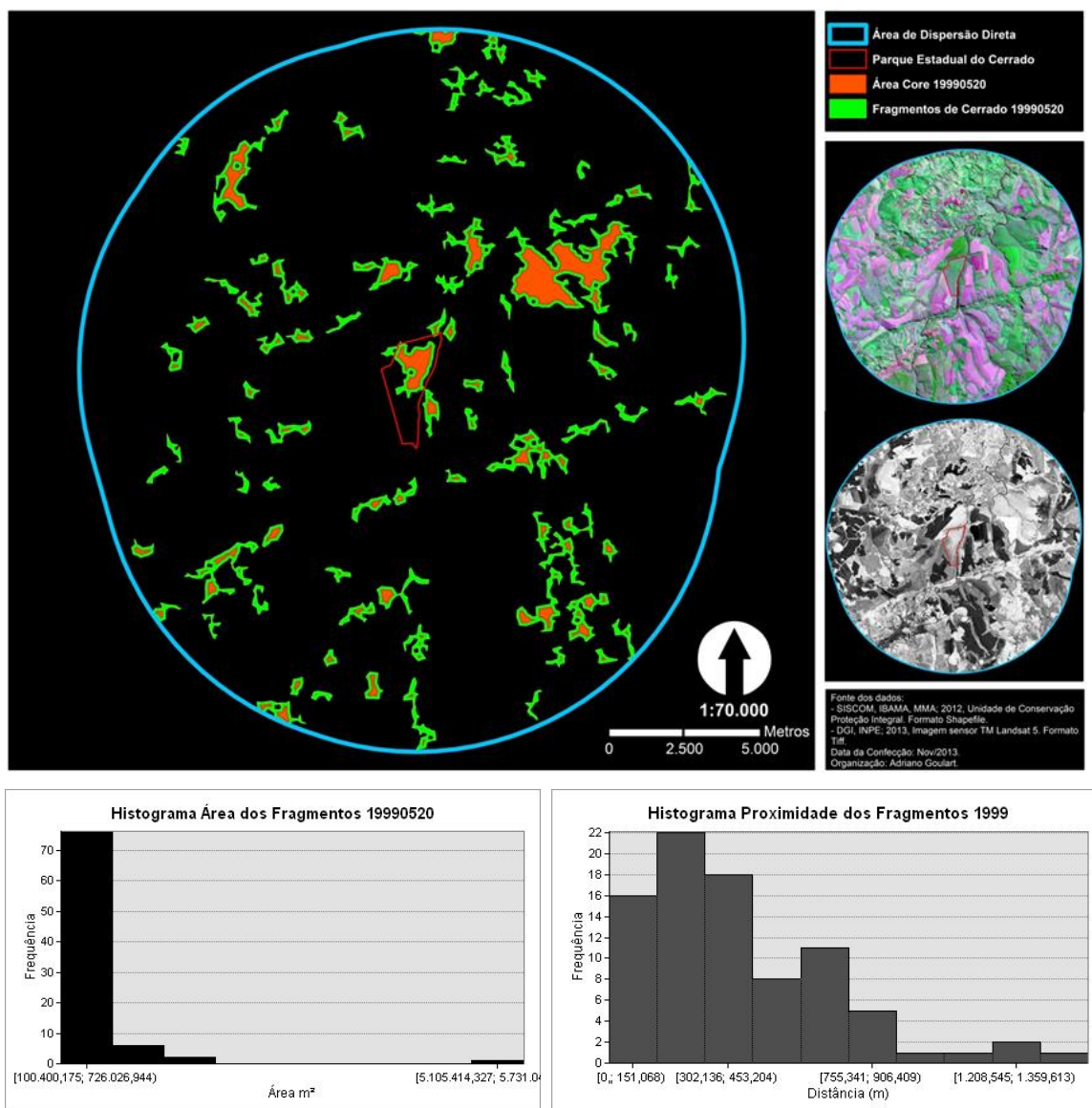


Figura 29: Fragmentos de Cerrado em 1999.
 Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

A análise visual comparativa destes sete anos revela que não houve mudanças significativas na distribuição dos fragmentos de Cerrado, mas apenas alterações do uso e ocupação do solo de locais que já estavam desmatados. A única exceção se dá na vegetação presente na margem do Jaguaiaíva não pertencente ao parque que, depois de duas queimadas (1989 e 1997), passa a ser substituída pela atividade antrópica.

A redução das áreas dos fragmentos em relação ao último ano fica evidente quando analisada sua área total, 31.899.685,26 m². O número de fragmentos identificados pela metodologia nesta data foi de 85, sendo que aproximadamente 75 destes fragmentos possuem áreas entre 100.000,00 e

726.026,94 m². Em 1999 o comprimento total das bordas dos fragmentos volta a cair, 372.299,42 m, e sua média acompanha tal comportamento, 4.379,99 m. O índice de forma médio no ano de 1999 volta a decrescer, mesmo que ainda pouco, sendo calculado em 2,111. O histograma de proximidade para esse ano é um pouco diferente do padrão de distribuição evidenciado na maioria dos anteriores, pois apesar dos fragmentos ainda estarem concentrados nos intervalos de frequência de menores valores as maiores concentrações ocorrem no segundo e terceiro intervalos e não mais no primeiro. A diferença dessa distribuição sugere que os fragmentos nessa data estão mais distantes dos seus vizinhos mais próximos: são 22 *patches* que distam de 151 até 302 m, aproximadamente. A análise das áreas core indica um pequeno decréscimo no índice de área nuclear, este atingindo 23,37%, ou 7.456.086,00 m² em valor absoluto. De um total de 85 *patches*, 27 não apresentaram área core continua e 12 sequer apresentaram essas áreas.

A situação do ano de 2000 (Figura 30) comprova a grande relevância que o fragmento localizado a nordeste da área do PEC tem para a distribuição das espécies do entorno e da área de proteção. As duas principais manchas que permearam a análise das imagens até agora aparecem nitidamente na classificação desta passagem do Landsat, o que sugere que mesmo nos períodos de estiagem, quando a identificação dos fragmentos de Cerrado fica mais clara, estas manchas continuam densas.

A análise da área total dos fragmentos nessa data revela um novo decréscimo, com total de 15.184.268,25 m² em 2000. O número de fragmentos é também reduzido, se comparado com o último ano, caindo para 46. Deste total, cerca de 40 fragmentos estão concentrados no intervalo de classe que vai de 100.000,00 até 367.136,84 m². Nesse ano, 2000, o cálculo do total das bordas revelou uma nova queda nos valores, chegando a 171.717,93 m. O mesmo não ocorre com a média do comprimento das bordas, que se mantém pouco abaixo do ano anterior, com 3.733,00 m por fragmento. O índice de forma médio não se alterou muito em relação ao último ano, calculado em 2,022 para esta data. Já a análise da proximidade entre os fragmentos revela uma distribuição comum durante toda a série, com frequências maiores evidenciadas nos primeiros intervalos: 19 fragmentos estão entre 70 e 359 m, aproximadamente, de distancia entre eles e seu vizinho mais próximo. O total

de área core para tal data é de 4.120.563,22 m², o que representa 27,14% do total de área dos fragmentos, um leve acréscimo no índice. De todos os 46 *patches*, 8 possuem núcleos disjuntos e 11 não possuem núcleo.

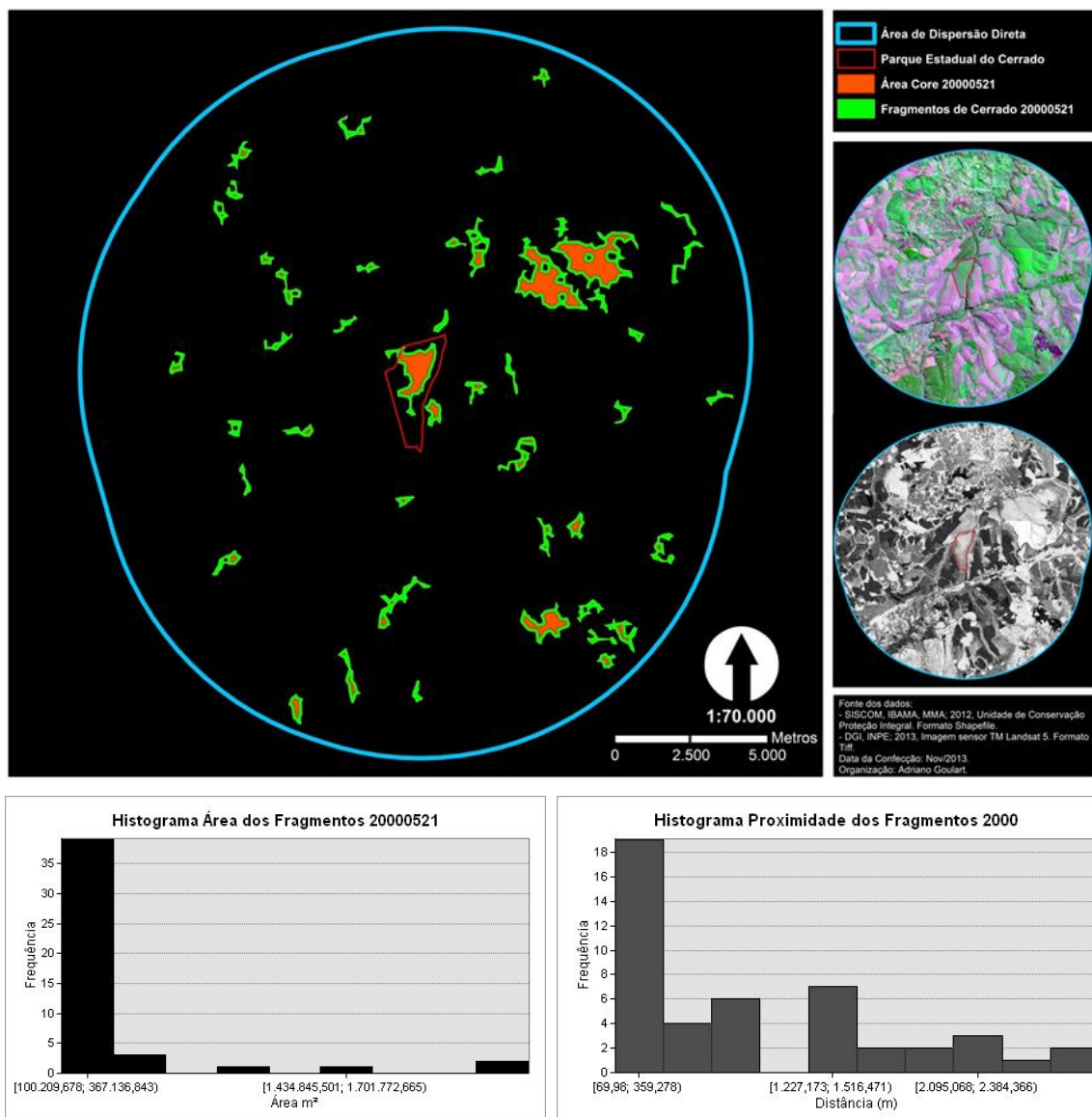


Figura 30: Fragmentos de Cerrado em 2000.
Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

Em 2001 (Figura 31) há uma alteração significativa na paisagem da área estudada, não em toda a área coberta pelo buffer, mas especificamente no fragmento mais relevante para esta análise temporal até agora. Nota-se uma redução drástica da área do fragmento localizado a nordeste do PEC, o que gera interferência direta em todo o equilíbrio da paisagem.

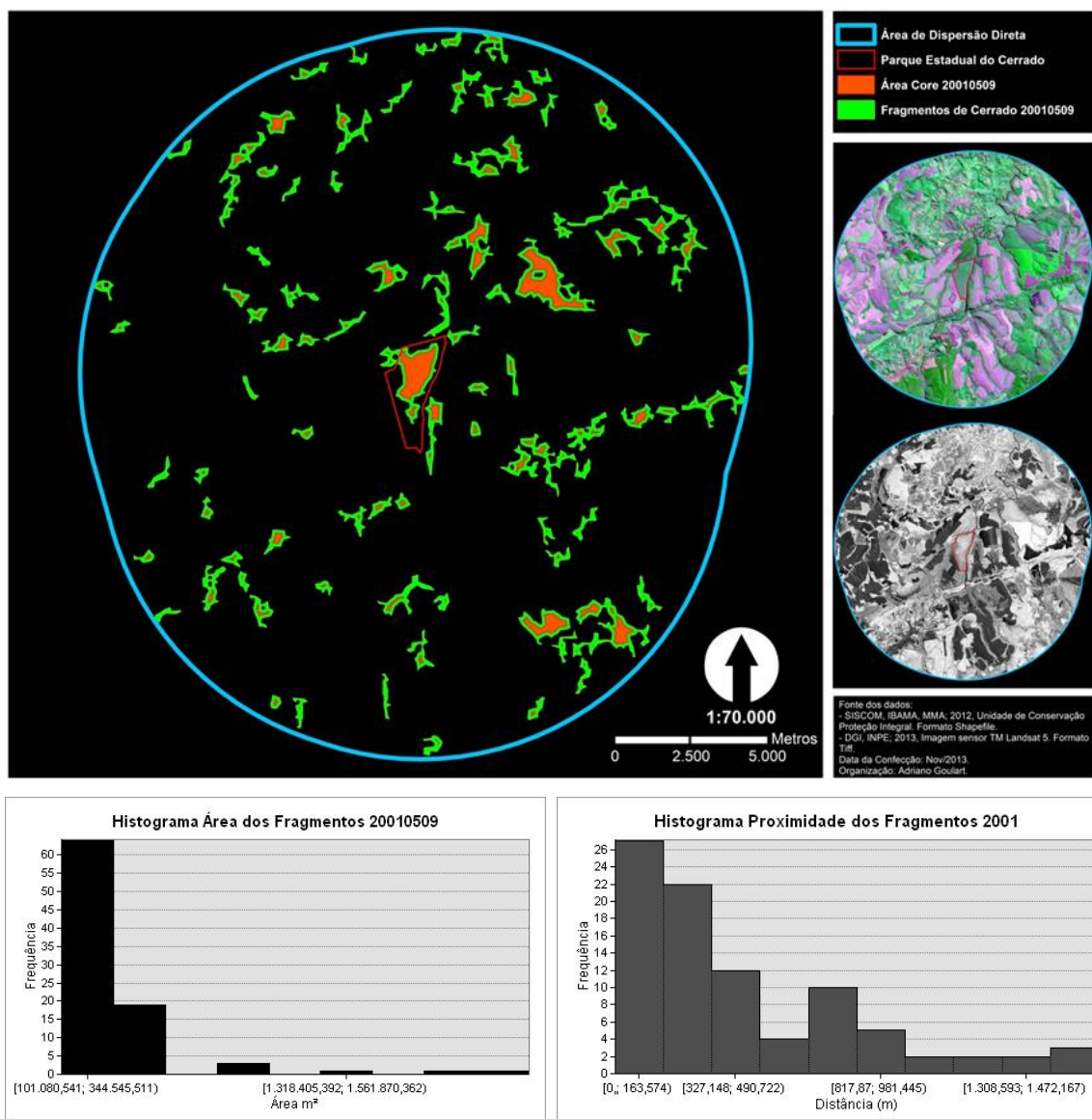


Figura 31: Fragmentos de Cerrado em 2001.
 Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

Já para a área de todos os fragmentos somada, não há decréscimo, como havia acontecido nos últimos anos de análise. A área total cresce novamente evidenciando um ciclo de anos em anos, totalizando 28.372.762,88 m² no ano de 2001. O número de fragmentos dessa data foi de 89, dentre os quais aproximadamente 64 desses estão em áreas que variam de 100.000,00 até 344.545,51 m². Em 2001 os valores de comprimento total de bordas voltam a subir, ainda que pouco, alcançando 369.660,03 m, já a média do comprimento das bordas não se eleva muito em relação ao último ano, 4.153,48 m. O índice de forma médio se mantém estável, com pequena elevação para 2,128. Os valores de proximidade entre os fragmentos mantem o

mesmo comportamento, com 27 fragmentos concentrados no intervalo de 0 até 164 m, aproximadamente. Os valores de área core no ano de 2001 caem consideravelmente, totalizando 5.254.300,95 m², ou 18,52% do total de área dos fragmentos, segundo o índice de área nuclear. Dos 89 *patches*, 24 apresentam áreas nucleares descontínuas e 10 não possuem núcleo.

A intensificação da atividade antrópica continua nos anos seguintes. Em 2002 (Figura 32), dez anos após a criação do parque, é possível notar um relativo desenvolvimento da extensão localizada dentro dos limites da área de proteção. Contudo não é possível dizer o mesmo para as áreas adjacentes ao parque, que demonstraram neste ano um grande aumento nas áreas de cultivo agrícola.

É possível notar a expansão das atividades antrópicas em todos os limites imediatos do parque no registro desta passagem do satélite, o que sugere que a criação e consolidação da Unidade de Conservação não trouxeram mudanças nos usos do solo das regiões do entorno.

Quanto a área total dos fragmentos, nota-se uma pequena redução na área, totalizando nesta data 22.097.270,05 m², e no número de fragmentos, 60 ao todo. Deste total, pouco mais de 50 *patches* estão concentrados em intervalos de classe de áreas pequenas, de 100.000,00 a 532.880,52 m². Há uma pequena queda nos valores totais de borda no ano de 2002, 253.692,68 m, o que não é acompanhado pela sua média, que se mantém em relativa estabilidade, 4.228,21 m. O índice de forma se mantém praticamente inalterado, sendo calculado para essa data em 2,100, o que indica que não houve grandes mudanças na forma média dos fragmentos em relação ao ano anterior. Já a análise da proximidade entre os fragmentos segue o padrão de distribuição das maiores frequências logo nos primeiros intervalos do histograma: 27 *patches* distam entre 0 e 381 m, aproximadamente, de seu vizinho mais próximo. O índice de área nuclear volta a aumentar, 26,19%, ou 5.786.204,80 m² em valores absolutos. Dos 69 *patches*, 17 tem núcleos disjuntos e 7 não possuem tais áreas.

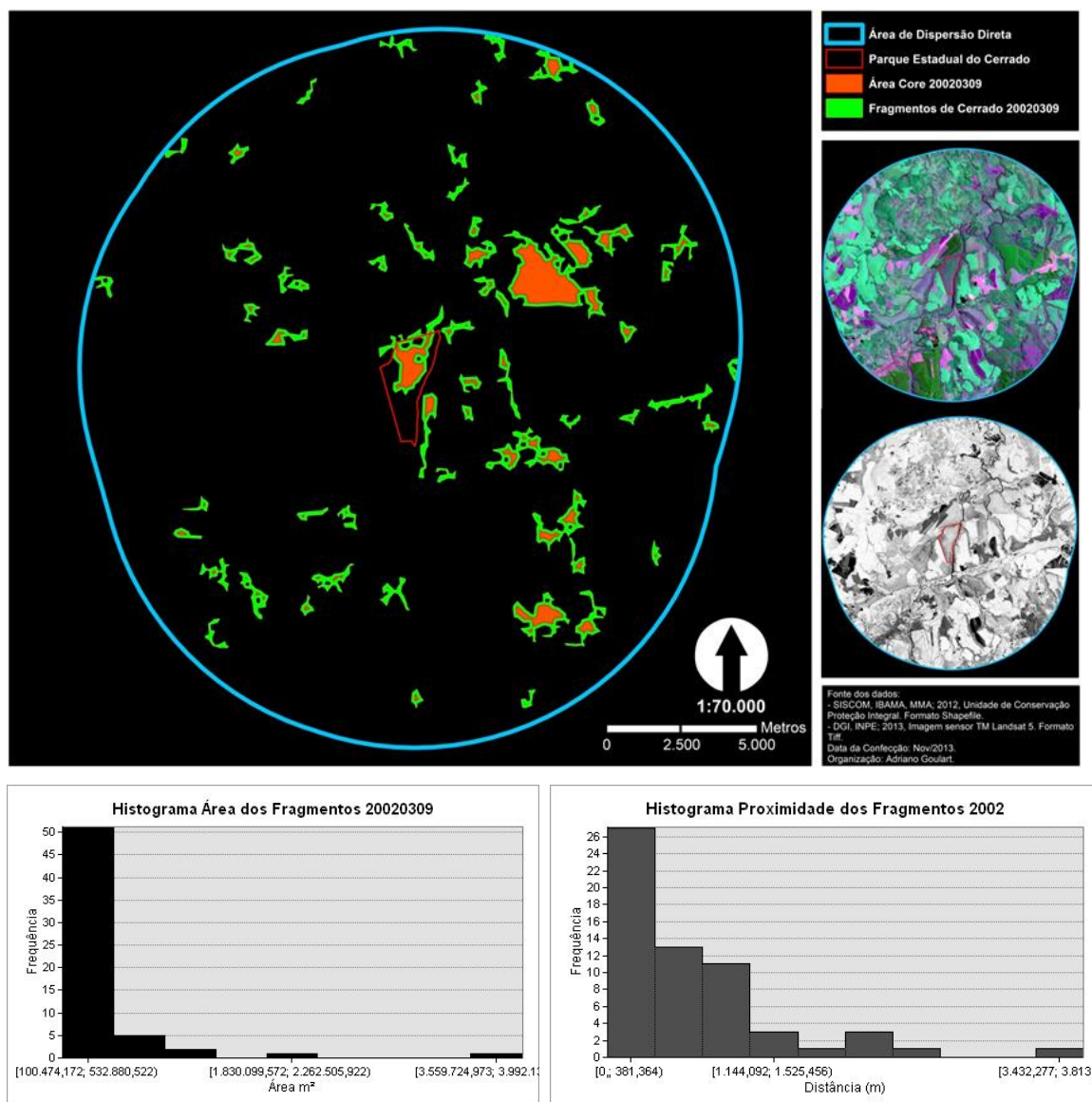


Figura 32: Fragmentos de Cerrado em 2002.
Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

Para o ano de 2003 (Figura 33) a imagem utilizada é do mês de setembro, época do ano em que as queimadas são mais frequentes na região. A vegetação que naturalmente já fica mais seca, dificultando sua identificação nas imagens, ainda sofre com estas queimadas, o que resulta em um cartograma de fragmentação aparentemente mais intensa.

Na área do parque só foram identificadas queimadas no ano de 1989, segundo as imagens aqui trabalhadas, mas em pequenas extensões, provavelmente não gerando maiores desequilíbrios para a biota. As queimadas do entorno no ano de 2003 não resultaram mudanças no uso do solo, pois, em sua maioria, foram realizadas em áreas já antropizadas, como técnicas de

preparo do solo para novos plantios que podem ser observados em seus estágios iniciais na imagem.

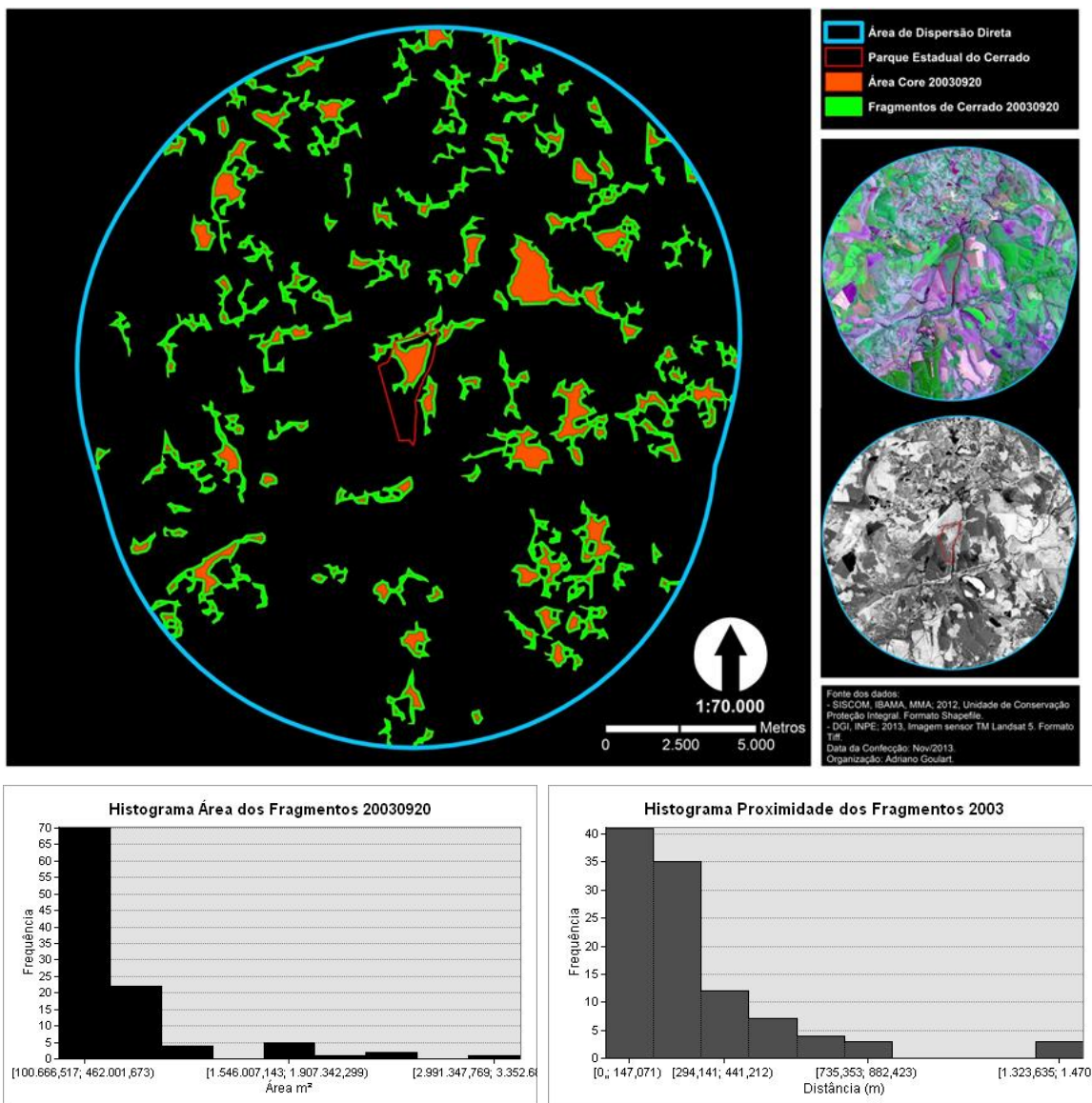


Figura 33: Fragmentos de Cerrado em 2003.
Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

A área total dos fragmentos continuou a aumentar em relação ao último ano analisado, com total de 50.333.891,51 m² em 2003, dispersos por 105 fragmentos no total. O intervalo de menores valores de área ainda continua concentrando a grande maioria dos fragmentos: com 70 destes variando entre 100.000,00 e 462.001,67 m². A análise do ano de 2003, em relação às bordas, merece destaque. Assim como no ano de 1997, 2003 apresenta altos valores se comparados com os anos anteriores, de relativa estabilidade: o total de

bordas sobe para 565.521,55 m, e a média do comprimento destas sobe para 5.385,92 m, valores estes que não serão recorrentes em nenhum dos próximos anos da análise temporal. O índice de forma médio calculado para a data de 2003 é de 2,205, pouco acima do ano anterior. O histograma de proximidade dessa data segue a tendência dos anos anteriores, em que pode-se notar a concentração dos fragmentos nos intervalos que representam as menores distâncias entre estes: 41 fragmentos distam de 0 a 147 m, aproximadamente, entre si. O índice de área nuclear decresce pouco em relação ao último ano analisado, calculado para esse ano em 23,29%, com valores absolutos de 11.722.079,88 m². De um total de 105 fragmentos, 42 revelaram núcleos disjuntos e 10 não apresentaram áreas core.

No ano de 2004 (Figura 34), notou-se que há certa estabilidade na expansão da mancha urbana, no limite sudoeste da área de dispersão em direção a nordeste, porém a área ainda está sob crescente atividade antrópica.

As imediações da área urbana demonstram uma intensa intervenção do Homem, mas essa intensidade se dá em áreas que já não apresentam as características dos ecossistemas nativos.

A análise das áreas dos fragmentos somadas revela uma nova redução no total, com 13.144.154,47 m² de área total. Esse total de área se divide em 52 fragmentos ao longo da matriz, mas 45 desses estão entre os menores de todos os fragmentos, pois se concentram no intervalo entre 100.000,00 e 291.722,75 m² de área. No ano de 2004 o total de bordas decresce significativamente para 169.478,32 m, e sua média acompanha tal decaimento, sendo esta calculada em 3.259,20 m. A análise da forma, feita através do índice de forma médio, mostra que os fragmentos nesse ano estão com formas mais regulares do que os do último ano analisado, com o índice calculado em 1,907. Em relação a distância dos fragmentos e seu vizinho mais próximo, nota-se uma grande concentração dos fragmentos nos três primeiros intervalos de classe do histograma, porém ainda permanece como o mais frequente o intervalo de menor valor: 16 fragmentos estão entre 150 e 299 m, aproximadamente, de distância entre si e seu vizinho mais próximo. O total de área nuclear para a data de 2004 é de 2.348.597,12 m², o que representa 17,87% do total de área dos fragmentos, um declive nos valores médios que fez o índice se aproximar dos menores valores da série. De todos os 52

fragmentos, apenas 8 não apresentaram uma única área nuclear e outros 7 não apresentaram áreas core, mesmo que disjunta.

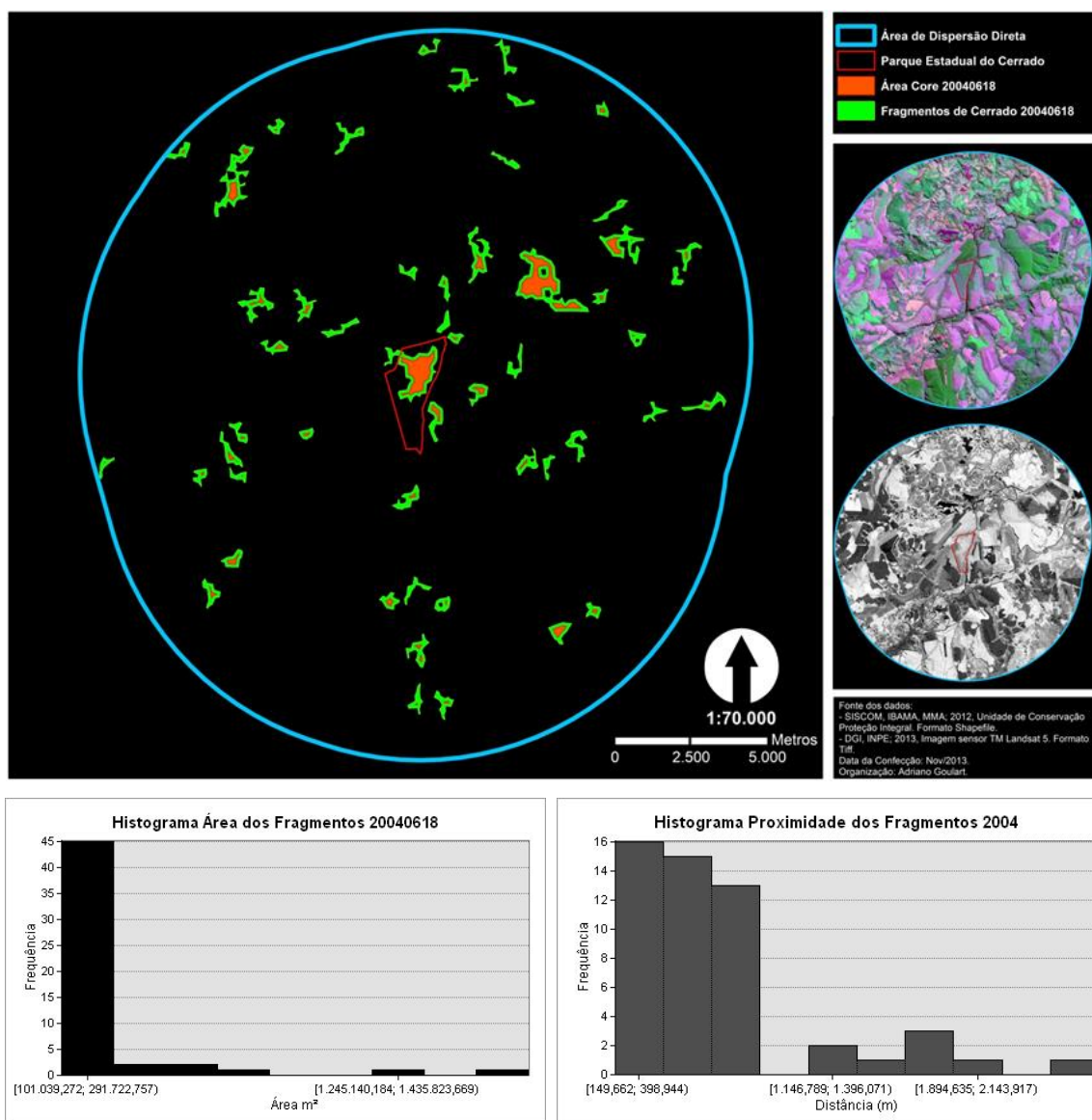


Figura 34: Fragmentos de Cerrado em 2004.
 Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

Observa-se, após a análise do ano de 2005 (Figura 35), que a madeira dos reflorestamentos nas áreas próximas ao parque já começou a ser retirada, revelando algumas grandes áreas com o solo exposto.

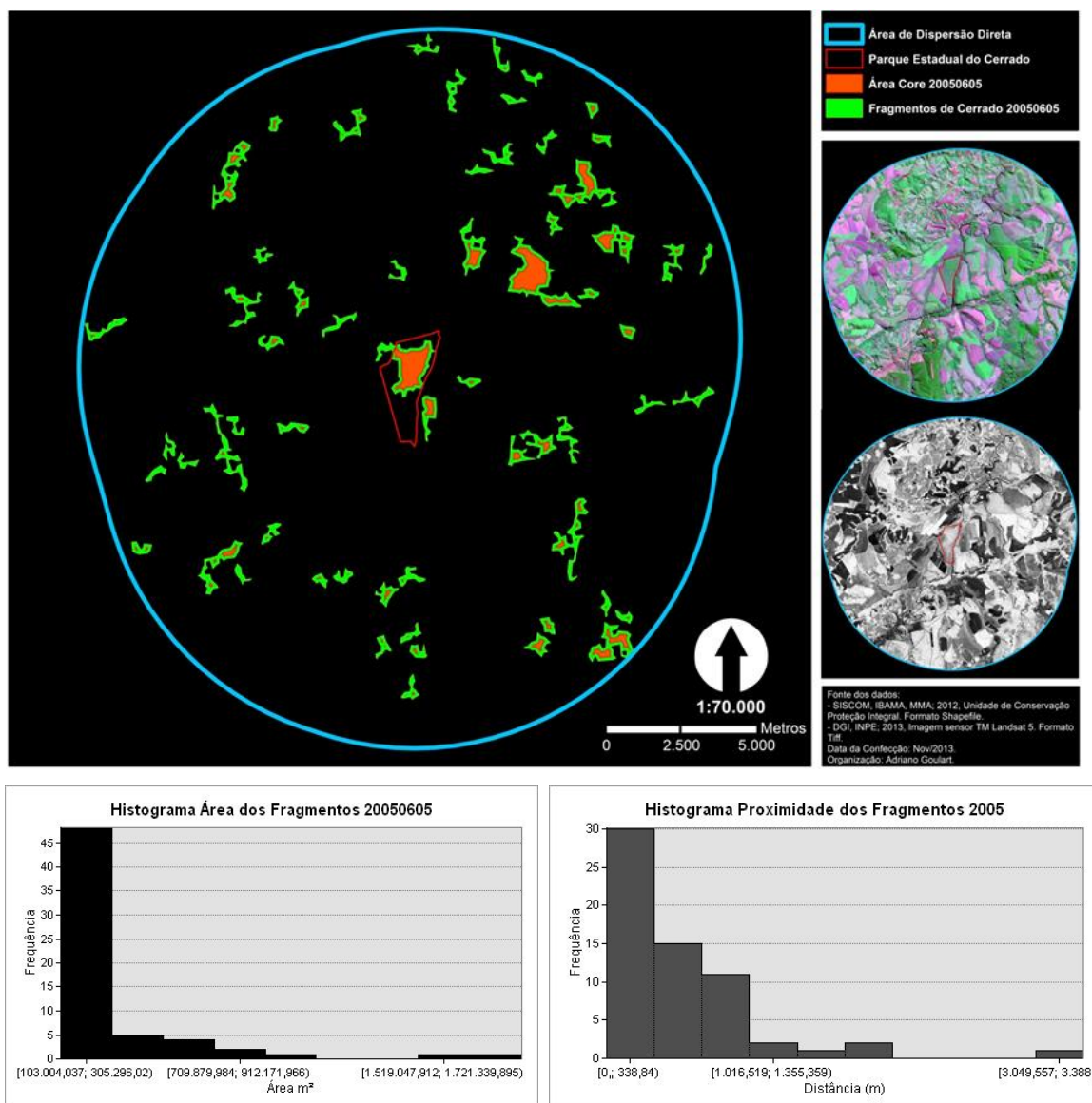


Figura 35: Fragmentos de Cerrado em 2005.
 Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

A vegetação presente dentro dos limites da área do PEC se mantém estável, no entanto os fragmentos identificados fora dos limites protegidos continuaram restritos as áreas mais escarpadas e próximas aos cursos d'água. Assim, é possível observar que o Cerrado não consegue se reestabelecer em áreas contínuas devido a grande pressão exercida pelas atividades antrópicas, o que reafirma o quadro de fragmentação em que se encontra a paisagem.

A somatória da área total para o ano de 2005 voltou a crescer mesmo que ainda pouco, se estabelecendo em 18.245.927,65 m² no ano. O número de fragmentos para a data foi de 62, sendo que pouco menos de 50 manchas se concentram no intervalo de classe menor, entre 100.000,00 e 305.296,02 m² de

área. No ano de 2005 há um novo acréscimo dos valores totais de borda, estes totalizam 238.305,43 m para tal data. O mesmo ocorre no cálculo da média, em que resultou 3.843,64 m de comprimento por mancha de Cerrado. O cálculo do índice de forma médio para essa data resultou em 2,097, com fragmentos mais amorfos se comparados com os do último ano analisado. A análise do histograma indica pouca distância entre os fragmentos, com a concentração destes, 30 *patches*, no primeiro intervalo de classe, que vai de 0 até 339 m, aproximadamente. O total de área dos núcleos dos fragmentos para essa data, conforme metodologia, foi de 3.550.247,46 m², o que significa um índice maior em relação ao último ano, com 19,46% de área nuclear em relação ao total de área dos fragmentos. De todos os 62 *patches*, 19 apresentaram áreas nucleares disjuntas e 14 não apresentaram áreas core.

No ano de 2006 (Figura 36) não ocorrem grandes transformações na paisagem, mas é possível observar a recorrência do uso do fogo como técnica de renovação das pastagens em toda a possível área de dispersão das espécies de Cerrado.

Como pode ser facilmente identificado na imagem, algumas destas queimadas extrapolam a área à ser plantada e acabam adentrando nos fragmentos de Cerrado que vinham sendo aqui identificados nas imagens anteriores. Apesar de o fogo ser um elemento natural do Cerrado, o tamanho das áreas e os meses de ocorrência implicam que este está causando um desequilíbrio na paisagem.

A área total dos 95 fragmentos identificados nesta data totaliza 38.165.736,58 m², um aumento de área significativo se comparado ao ano anterior. Porém o quadro dos tamanhos dos fragmentos continua a concentrar muitos pequenos fragmentos: com pouco menos de 80 destes fragmentos no intervalo que varia entre 100.000,00 e 546.505,51 m². O valor do total de bordas continua ascendendo em 2006, totalizando 389.866,31 m, assim como a média destas, que atinge 4.103,86 m de borda para cada fragmento. O índice de forma médio calculado para esta data é de 1,862, o que implica que os fragmentos nessa data estão mais regulares, quanto a sua forma, do que os de 2005. Quanto a distância dos fragmentos com seu vizinho mais próximo, pode-se observar no histograma uma distribuição recorrente em quase toda a série temporal, porém deve-se destacar o primeiro intervalo com maior frequência:

35 *patches* distam de 0 a 205 m, aproximadamente, do seu vizinho mais próximo. O total de área nuclear em 2006 é de 10.757.320,55 m², o que denota que 28,19% do total dos fragmentos é área nuclear, um acréscimo significativo neste índice que não será mais evidenciado no decorrer da análise. Das 95 manchas de Cerrado presentes na área, 27 revelaram núcleos disjuntos e 9 não possuem áreas core.

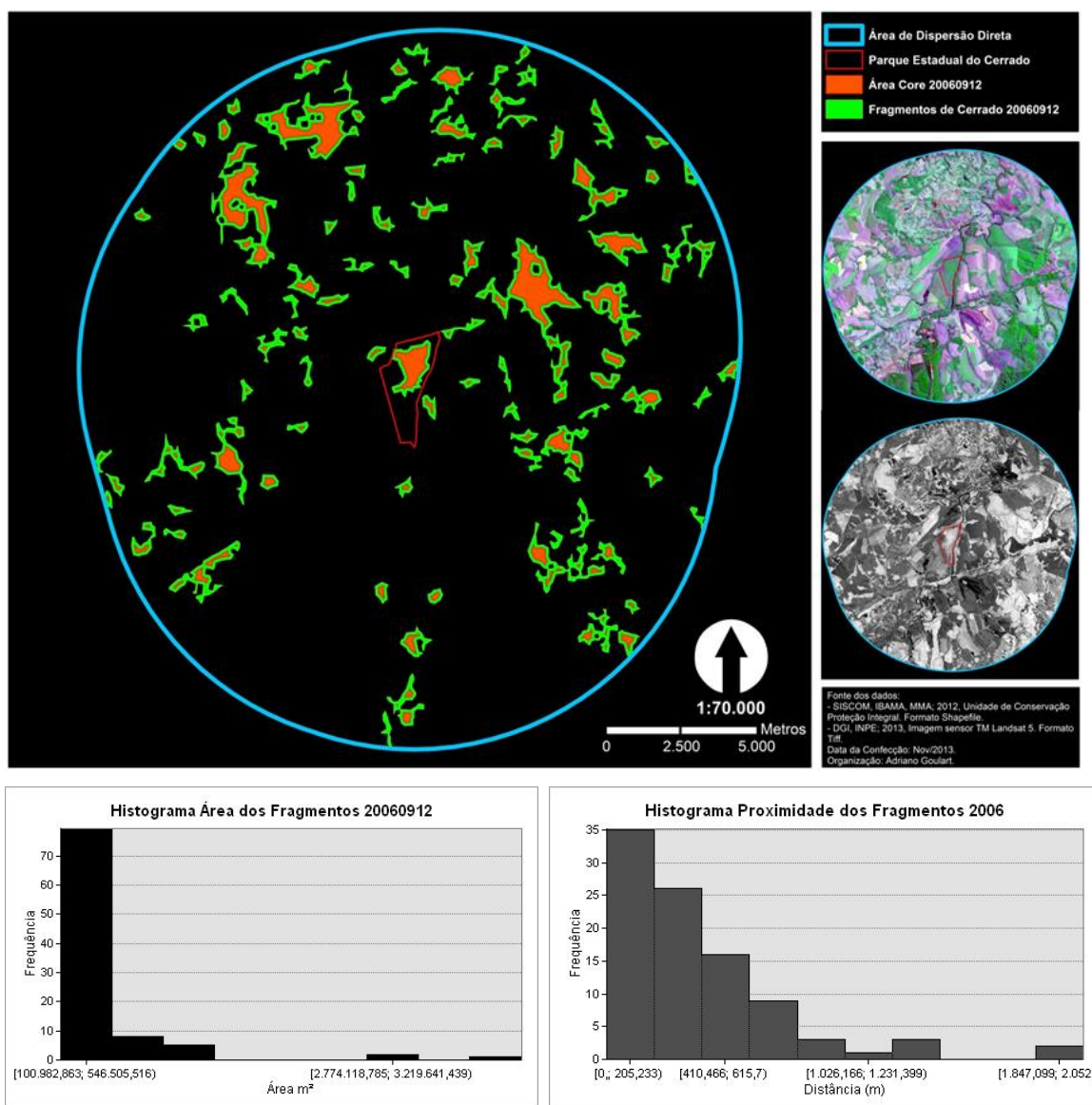


Figura 36: Fragmentos de Cerrado em 2006.
Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

Em 2007, o vigésimo primeiro ano analisado neste trabalho (Figura 37), o PEC faz 15 anos desde a sua criação. A vegetação da Unidade de Conservação se mantém densa mesmo no período de estiagem, período do

ano em que o satélite registrou as imagens trabalhadas, o que nos revela uma constância na sua estrutura. Mesmo o PEC estando localizado em um ecótono é possível notar, pelas imagens Landsat, uma variação na densidade da vegetação de acordo com a sazonalidade e a alternância de anos mais ou menos chuvosos.

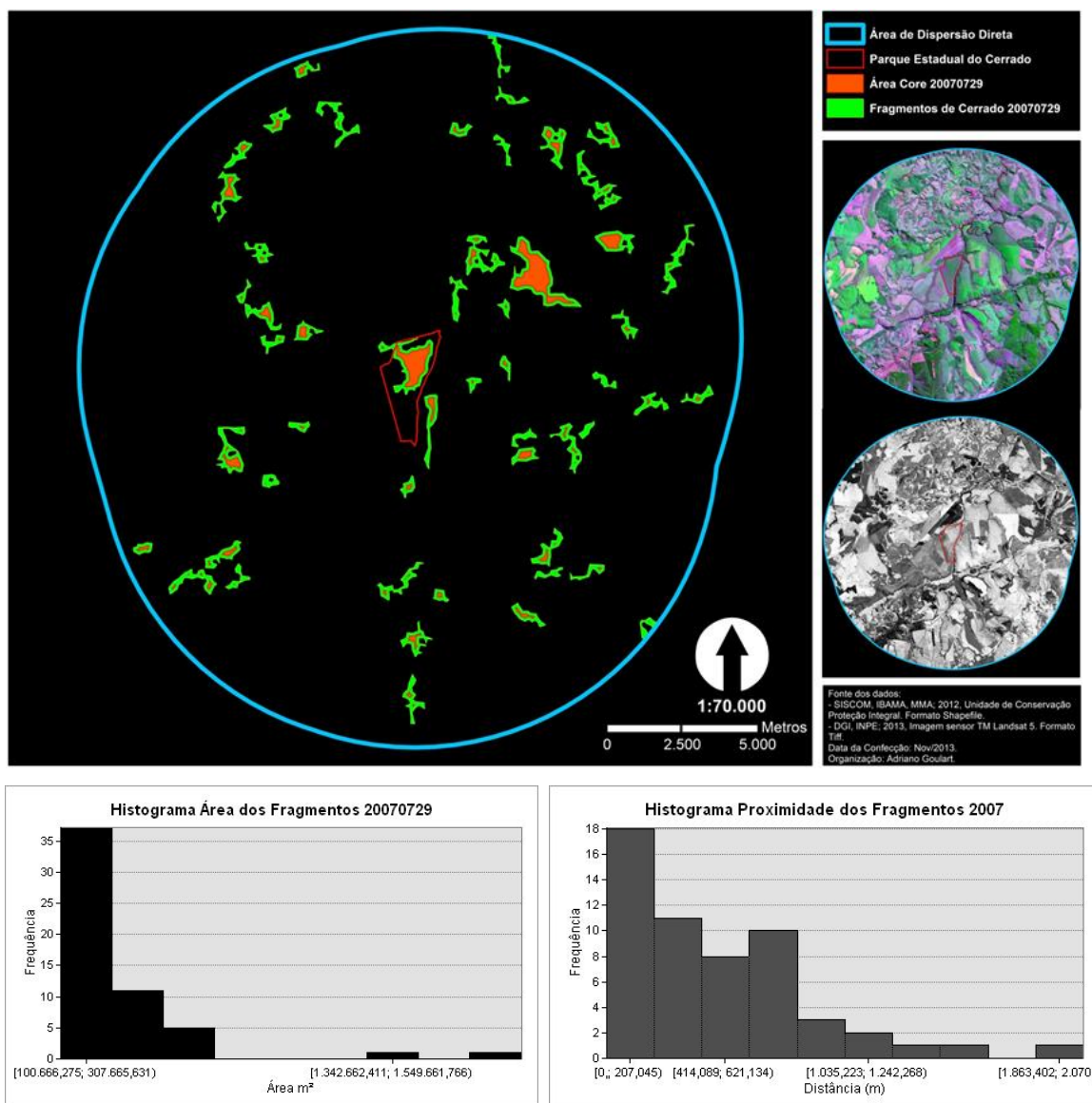


Figura 37: Fragmentos de Cerrado em 2007.
 Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

O total de área dos fragmentos nesta data foi de 17.033.178,10 m², distribuídos por 55 fragmentos, um novo decréscimo, no ano de 2007. Aproximadamente 37 fragmentos destes 55 totais apresentaram áreas entre 100.000,00 e 307.665,63 m². O total de borda também volta a cair, 213.668,84

m, assim como a média deste comprimento total das bordas, que para a data de 2007 é calculado em 3.884,89 m. O cálculo do índice de forma médio volta a aumentar pouco no ano de 2007, resultando em 2,042, o que significa que as formas voltaram a estarem mais irregulares, mesmo que esta diferença na irregularidade seja quase imperceptível na interpretação visual das formas. O histograma de proximidade entre os fragmentos e seu vizinho mais próximo permanece concentrando os fragmentos nos intervalos de frequência de menor valor: 18 manchas de Cerrado estão distantes entre 0 e 207 m, aproximadamente, de suas vizinhas mais próximas. A somatória das áreas core do ano de 2007 foi de 3.242.148,14 m², o que representa 19,03% do total da área dos fragmentos, nova queda no índice de área nuclear. Do total de 55 fragmentos, 19 não possuem áreas core contínuas, mas sim disjuntas, e 7 não possuem núcleo.

Em 2008 (Figura 38) as manchas de Cerrado de tamanho significativo que ainda restam na paisagem aparecem com nitidez. O fragmento a nordeste do PEC representa, nesta distribuição, a principal mancha na área estudada. Em alguns anos, como acontece no cartograma de 2008, este fragmento chega a ser até maior que a área protegida, o que leva a repensar a função da área de proteção em questão. Em relação aos reflorestamentos, a área já colhida ainda não apresenta uma vegetação significativa, segundo o NDVI.

A somatória das áreas dos fragmentos identificados foi de 12.124.620,41 m², configurando uma nova redução na área total, assim como no número de fragmentos, 44 para esta data. Deste número total de fragmentos nessa data, 36 se concentram no intervalo de classe de menor valor, entre 100.000,00 e 286.702,40 m². Seguindo o comportamento do ano anterior o valor total de bordas cai para 145.853,77 m, e a sua média se mantém com poucas variações ao longo destes últimos anos da análise da série temporal, resultando em 3.314,86 m para o ano de 2008.

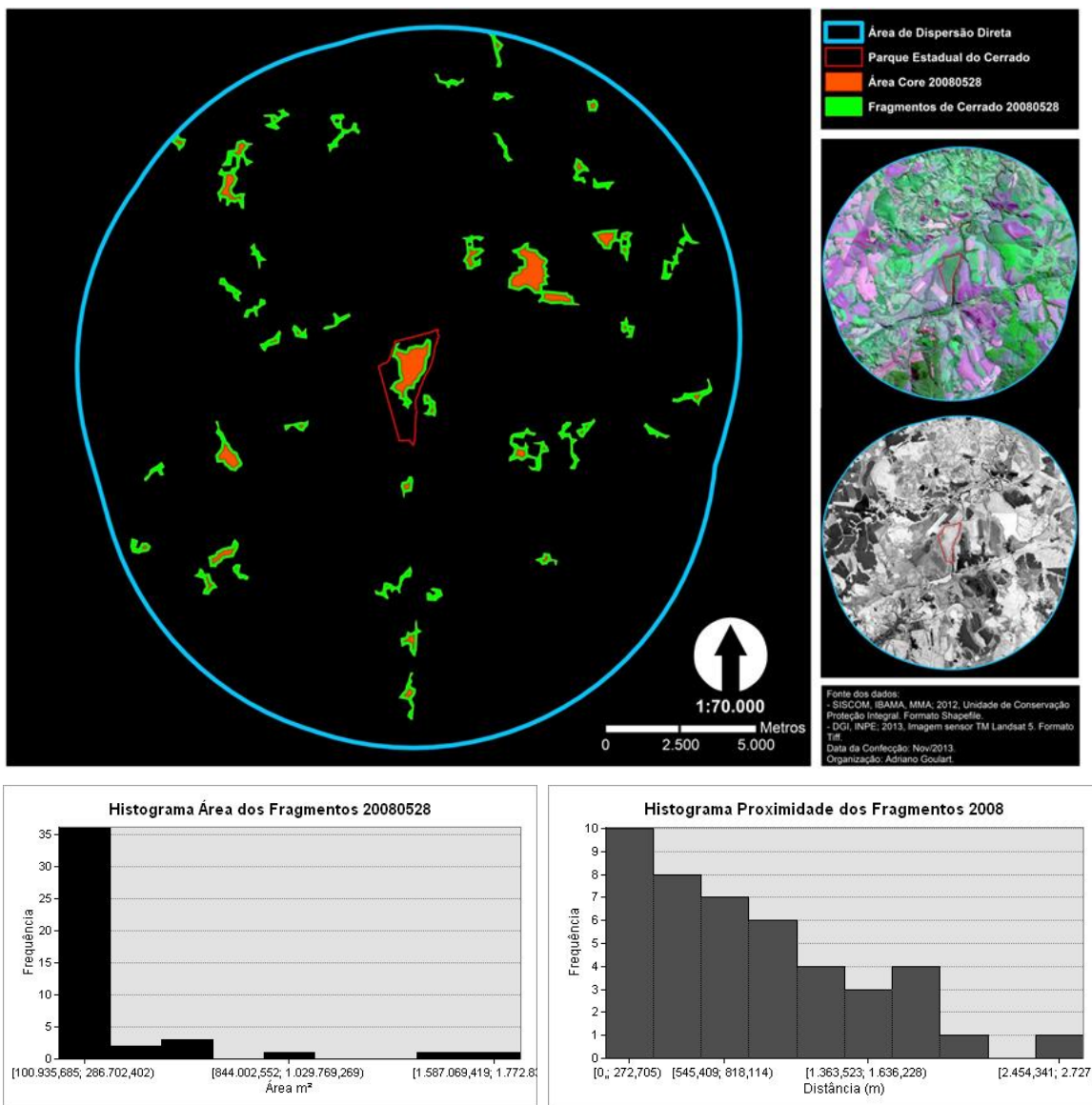


Figura 38: Fragmentos de Cerrado em 2008.
 Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

Nesse ano o índice de forma médio volta a cair, calculado em 1,902, o que indica que as formas estão mais regulares se comparadas com os anos anteriores de maior valor do índice. Já a distância entre os fragmentos e seu vizinho mais próximo permanece pequena para a maioria dos fragmentos, com concentração das maiores frequências nos primeiros intervalos de classe, sendo o intervalo entre 0 e aproximadamente 273 m o de maior frequência, 10 fragmentos. A área core total do ano de 2008 foi calculada em 2.794.580,82 m², ou seja, 23,05% da área total dos fragmentos é núcleo, uma alta no valor do índice de área nuclear. Do total de 44 *patches*, 12 possuem áreas core disjuntas e 13 não apresentaram núcleo.

Na análise do ano de 2009 (Figura 39) algumas informações podem ter sido perdidas devido à presença de nuvens e suas respectivas sombras na imagem. Porém, a quantidade de nuvens é ínfima e não interferiu na análise espacial dos fragmentos.

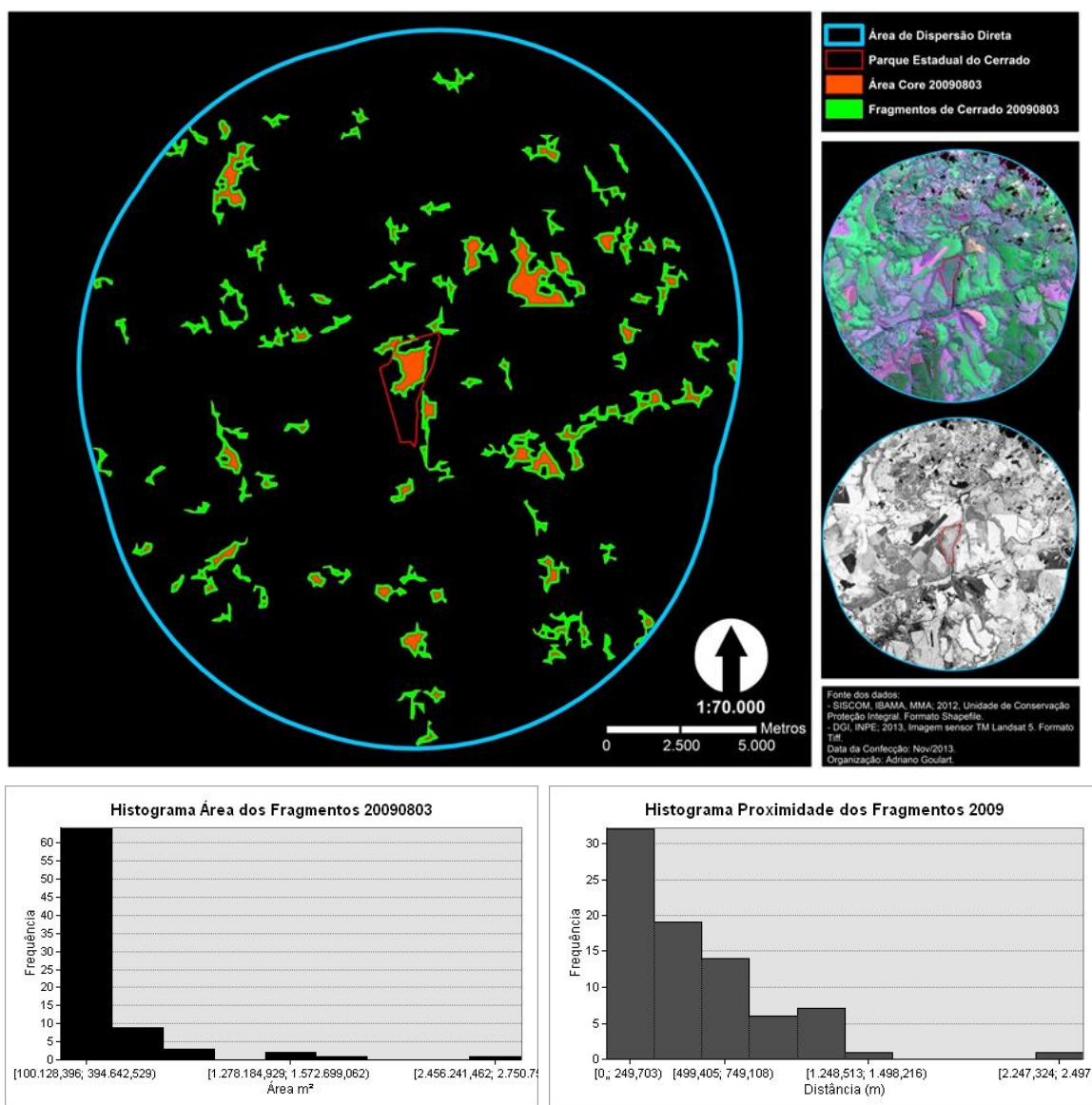


Figura 39: Fragmentos de Cerrado em 2009.
Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

Outro ponto, qualitativo, de importância é que os reflorestamentos voltam a aparecer nas mesmas áreas da imagem deste ano, caracterizando um ciclo de plantio e colheita de aproximadamente 10 anos. Sob o aspecto quantitativo pode-se dizer que a área total utilizada para reflorestamento aumentou consideravelmente de 2008 para 2009.

Já a área total de fragmentos de Cerrado apresentou um significativo aumento, chegando a 25.202.470,42 m² no ano de 2009. O número de fragmentos também aumentou, totalizando 80 *patches*. Destes 80, 64 se concentram no primeiro intervalo de classe: entre 100.000,00 e 394.642,52 m². A análise do total de bordas revela um novo aumento dos valores, totalizando 315.246,09 m. A média do comprimento de borda não se altera tão significativamente como o total de bordas, esta sobe para 3.940,58 m. A avaliação do índice de forma médio do ano de 2009 revela que os fragmentos desse ano estão mais irregulares, com índice fixado em 2,046. O histograma de distância entre os *patches* e seu vizinho mais próximo tem sua maior frequência registrada no primeiro intervalo de classe, em que pode-se observar que 32 fragmentos estão distantes entre 0 e 250 m, aproximadamente. A somatória de área core dos fragmentos foi de 4.986.866,69 m², o que representa 19,79% de área nuclear em relação ao total de área dos fragmentos, exibindo um pequeno decréscimo em relação ao último ano. De todos os 80 *patches* identificados pela metodologia, 22 demonstraram possuir áreas core disjuntas e 12 sequer abrigam núcleos em seu interior.

Conforme explanado na metodologia deste capítulo, para os últimos dois anos trabalhados (2010 e 2011) foram confeccionados quatro figuras, duas para cada ano. Na comparação das figuras de 2010 (Figuras 40 e 41) reconhece-se facilmente a interferência da sazonalidade na metodologia, no entanto a análise dos cartogramas de fragmento, juntamente com a interpretação visual das imagens, torna possível compreender como se comporta a vegetação de Cerrado no começo da estação seca e no fim desta. A variação das distribuições fica evidente no fim da estiagem quando a vegetação mais densa de Cerrado se restringe ainda mais, ficando circunscrito a áreas próximas aos topos de morro e corpos d'água, comportamento este que seria esperado por espécies da Floresta Estacional Semidecidual. Esse quadro pode ser explicado pela heterogeneidade da vegetação da área, apresentando espécies características dos dois domínios.

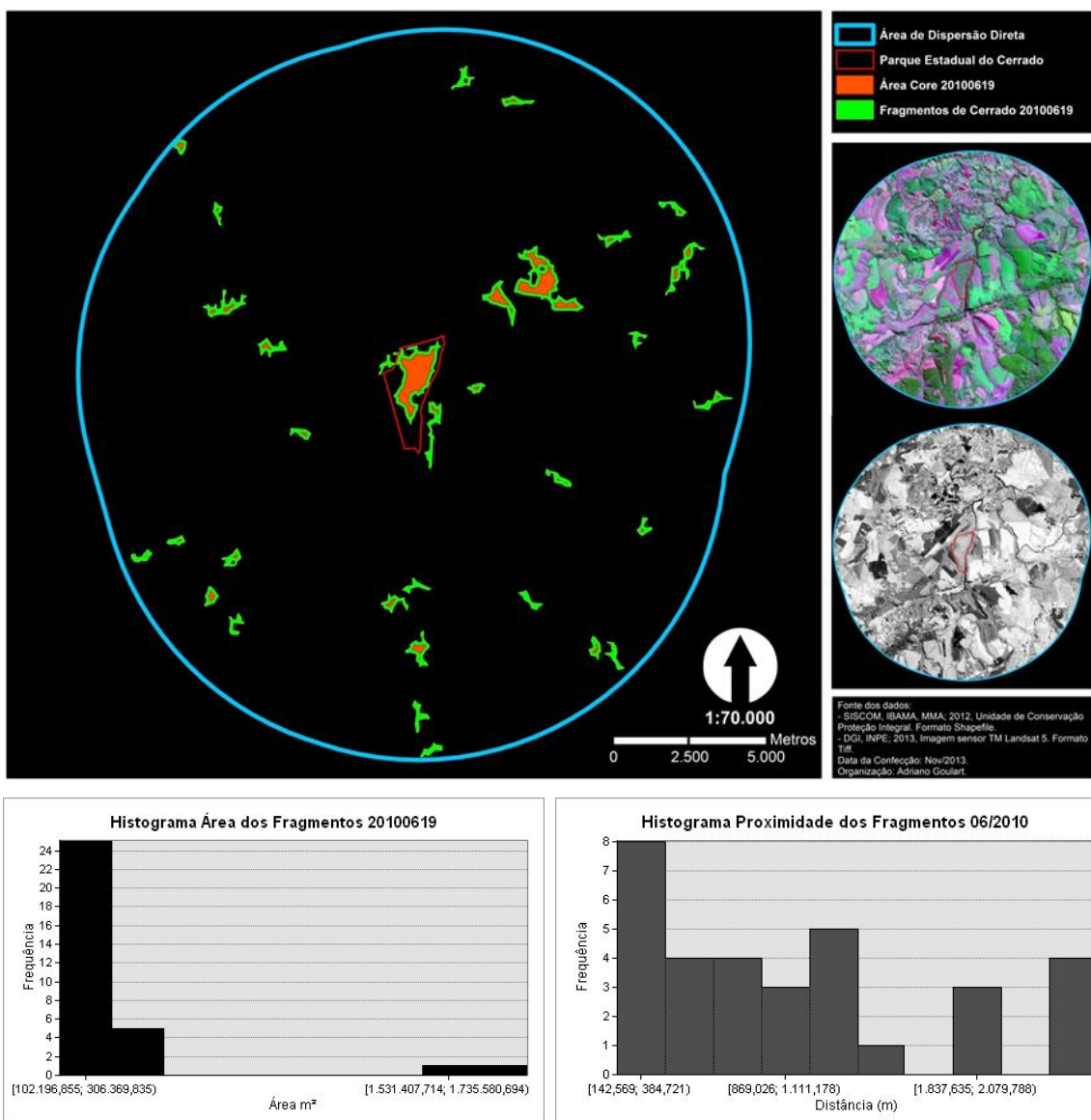


Figura 40: Fragmentos de Cerrado em 06/2010.
 Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

A distribuição dos fragmentos até o penúltimo ano analisado não varia muito conforme os anos anteriores. As atividades agropecuárias se intensificam cada vez mais ao centro da área do buffer, nas regiões mais planas. Os principais fragmentos continuam sendo a vegetação da Unidade de Conservação e a mancha a nordeste.

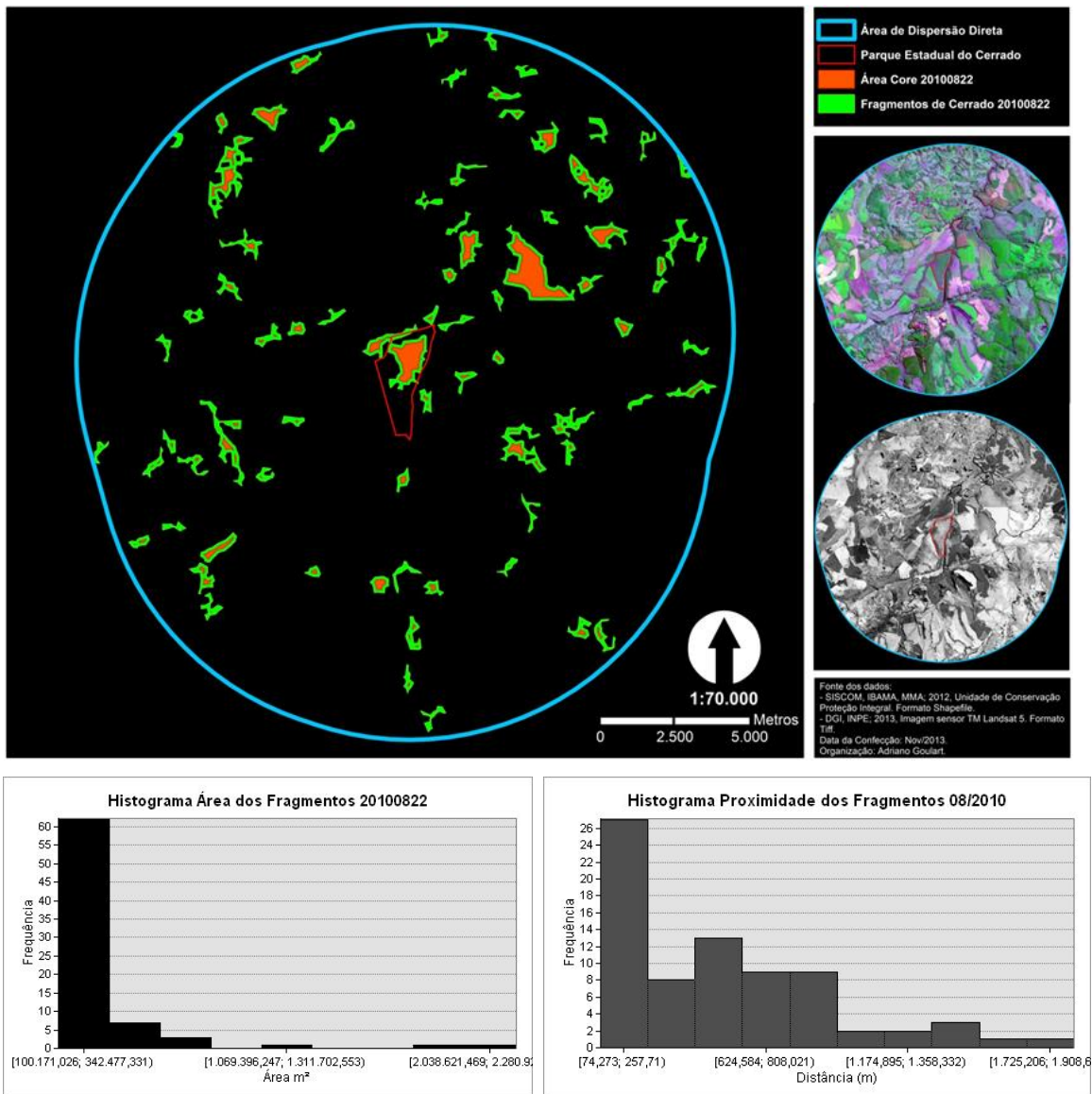


Figura 41: Fragmentos de Cerrado em 08/2010.
Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

A análise das áreas totais para o primeiro cartograma, de junho de 2010, evidenciou uma redução grande na área total, sendo esta a data de menor valor de área de toda a série: totalizando 9.193.441,54 m² de área, distribuídos em 32 fragmentos. Destes 32, 25 se concentram no intervalo de menor valor: de 100.000,00 até 306.369,83 m². O total de bordas para o primeiro cartograma de 2010 é de 107.515,25 m, o que representa o menor valor total de bordas de toda a série. Entretanto não há uma variação na média do comprimento das bordas, calculadas em 3.359,85 m por fragmento. A análise do índice de forma médio nessa data denota um pequeno decréscimo do valor do índice, 1,879, e uma conseqüente maior regularidade das formas dos fragmentos, se

comparados com os da última data analisada. Quanto a proximidade dos fragmentos em relação ao seu vizinho menos distante, pode-se notar no histograma que a maior concentração dos fragmentos está localizada no primeiro intervalo de classe: 8 fragmentos estão distantes entre 143 e 385 m, aproximadamente. A soma total de área core na primeira análise de 2010 foi calculado em 2.204.283,01 m², o que representa 23,98% da área total dos fragmentos, um novo aumento no índice de área nuclear. De todos os 32 *patches*, 8 possuem núcleos disjuntos e 7 não possuem área core.

Para a segunda data do ano de 2010, mês de agosto, o quadro de fragmentação parece não ser tão drástico, totalizando 21.109.571,82 m² de área, distribuídos em 75 manchas de Cerrado em meio a matriz. Deste total, pouco mais de 60 fragmentos estão concentrados no intervalo de classe que varia entre 100.000,00 e 342.477,33 m². Para o segundo cartograma de 2010 o valor de total de borda volta a crescer, totalizando 259.667,57 m, e a média do comprimento das bordas se mantém estável, 3.462,23 m. Nessa data quase não há alteração do índice de forma médio, este calculado em 1,934. O que sugere que também não houve grandes diferenças na forma dos fragmentos nesse tempo, entre os meses de Junho e Agosto de 2010. Os fragmentos continuam se concentrando no menor intervalo de classe, independentemente do número de fragmentos em cada data. Em agosto de 2010 a maior concentração, 8 fragmentos, foi entre as distâncias de 74 e 258 m. A segunda análise feita para 2010 revelou um novo decréscimo nos valores do índice de área core, 20,76% de área nuclear em relação a toda área dos fragmentos, 4.383.381,77 m² de núcleo em números absolutos. Deste total de 75 *patches*, 16 possuem áreas core disjuntas e 14 não apresentaram núcleos.

A análise do último ano, 2011 (Figuras 42 e 43), reafirma o processo de fragmentação ocorrido em todos estes 28 anos trabalhados e a intensificação das atividades antrópicas na zona rural do município de Jaguariaíva/ PR. Estas últimas duas figuras representam todo o processo de fragmentação, de origem antrópica, ocorrido na paisagem durante os últimos anos e também a distribuição espacial dos fragmentos atuais da área. Assim como as manchas de Cerrado, os reflorestamentos e as áreas dedicadas a agropecuária mantêm relativamente a mesma distribuição.

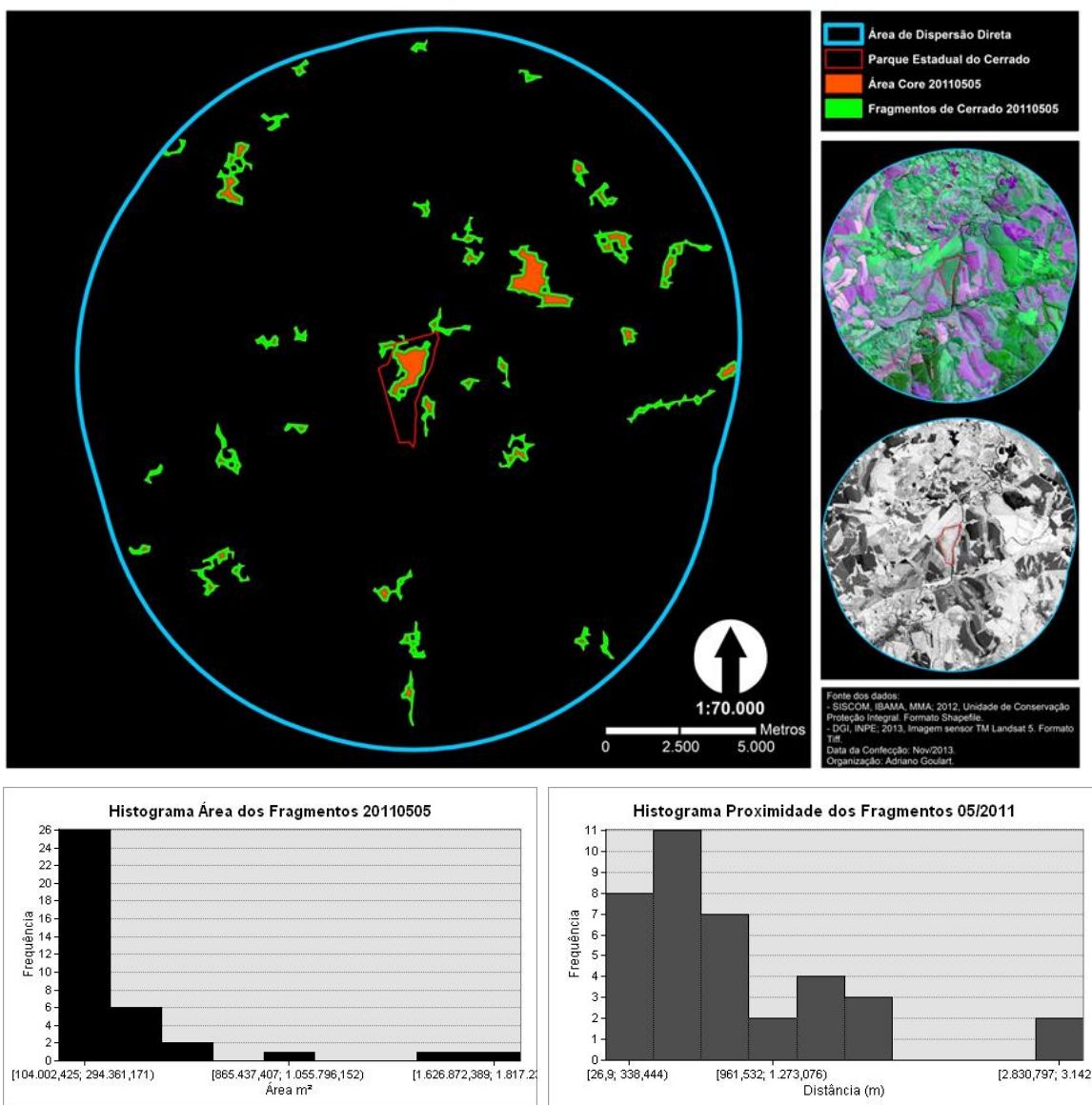


Figura 42: Fragmentos de Cerrado em 05/2011.
 Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

A estabilidade da vegetação na área protegida deu-se há aproximadamente 8 anos, após alguns anos que a Unidade de Conservação já tinha sido decretada, e vem crescentemente se consolidando, de maneira a não sofrer muito com as variações sazonais.

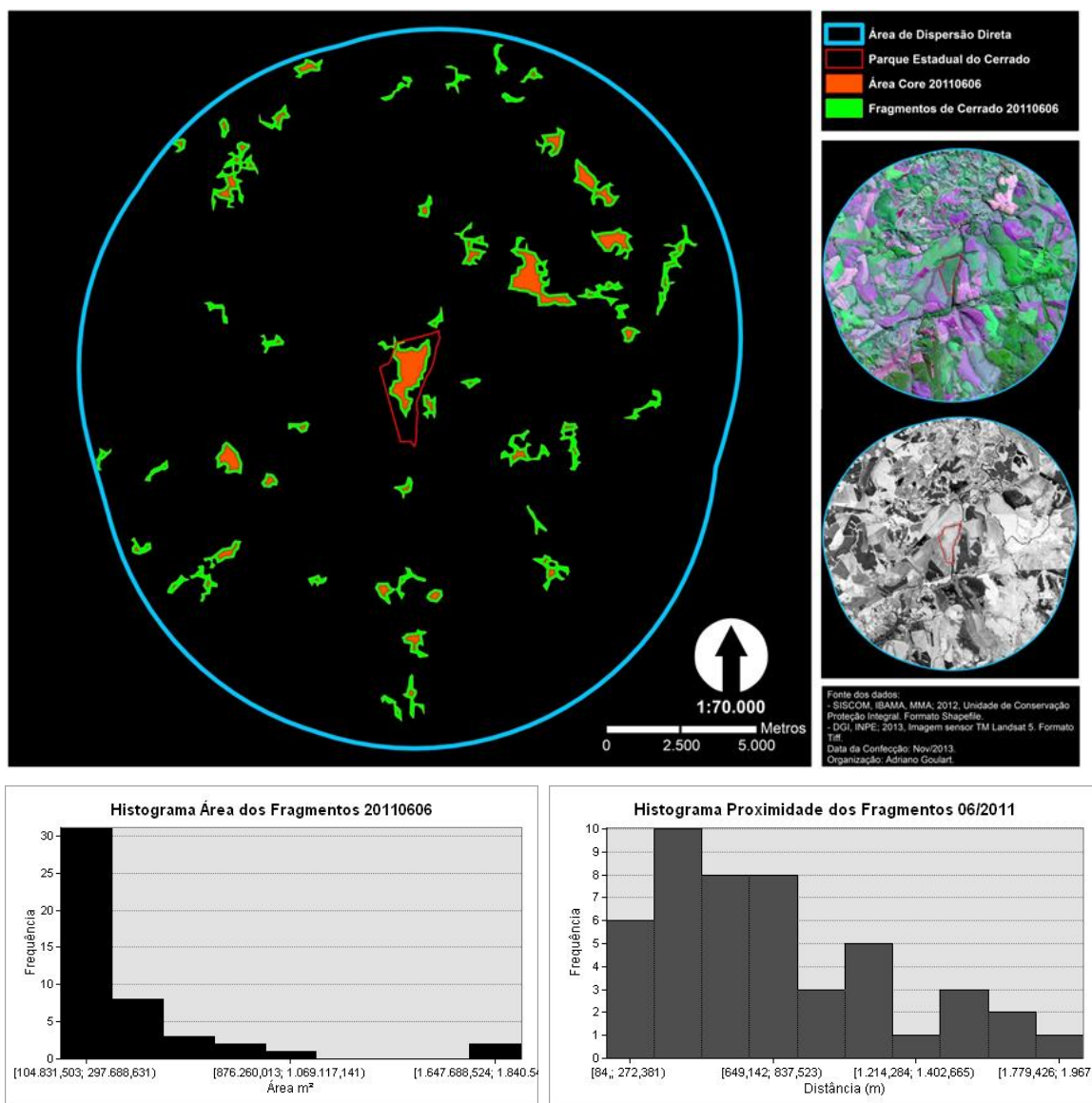


Figura 43: Fragmentos de Cerrado em 06/2011.
 Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

A penúltima análise de área, do mês de maio do ano de 2011, revelou um novo decréscimo significativo de área total de Cerrado, totalizando 11.918.726,94 m². Do total de 37 fragmentos, tem-se 26 concentrados no primeiro intervalo de classe: entre 100.000,00 e 294.361,17 m². Há um pequeno decréscimo no valor total de bordas na primeira data analisada do ano de 2011, totalizando 144.820,95 m. Já a média de comprimento das bordas se mantém em relativa estabilidade, 3.914,08 m. O índice de forma médio dessa data apontou uma maior irregularidade desde o ano de 2010. Sendo que este apresentou um leve acréscimo no seu valor para a primeira data de 2011, calculado em 2,028. A análise da proximidade entre os fragmentos revela uma

maior concentração dos fragmentos em intervalos de classe que sugerem uma distância maior, em relação as outras datas da série. Houve maior frequência no segundo intervalo de classe: 11 fragmentos apresentam distancias de 338 até 649 m, aproximadamente. No ano de 2011, mês de maio, a somatória das áreas core representou um pequeno aumento no valor do índice de área core: 2.568.359,39 m² em valor absoluto, 21,55% de núcleo em relação a toda área dos fragmentos. Destes 37 fragmentos totais dessa data, 15 tem núcleos divididos e apenas 4 não apresentaram núcleos.

A ultima figura apresenta valores de área total de fragmentos de Cerrado ainda baixos, se comparados com os primeiros valores de 1984, por exemplo. Mas em relação ao mês anterior, ultima análise feita, a área total voltou a crescer, totalizando 16.055.283,29 m² em junho de 2011. Nesta data o número de fragmentos identificados foi de 47, sendo que 31 destes tem áreas entre 100.000,00 e 297.688,63 m². O total de bordas para a ultima data de 2011 não revela grandes alterações, como era de se esperar, visto que o tempo entre a primeira e a segunda data de 2011 não foi tão amplo. Sendo assim o total de bordas para a data foi calculado em 185.852,36 m, e a média, que mantém uma estabilidade desde 2004 encerra as análises de borda com o valor de 3.954,31 m. O índice de forma médio para essa data é de 1,968, quase estável, em relação a ultima data. Já a análise do histograma reafirma a tendência observada nas ultimas análises de que os fragmentos estão se tornando cada vez mais distantes, mais isolados. Para essa data há uma maior frequência no segundo intervalo: 10 manchas de Cerrado distam entre si de 272 a 460 m, aproximadamente. A área core total para a segunda análise de 2011 foi de 3.815.611,90 m², o que representa 23,77% da área total dos fragmentos, novamente um acréscimo no valor, ainda que modesto. Do total de 47 fragmentos, 12 possuem áreas core disjuntas e 4 não possuem tais núcleos.

A síntese dos resultados de toda a série pode ser observada através de tabelas e gráficos. A interpretação dos dados, valores e índices através de apresentações gráficas permite ao leitor uma melhor associação de duas ou mais informações quantitativas.

Assim, a primeira variável a ser analisada, e uma das de maior representatividade para a Ecologia da Paisagem: a área dos fragmentos. Partindo da ideia de que cada fragmento florestal de Cerrado na área de

dispersão direta do PEC se comporta, a grosso modo, como uma ilha, devido ao fato de estar circundado por filtros de dispersão (Figura 44), pode-se compreender a relevância das análises de área neste contexto. Segundo Mac Arthur e Wilson (1967) a área de uma ilha é um dos fatores preponderantes para a compreensão do número de espécies que essa pode abrigar, o que pode ser generalizado da seguinte maneira: quanto maior o fragmento, maior será a quantidade de espécies nele presente.



Figura 44: Exemplos de pequenos fragmentos, em primeiro plano, circundados por filtros de dispersão da matriz, nos arredores do Parque Estadual do Cerrado.
Fonte: Arquivo pessoal do autor (05/2013).

Na Tabela 02 estão elucidados os dados de **número de fragmentos**, **área total dos fragmentos** e **tamanho médio dos fragmentos** para cada data analisada.

A partir da referida tabela foi possível a elaboração do Gráfico de Tamanho Médio dos Fragmentos, Figura 45. Na discussão dos resultados optou-se por trabalhar não com os valores totais de área já descritos, mas sim com a média do tamanho dos fragmentos, já que o comportamento dos dados no gráfico da área total e da área média não apresentaram variações significativas entre eles.

Tabela 02: Resultados das métricas da paisagem: número, área total e área média dos fragmentos.

Data	Número de Fragmentos	Área Total dos Fragmentos (m²)	Área Média dos Fragmentos (m²)
1984	89	50.314.361,43	565.329,9037
1985	87	28.507.646,29	327.674,0953
1986	98	37.433.138,4	381.970,8
1987	106	45.525.809,8	429.488,7717
1988	105	48.178.520,52	458.843,0526
1989	97	72.008.301,02	742.353,6188
1990	96	63.611.249,06	662.617,1777
1991	86	89.677.678,86	1.042.763,708
1992	92	68.937.136,33	749.316,6992
1993	100	38.832.167,35	388.321,6735
1995	85	27.770.768,8	326.714,9271
1996	126	41.630.501,9	330.400,8087
1997	104	62.529.083,75	601.241,1899
1999	85	31.899.685,26	375.290,4148
2000	46	15.184.268,25	330.092,788
2001	89	28.372.762,88	318.795,0885
2002	60	22.097.270,05	368.287,8342
2003	105	50.333.891,51	479.370,3953
2004	52	13.144.154,47	252.772,2013
2005	62	18.245.927,65	294.289,1556
2006	95	38.165.736,58	401.744,5956
2007	55	17.033.178,1	309.694,1473
2008	44	12.124.620,41	275.559,5548
2009	80	25.202.470,42	315.030,8803
jun/10	32	9.193.441,54	287.295,0481
ago/10	75	21.109.571,82	281.460,9576
mai/11	37	11.918.726,94	322.127,7551
jun/11	47	16.055.283,29	341.601,7721

Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

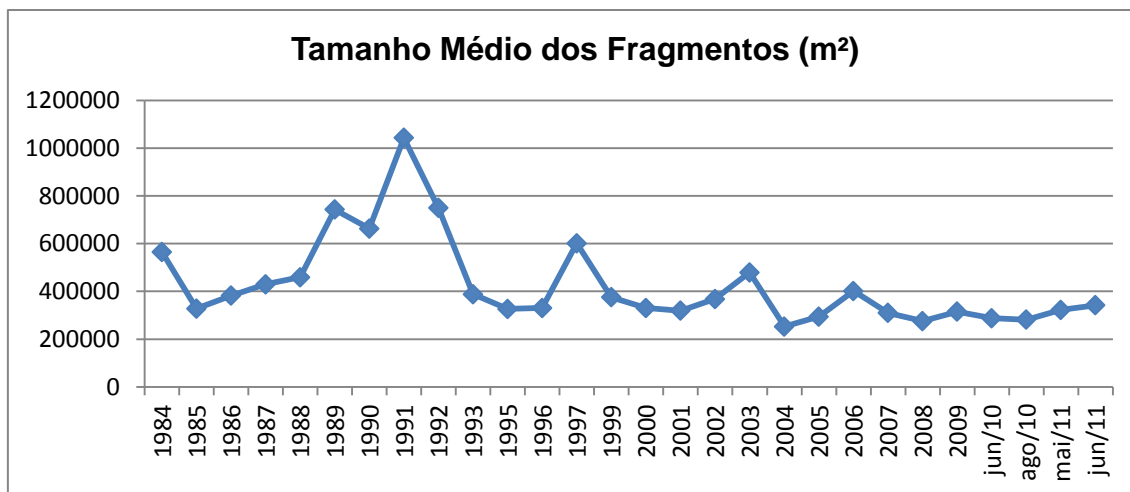


Figura 45: Gráfico linear, construído a partir dos dados de tamanho médio dos fragmentos da Tabela 2.

Nota-se ao longo da série um comportamento cíclico de retração e expansão da área dos fragmentos. Os valores máximos de elevação podem ser observados anos de 1991, 1997, 2003 e 2006 e os seus respectivos mínimos nos anos de 1985, 1996, 2001 e 2004. No ano de 1991 tem-se os maiores tamanhos médios, o que significa que neste ano os fragmentos puderam comportar o maior número de espécies de toda a série. Porém uma análise mais detalhada sobre a ecologia do Cerrado indica que a variação de biomassa dessa formação vegetal é um ciclo natural, em que, sem a interferência antrópica, durante a estação das chuvas a vegetação de gramíneas se desenvolve intensamente, acumulando biomassa que logo no começo da estação chuvosa servirá como combustível para as frequentes queimadas ocasionadas por raios (COUTINHO, 2000). Este ciclo natural da biomassa e do fogo, essenciais para a Ecologia do Cerrado, pode mascarar parte dos resultados de expansão e retração da área dos fragmentos.

Mas a análise de toda a série temporal permite a visualização de um grande decréscimo nos valores médios de tamanho dos fragmentos, ou seja, um ciclo que no começo da série apresentava grandes variações em um tempo mais extenso pode ser observado no fim da série com pequena variação na área média e em um curto intervalo temporal. Essa tendência, expressa no gráfico, permite inferir que o tamanho dos fragmentos está diminuindo e conseqüentemente haveria um decréscimo do número de espécies nestes fragmentos.

Se a discussão destes resultados se prender mais à autecologia em detrimento da sinecologia (SIMBERLOFF e ABELE, 1976) a análise da área torna-se ainda mais complexa. As especificidades de cada uma das espécies componentes dos fragmentos devem ser consideradas na avaliação do tamanho dos fragmentos, pois a população mínima viável para cada espécie varia (SHAFFER, 1981), o que resulta em taxas de relaxamento diferentes (DIAMOND 1972). Porém não foi possível analisar o equilíbrio interno dos fragmentos, devido ao fato de o recorte temporal de 28 anos não ser tão extenso para o estudo do isolamento dos fragmentos e como se dá o seu segundo equilíbrio (DIAMOND 1972). O mesmo ocorre no processo de *turnover* de espécies, em que deve ser dada maior atenção a autecologia das espécies componentes do fragmento, mas que não foi passível de análise pela falta de levantamento de tais espécies. Outro fator, relacionado à autecologia, que interfere na distribuição das espécies e que nessa dissertação não foi possível avaliar é a presença de *habitats* de reprodução (ZIMMERMAN E SIMBERLOFF, 1996), o que tornaria a discussão da área em relação ao número de espécies muito mais complexa e detalhada.

Ainda na discussão da relevância da autecologia, vale a ressalva que algumas espécies ou não possuem restrições para circular por entre determinados filtros ou são impelidas a se dispersar em busca de novos nichos (Figura 46), devido a retirada do seu *habitat* natural ou competição intra ou interespecífica. Assim, nota-se que a ecologia da paisagem acaba por privilegiar a sinecologia, pois os comportamentos das espécies, assim como a cadeia trófica que estes estão inseridos é generalizada.



Figura 46: Registros de dispersão de espécimes da fauna nativa por entre áreas de matriz, nos arredores do Parque Estadual do Cerrado.
Fonte: Arquivo pessoal do autor (05/2013).

Outro ponto a ser discutido em toda a série é a “geometria estrutural das espécies” (MAC ARTHUR e WILSON, 1967, p.185) representada aqui pelo índice de forma médio calculado para cada data trabalhada. Segundo o debate “*Single Large Or Several Small*” sobre design das áreas de proteção (DIAMOND 1975), a melhor forma de abrigar um *patch* com a mínima interferência da matriz seria a forma circular, com índice fixado em 1,0 segundo a metodologia dessa dissertação. Em contrapartida, quanto mais irregular a forma, maior será o impacto de borda e conseqüentemente maior a interferência da matriz e maior o índice de forma médio. Na Tabela 03 estão apresentados o **índice de forma médio** para cada data analisada. A partir da referida tabela foi possível a elaboração do Gráfico de Índice de Forma Médio, Figura 47.

Tabela 03: Resultados das métricas da paisagem para o Índice de Forma Médio.

Ano	Índice de Forma Médio
1984	2,397
1985	2,198
1986	2,169
1987	2,24
1988	2,236
1989	2,434
1990	2,388
1991	2,6
1992	2,498
1993	2,188
1995	2,107
1996	2,091
1997	2,349
1999	2,111
2000	2,022
2001	2,128
2002	2,1
2003	2,205
2004	1,907
2005	2,097
2006	1,862
2007	2,042
2008	1,902
2009	2,046
jun/10	1,879
ago/10	1,934
mai/11	2,028
jun/11	1,968

Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

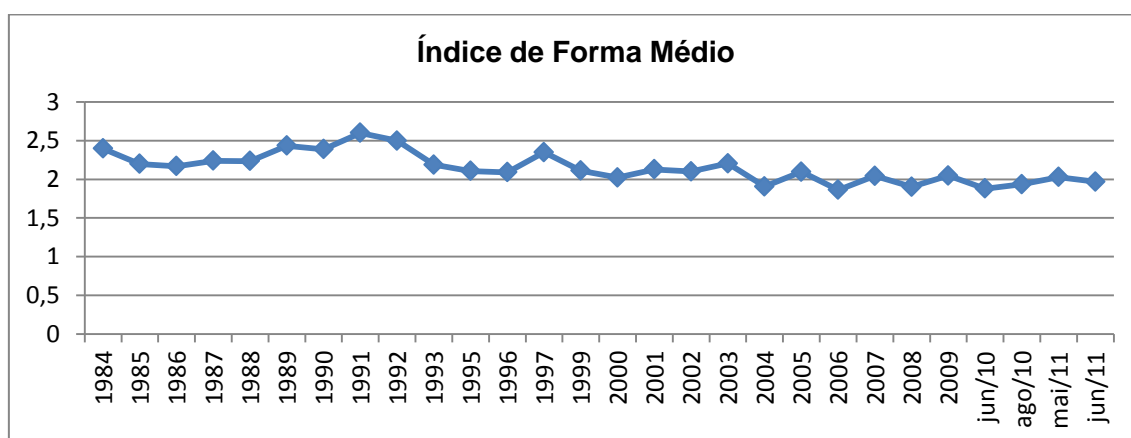


Figura 47: Gráfico linear, construído a partir dos dados de índice de forma médio da Tabela 3.

Nota-se uma pequena correlação do índice de forma médio com a área total dos fragmentos. Nos anos em que a área dos fragmentos passa por um acréscimo significativo há um aumento no índice de forma médio, o que significa que o aumento de área produz fragmentos mais irregulares. Já nos últimos anos da análise pode ser observado o contrário, pois nessas datas, em que foram registrados os menores valores do índice de forma médio, há uma redução do total de área. Portanto a área total dos fragmentos se mostrou diretamente proporcional ao índice de forma médio, segundo os dados levantados nessa dissertação. Contudo, o aumento do índice de forma médio é prejudicial para a manutenção dos fragmentos.

Os dados relativos à borda foram analisados segundo a Média do Comprimento de Borda para cada data. Como evidenciado por Bierregaard e Lovejoy (1992), a fragmentação dos *habitats* possui estreita relação com o aumento do comprimento total das bordas, devido ao aumento da área de contato de cada fragmento com a matriz (Figura 48). Na Tabela 04 estão expostos os comprimentos **totais de borda** e as **médias de comprimento de borda** para cada data analisada.



Figura 48: Espécimes mais vulneráveis à ação de vetores, constatação do efeito de borda nos limites do Parque Estadual do Cerrado.

Fonte: Arquivo pessoal do autor (05/2013).

A partir da referida tabela foi possível a elaboração do gráfico de Média de Comprimento de Bordas, Figura 49. Assim como na discussão dos resultados de forma, na análise do comprimento das bordas optou-se por trabalhar não com os valores totais de bordas já descritos, mas com a média do comprimento das bordas dos fragmentos, devido ao fato do comportamento dos dados no gráfico de total de bordas e de média do comprimento das bordas não apresentarem grandes variações entre eles.

Tabela 04: Resultados das métricas da paisagem para o total de bordas e média do comprimento de bordas.

Ano	Total de Bordas	Média Comprimento de Bordas
1984	578.222,04	6.496,88
1985	374.798,18	4.308,03
1986	468.972,69	4.785,44
1987	549.177,75	5.180,92
1988	553.380,33	5.270,29
1989	713.094,52	7.351,49
1990	671.290,29	6.992,61
1991	847.127,4	9.850,32
1992	729.408,97	7.928,36
1993	484.977,42	4.849,77
1995	355.703,81	4.184,75
1996	529.804,99	4.204,8
1997	672.052,7	6.462,05
1999	372.299,42	4.379,99
2000	171.717,93	3.733
2001	369.660,03	4.153,48
2002	253.692,68	4.228,21
2003	565.521,55	5.385,92
2004	169.478,32	3.259,2
2005	238.305,43	3.843,64
2006	389.866,31	4.103,86
2007	213.668,84	3.884,89
2008	145.853,77	3.314,86
2009	315.246,09	3.940,58
jun/10	107.515,25	3.359,85
ago/10	259.667,57	3.462,23
mai/11	144.820,95	3.914,08
jun/11	185.852,36	3.954,31

Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

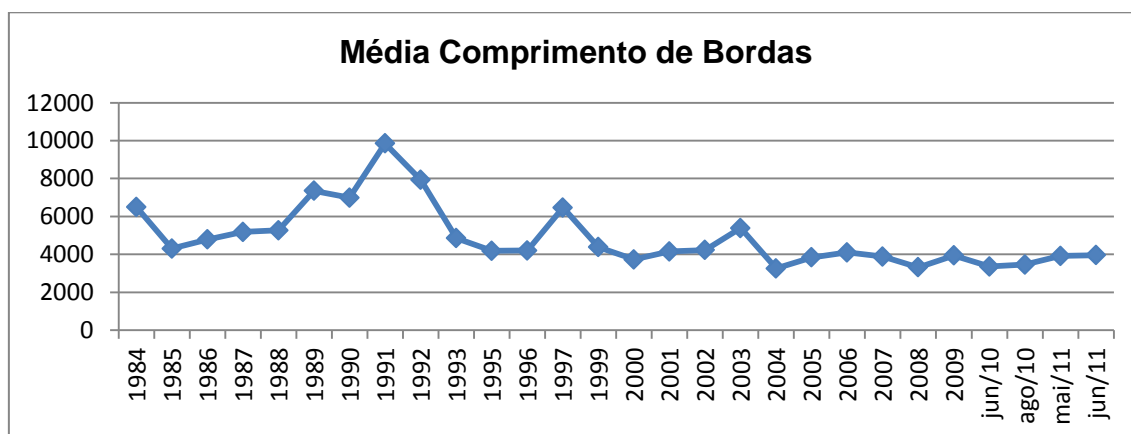


Figura 49: Gráfico linear, construído a partir dos dados de média de comprimento de bordas da Tabela 04.

Os valores de média de comprimento de bordas, assim como o índice de forma médio, se mostraram diretamente proporcionais à área dos fragmentos. Porém, assim como na análise da forma, os valores de comprimento de borda mais baixos são os mais relevantes para a conservação. Assim, nota-se que a estabilidade na média do comprimento de bordas e no índice de forma médio não é resultado de práticas conservacionistas que tentam mitigar a interferência da matriz nos fragmentos, mas sim da redução da área total de fragmentos que acaba por reduzir os valores desses dois pontos de análise.

Seguindo a discussão dos resultados, o próximo ponto de análise é a área core, ou área nuclear dos fragmentos. A quantificação dos resultados de borda é tão relevante quanto à dos resultados de área core, pois dentro de um único fragmento pode-se encontrar diversas áreas nucleares, conforme sua forma³⁷ (Figura 50).



Figura 50: Exemplo da estrutura da vegetação na área nuclear do Parque Estadual do Cerrado. Fonte: Arquivo pessoal do autor (05/2013).

Na Tabela 05 estão exibidos os valores de **Área Core Total** dos fragmentos, para cada data analisada. A partir desta tabela foi possível a construção do gráfico de **Área Core Total**, Figura 51.

³⁷ “As disjunções são as distribuições nas quais organismos intimamente relacionados vivem em áreas amplamente separadas entre si.” (BROWN e LOMOLINO, 2006, p. 320)

Tabela 05: Resultados das métricas da paisagem para o total de área core dos fragmentos por ano.

Ano	Área Core Total (m ²)
1984	10.792.704,66
1985	4.990.585,12
1986	6.504.479,98
1987	8.763.517,25
1988	10.676.974,36
1989	22.126.861,07
1990	16.921.721,61
1991	27.671.665,75
1992	17.284.016,76
1993	7.214.598,64
1995	4.931.402,36
1996	7.427.817,18
1997	16.029.134,22
1999	7.456.086
2000	4.120.563,22
2001	5.254.300,95
2002	5.786.204,8
2003	11.722.079,88
2004	2.348.597,12
2005	3.550.247,46
2006	10.757.320,55
2007	3.242.148,14
2008	2.794.580,82
2009	4.986.866,69
jun/10	2.204.283,01
ago/10	4.383.381,77
mai/11	2.568.359,39
jun/11	3.815.611,9

Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

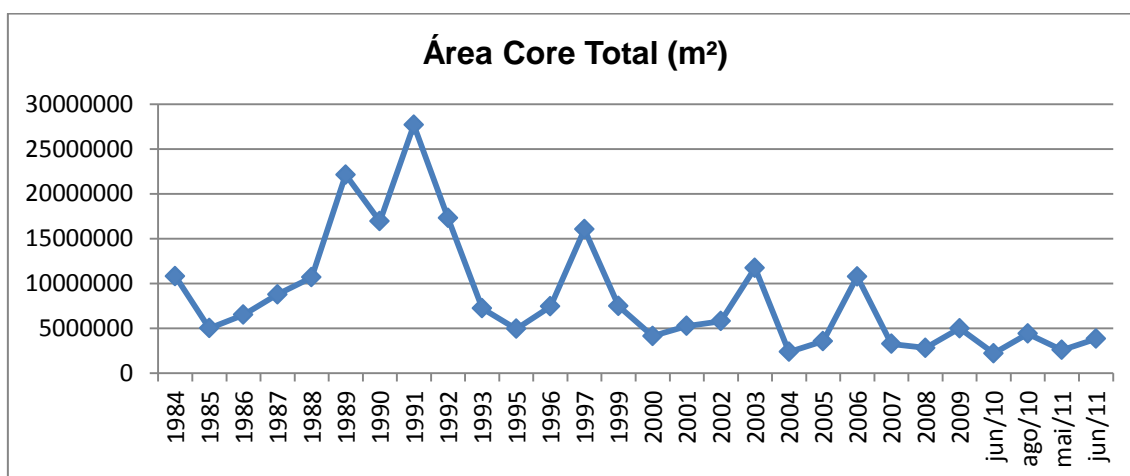


Figura 51: Gráfico linear, construído a partir dos dados de área core total (m²) da Tabela 05.

A análise dos números de área nuclear revela um comportamento dos dados muito similar aos de área total do fragmento. Assim como o relatado para o comprimento de borda e para a forma dos fragmentos, os dados de área nuclear sobem e/ou decrescem, nos mesmos anos em que há uma expansão e/ou retração da área total dos fragmentos. Porém, no caso da área core os maiores valores são os mais relevantes para as práticas conservacionistas, diferente da borda e do índice de forma.

Em caráter qualitativo, uma observação sobre área core merece ser feita em relação às variações abruptas dessa de uma data em relação a sua posterior. Esta variação quando positiva, como do ano de 1988 para 1989, pode esconder um dado importante, pois mesmo que a área dos fragmentos cresça e que esses consigam abrigar maiores áreas internas sem a interferência direta da matriz não significa que a área considerada como núcleo tenha uma complexidade ecológica de um núcleo. Um núcleo pressupõe uma estabilidade e uma complexidade do ecossistema que, no caso do Cerrado, demora alguns anos sem interferência para se consolidar como tal.

O levantamento dos dados da distância entre o fragmento e seu vizinho mais próximo, ou a proximidade entre os fragmentos, é o próximo ponto a ser analisado nas métricas da paisagem de toda a série. Para Mac Arthur e Wilson (1967) não só o tamanho de uma ilha é o responsável pelo número de espécies ali presentes, os autores da teoria de biogeografia de ilhas consideraram também o isolamento da ilha, ou a distância desta em relação a outras ilhas ou em relação ao continente. O *turnover* das espécies (MAC ARTHUR e WILSON, 1967) pressupõe a imigração e emigração de espécimes entre as áreas fonte e áreas insulares.

A Tabela 06 exhibe os valores de **Proximidade Média** dos fragmentos, para cada data analisada. A partir desta tabela foi possível a construção do gráfico de **Proximidade Média**, Figura 52.

Tabela 06: Resultados das métricas da paisagem para a média da distância entre os fragmentos e seu(s) vizinho(s) mais próximo(s), por data analisada.

Ano	Proximidade Média
1984	333,695984
1985	360,662912
1986	357,088015
1987	301,286555
1988	279,097253
1989	266,151535
1990	265,668531
1991	237,314794
1992	228,088166
1993	374,634342
1995	354,065831
1996	310,719162
1997	253,681804
1999	418,28579
2000	925,006175
2001	438,775551
2002	668,927919
2003	268,583431
2004	670,583387
2005	539,188389
2006	411,896084
2007	481,723796
2008	815,555592
2009	456,208623
jun/10	1052,695161
ago/10	553,503824
mai/11	839,175514
jun/11	738,403666

Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

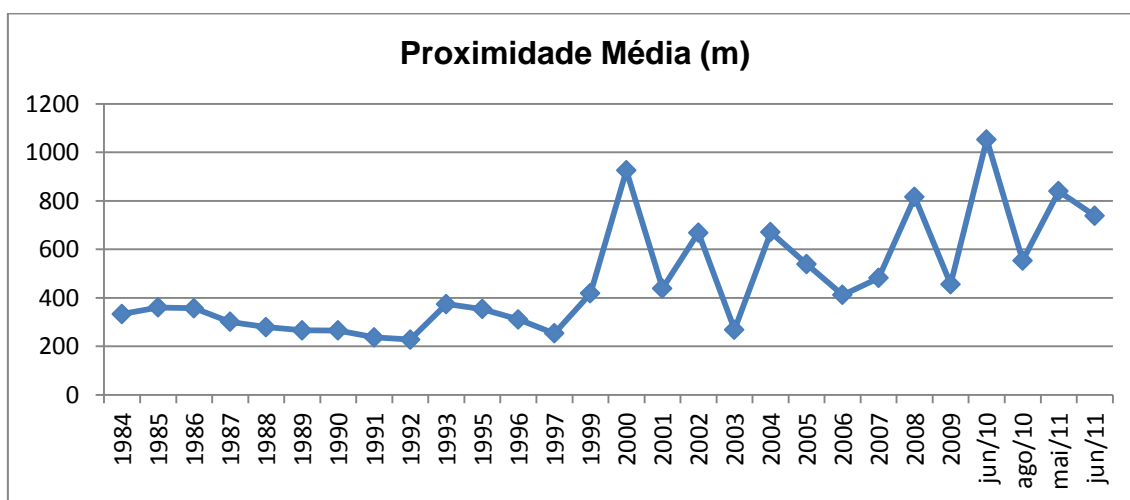


Figura 52: Gráfico linear, construído a partir dos dados de proximidade média (m) da Tabela 06.

Ao observar a distribuição dos dados no gráfico linear nota-se uma constante nos primeiros anos da série, com a média da proximidade entre os fragmentos variando entre aproximadamente 200 e 400 metros, durante o intervalo de 1984 até 1999. Após o ano de 2000 a média torna-se instável, comportamento este que pode ser explicado pela maior fragmentação da área. Os valores de proximidade média mostraram uma pequena relação inversamente proporcional ao tamanho total dos fragmentos. Caso os fragmentos não variassem espacialmente, ano após ano, poderia se esperar uma relação inversamente proporcional evidente entre área e proximidade, quanto mais os fragmentos perdem em área maior será a distância entre eles. Porém os resultados gerados mostram que esta tendência não é tão clara, pois apesar da diminuição da área total alguns fragmentos encontram-se adensados em alguns pontos da matriz, o que abaixa a média de proximidade entre eles.

A análise dos números de distância entre os fragmentos de cada data, revela uma distribuição concentrada nos primeiros intervalos de classe dos histogramas de proximidade, o que demonstra que a dispersão pode ocorrer entre estes fragmentos que estão pouco distantes uns dos outros. Nesse caso, os fragmentos se comportam não como corredores ecológicos, mas como trampolins de dispersão, facilitando o fluxo de algumas espécies em meio ao filtro de dispersão que é representado nesse estudo pela matriz. Esses fragmentos mais próximos são os que podem ser observados ao longo das áreas de vertentes e próximos das drenagens, porém como estas áreas deveriam ser de preservação permanente o esperado era que se comportassem como verdadeiros corredores ecológicos.

Se a distância entre os fragmentos está relacionada com a capacidade de dispersão e com o fluxo dos espécimes entre os *patches*, deve-se compreender que o fator genético torna-se fundamental na análise da proximidade. Quanto mais distante o fragmento, menores as chances de colonização, o que agrava as consequências do efeito fundador (MAYR, 1942). Este quadro de aumento das distâncias pode ser observado nos últimos anos da série, em que a fragmentação aumentou e causou o maior distanciamento entre os remanescentes de Cerrado.

A apreciação das métricas da paisagem e dos aspectos qualitativos observados revelam um inegável quadro de fragmentação da vegetação de Cerrado no entorno da Unidade de Conservação. As consequências da perda de área e das variações de comprimento de borda e de forma, além do aumento da distância entre os fragmentos revelam um contexto alarmante, onde é possível notar um cenário propício para a degradação dos ecossistemas. Todos os fatores contribuem para o aumento das taxas de extinção local, em detrimento da especiação e emigração, empobrecendo o ecossistema.

4.3.2. EVOLUÇÃO DA PAISAGEM DE 1984 À 2011 NO PARQUE ESTADUAL DO CERRADO E SEU ENTORNO IMEDIATO.

Outro resultado gerado nessa dissertação foram os cartogramas de interseção de duas datas. A análise destas figuras permite uma melhor visualização e interpretação da evolução da paisagem, além de possibilitar a compreensão das variações espaciais, dos fragmentos e da matriz, entre as datas analisadas (Tempo1 X Tempo2).

O primeiro resultado é o cartograma de interseção entre 1984 e 1985 (Figura 53), o primeiro da série temporal aqui analisada. Segundo a metodologia, arquivo *raster* do ano de 1984 apresentou 55.853 pixels identificados como Cerrado. Já no arquivo de 1985 o número de pixels diminuiu consideravelmente, o que poderia ser comprovado visualmente, 31.546 pixels classificados como formação vegetal de Cerrado. Na interseção entre as duas datas, foram identificados 22.980 pixels que se sobrepuseram nos respectivos anos. Algumas extensões de interseção relevantes para discussão da conservação na área podem ser identificadas logo neste primeiro cartograma, como a vegetação presente no local que viria a ser o PEC e o fragmento localizado a aproximadamente 2 km a nordeste da futura Unidade de Conservação.

Neste segundo cartograma (Figura 53) pode-se analisar a evolução da paisagem entre os anos de 1985 e 1986. No cartograma de 1985 foram identificados, como já dito anteriormente, 31.546 pixels de Cerrado. Para o cartograma de 1986 o número total de pixels de Cerrado foi maior do que seu ano posterior, 41.497 pixels, conforme classificação explanada na metodologia.

A soma das *rasters* dos dois anos permitiu a sobreposição de 18.682 pixels, sendo estes identificados como pixels de interseção. As manchas de Cerrado mais significativas continuam persistindo próximas à área que irá se tornar protegida, o que demonstra uma pequena estabilidade até este ponto da série temporal.

O próximo cartograma foi feito a partir das *rasters* de 1986 e 1987 (Figura 53). Como já referido, no primeiro ano da análise 1986, Tempo 1, foram classificados 41497 pixels de Cerrado ao todo. No Tempo 2 da análise desse próximo cartograma, 1987, foram identificados 50.570 pixels, altos valores na contagem dos pixels de toda série, o que se justifica pelo aumento da área dos fragmentos nesses anos. A interseção entre esses dois anos resultou na soma de 25.745 pixels, maior valor de pixels de interseção entre estes 3 primeiros cartogramas analisados, o que significa que a área de Cerrado, além de estar se expandindo também está conseguindo persistir nas mesmas localidades.

O quarto cartograma analisado é o da interseção entre os subsequentes anos, 1987 e 1988 (Figura 53). Para o ano de 1987, como mencionado anteriormente, foram identificados 50.570 pixels. Já no ano de 1988 o número de pixels classificados segundo a metodologia, 53.489, continua crescendo. Tal crescente foi evidenciada na somatória das duas *rasters* envolvidas no processo de elaboração do cartograma, em que pode-se observar que 27.342 pixels foram sobrepostos, indicando novo maior valor da série. As manchas de Cerrado, segundo os números, continuam a crescer e se mantêm relativamente estáveis até esta data da análise.

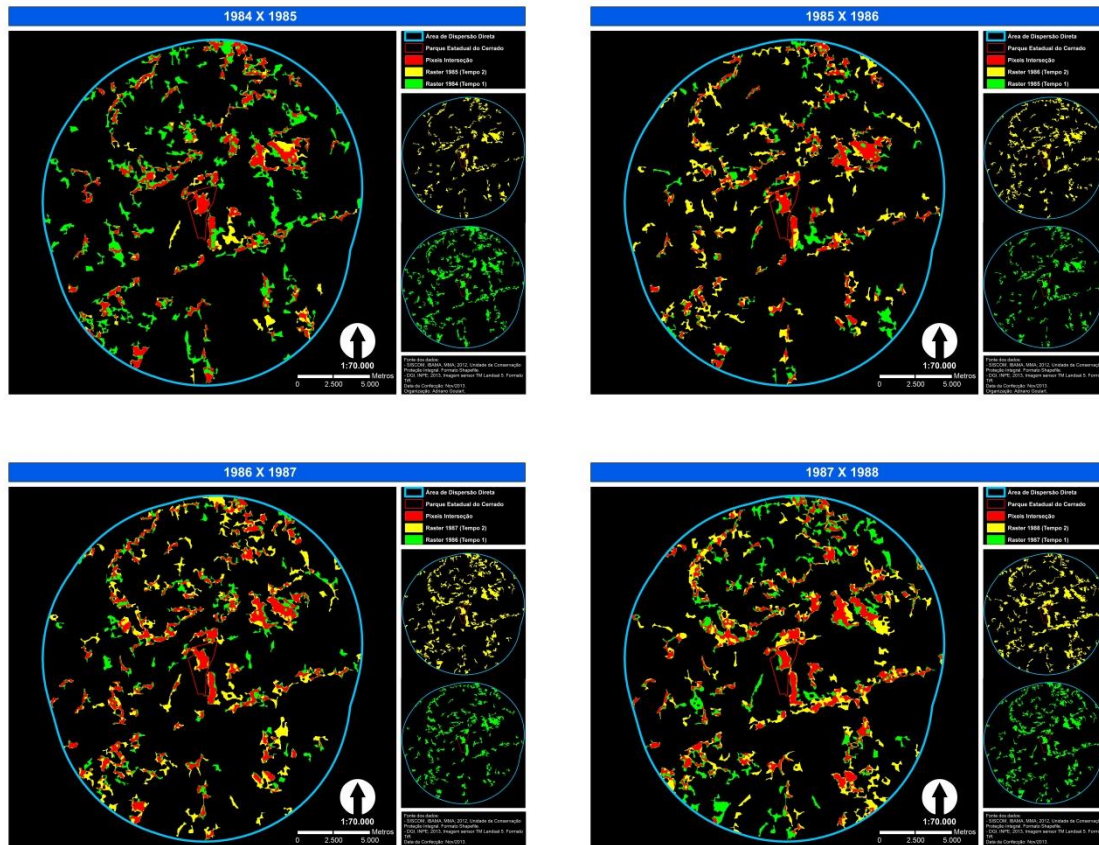


Figura 53: Cartogramas de interseção de pixels Ano x Ano: 1984x1985; 1985x1986; 1986x1987; 1987x1988.

Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

O próximo cartograma se refere à interseção dos fragmentos de Cerrado nos anos de 1988 e 1989 (Figura 54). Como já citado, no ano de 1988 foram identificados um total de 53.489 pixels de Cerrado. No ano posterior, 1989, há um significativo aumento na identificação e conseqüentemente na contagem total dos pixels, chegando a 79.912. Com a matemática de bandas foi possível calcular o número total desses pixels de cada data que se sobrepõem, calculados em 34.581. Esse valor alto na contagem dos pixels de interseção evidencia um crescimento que pode ser observado desde os primeiros quatro cartogramas, além de uma estabilidade nas manchas que estão persistindo ano após ano.

O sexto cartograma teve como entrada as duas *rasters* das datas que seguiram a sequência da série temporal, 1989 e 1990 (Figura 54). No Tempo 1, foram identificados pelos procedimentos metodológicos 79.912 pixels, como já visto. No ano de 1990 a contagem dos pixels continua alta, 70.739 pixels. Estes

dois anos analisados nesse cartograma de interseção possuem muitos pixels identificados como Cerrado, o que fez com que o resultado da matemática de bandas seja igualmente alto, visto que os pixels foram recorrentes nos mesmos locais. A contagem dos pixels de interseção foi de 44.376, para os anos de 1989 e 1990. O máximo valor na contagem dos pixels de interseção demonstra ainda maior estabilidade nessas áreas de Cerrado durante os anos da análise.

O cartograma subsequente é da relação entre os anos de 1990 e 1991 (Figura 54), pouco antes da criação da Unidade de Conservação. No Tempo 1, 1990, já foi mencionada a quantidade de pixels contados, 70.739 pixels. No Tempo 2 o número de pixels sobe ainda mais, atingindo um total de 99.295 pixels classificados como Cerrado. Os altos valores da interseção entre estas duas *rasters*, 55.487 pixels, nos mostra não só uma estabilidade dos fragmentos, em sua distribuição espacial, mas também uma ainda crescente expansão da área total de Cerrado.

O próximo cartograma de interseção é relevante para a análise de toda a série, pois no cartograma da interseção dos anos de 1991 e 1992 (Figura 54) tem-se os maiores valores, na contagem dos pixels, de toda a série, o que foi interpretado como um estágio máximo de expansão e estabilidade dos fragmentos, comportamento similar a um clímax, porém em um quadro de grande fragmentação. A contagem de pixels do ano de 1991, já citada, foi de 99.295. No Tempo 2, 1992, a contagem foi de 76.271 pixels, identificados pelos procedimentos metodológicos. Portanto, o número de pixels sobrepostos atingiu, nesta comparação de datas, 59.242 pixels de interseção.

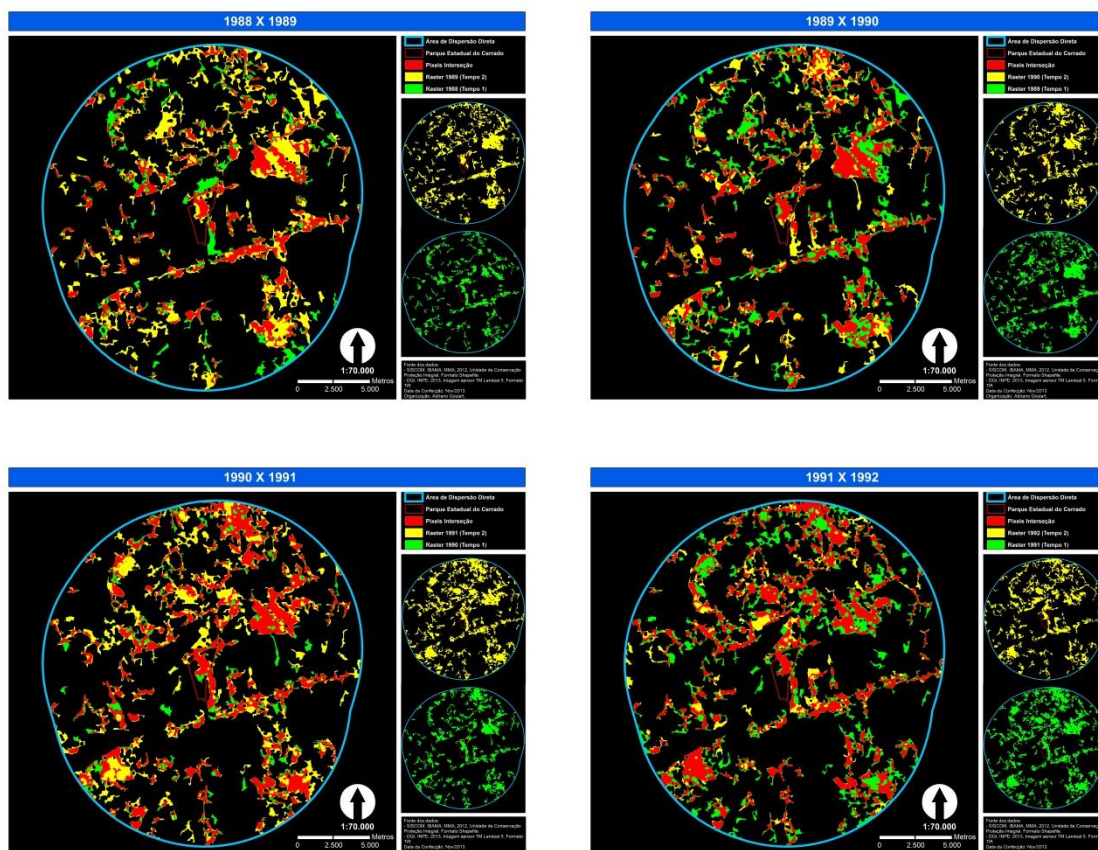


Figura 54: Cartogramas de interseção de pixels Ano x Ano: 1988x1989; 1989x1990; 1990x1991; 1991x1992.

Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

O próximo cartograma de interseção foi feito a partir dos arquivos *raster* dos anos que seguiram a análise, 1992 e 1993 (Figura 55). A contagem de pixels no ano de 1992, já revelada, foi de 76.271 pixels. Já no ano seguinte o número total de pixels contados que foram identificados pelas técnicas descritas nos procedimentos metodológicos foi menor, 43.158 pixels. A soma dos dois *rasters* permitiu a sobreposição de 32.720 pixels, valor que apesar de não ser o mais baixo da série teve significativo decréscimo, o que representou a maior variação entre datas até o momento analisado, seja esta positiva ou negativa.

O décimo cartograma de interseção foi feito com o cruzamento das *rasters* dos anos de 1993 e 1995 (Figura 55), visto que no ano de 1994 não foi possível gerar o cartograma de fragmentos, conforme a metodologia já expos. Como já mencionado, no ano de 1993 o total de pixels foi de 43.158. No Tempo 2, 1995, foi contado um valor ainda menor, 30.882 pixels, o que

demonstra um recuo de área, uma retração. A análise da interseção destas duas datas revela uma tendência de decréscimo que está ocorrendo nessas áreas de Cerrado, sendo que o número de pixels de interseção continua caindo: 16.560 pixels intercedem nas *rasters* de 1993 e 1995. Apesar da distribuição espacial dos fragmentos parecer seguir um padrão, distribuídos predominantemente nas proximidades das drenagens e sobre os relevos mais ondulados, houve nova redução na quantidade de pixels de interseção. Essa redução na persistência dos fragmentos sugere um ciclo que reafirma o clímax atingido entre 1991 e 1992.

O cartograma de interseção dos anos de 1995 e 1996 (Figura 55) é o décimo primeiro da análise data por data. A contagem dos pixels do Tempo 1 para este cartograma já foi citada anteriormente, 30.882 pixels. No Tempo 2, 1996, foram computados um total de 46.067 pixels, valor este que volta a subir. Na interseção entre estas duas datas foram contados 15.517 pixels, um valor pouco abaixo da última análise. Esta estabilidade revela um limiar mínimo deste ciclo de alternâncias do Cerrado na área, pois ainda que estável este valor total de pixels de interseção é o mais baixo da série até esta data analisada.

O décimo segundo cartograma de interseção faz referência aos anos de 1996 e 1997 (Figura 55). O número total de pixels identificados como Cerrado segundo a metodologia para o ano de 1996 já foi mencionado, 46.067 pixels. No Tempo 2, 1997, o número total de pixels volta a subir, sendo computados 69.498 pixels de Cerrado. O número de interseções entre os pixels também volta a subir, influenciado pelo aumento dos pixels no Tempo 2: 25.411 pixels de interseção entre os Tempos 1 e 2. A sequência dos dados confirma a tendência de que a expansão e a persistência dos fragmentos estão atreladas a um ciclo.

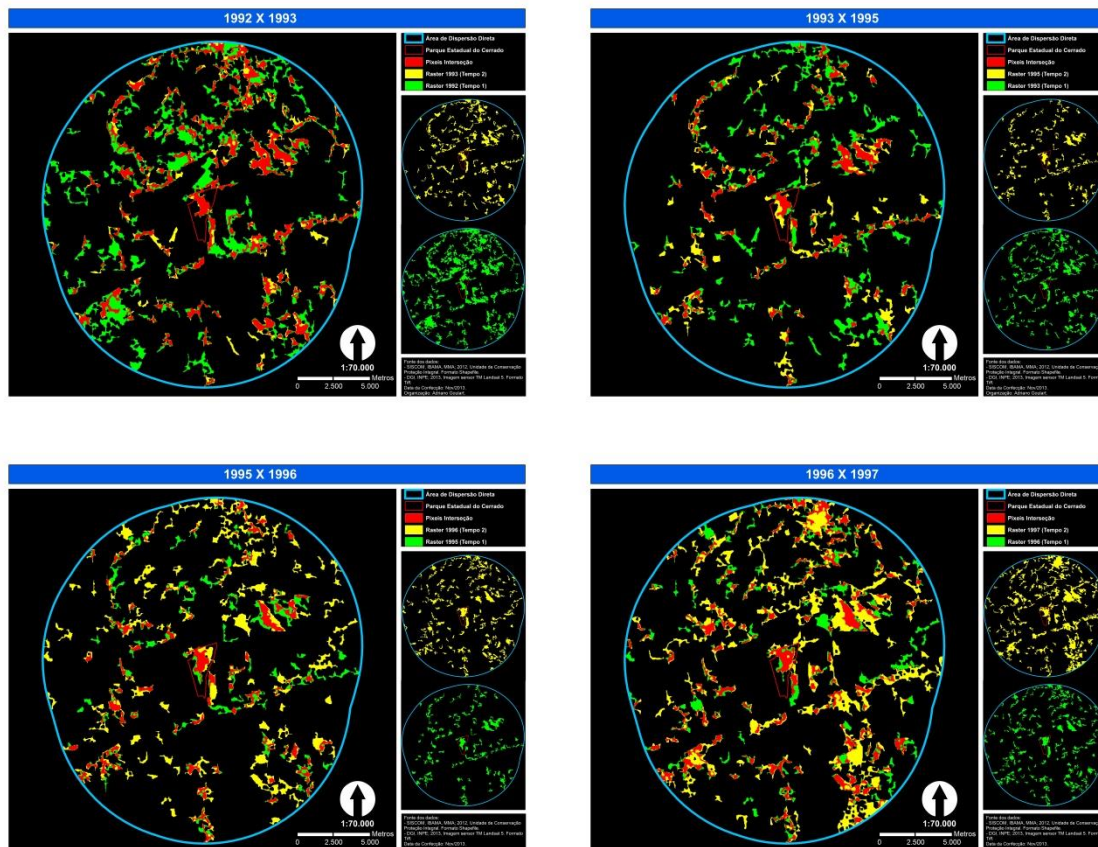


Figura 55: Cartogramas de interseção de pixels Ano x Ano: 1992x1993; 1993x1995; 1995x1996; 1996x1997.

Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

A partir das *rasters* dos anos de 1997 e 1999 fez-se o próximo cartograma de interseção dos pixels (Figura 56), o décimo terceiro. A contagem dos pixels identificados do ano de 1997 já foi mencionada na análise anterior: 69.498 pixels. Já a contagem dos pixels do Tempo 2, 1999, computou um número bem menor: 35.394 pixels. Assim, na interseção entre as duas datas o número de pixels de interseção foi pouco acima em relação à última análise, 26.098 pixels de interseção foram calculados por matemática de banda entre 1997 e 1999. Vale a ressalva que a contagem dos pixels não voltará a exceder os 20.000 pixels dessas datas até o fim da série temporal.

O décimo quarto cartograma é a interseção entre os anos de 1999 e 2000 (Figura 56). No ano Tempo 1, 1999, foram contados 35.394 pixels, como já visto. E no ano de 2000 a contagem dos pixels decresce ainda mais, chegando a 16.830 pixels identificados para tal ano. O resultado da interseção entre estes dois anos supracitados foi o número mais baixo de toda a análise

desde 1995 e 1996, sendo computados apenas 11.923 pixels em comum nas duas *rasters*.

A evolução da paisagem entre os anos de 2000 e 2001 pode ser analisada no décimo quinto cartograma (Figura 56). No cartograma de 2000, como já visto, foram identificados 16.830 pixels no total de Cerrado. Para o cartograma de 2001 o número total de pixels de Cerrado foi muito ao seu ano posterior, 31.536 pixels. A soma das *rasters* dos dois anos sobrepôs 10.301 pixels, sendo estes identificados como pixels de interseção. É importante notar que os números de pixels de interseção se mantem relativamente estáveis, sem grandes variações desde o décimo quinto cartograma até o fim das análises. Outro ponto relevante é a drástica diminuição de área do fragmento de maior significância, localizado a nordeste do PEC, que não voltará a ser identificado como uma área continua de Cerrado desse cartograma até o fim da análise.

O próximo cartograma analisado é o resultado da matemática de bandas entre os anos de 2001 e 2002 (Figura 56). No ano do Tempo 1 foram contados 31.536 pixels, como visto acima. Porém no ano de 2002 o número de pixels foi menor: 24.545 pixels. A interseção entre essas duas datas resultou em um pequeno aumento nos valores de pixels de interseção se comparados com os da última análise, foram 12.244 pixels em comum nos anos de 2001 e 2002.

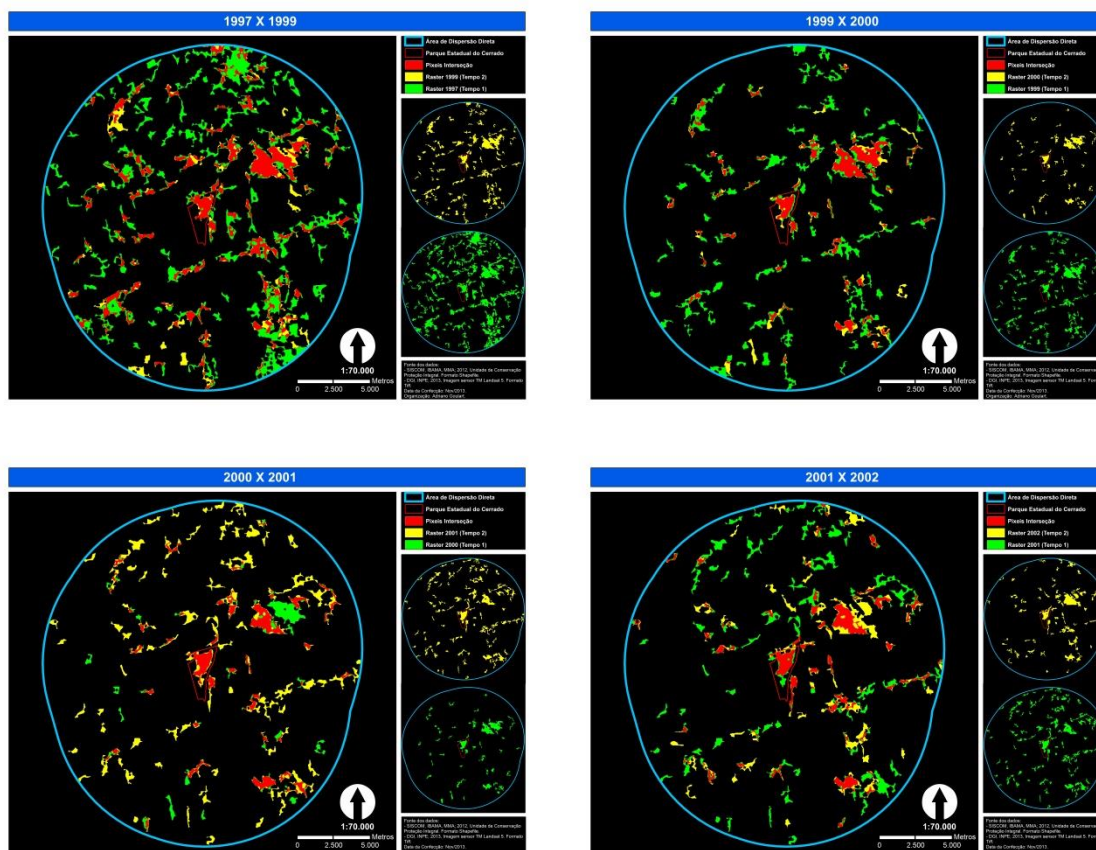


Figura 56: Cartogramas de interseção de pixels Ano x Ano: 1997x1999; 1999x2000; 2000x2001; 2001x2002.

Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

O cartograma do ano de 2002 e 2003 é o décimo sétimo dentre os que permitem a análise da evolução da paisagem ano após ano (Figura 57). Foram contados 24.545 pixels no ano de 2002, como já havia sido mencionado anteriormente. No arquivo *raster* de 2003 foram identificados e contados 55.822 pixels, um aumento significativo de um ano para o seguinte. Porém o resultado da interseção para essas datas não foi muito diferente dos anteriores, pois o número de interseção de pixels continuou baixo, mesmo que ainda represente um aumento em relação ao ano anterior: 13.202 pixels em comum entre 2002 e 2003.

O cruzamento dos arquivos *rasters* de 2003 e 2004 resultou no cartograma subsequente (Figura 57), o décimo oitavo cartograma. No primeiro Tempo da análise, 2003, foram identificados um alto número de pixels de Cerrado que se comportam como fragmentos em meio a matriz, 55.822 pixels, como já relatado anteriormente. No Tempo 2 os pixels contados foram muito

abaixo desse valor, apenas 14.615 pixels. A soma dessas duas bandas possibilitou contar os pixels de interseção: 12.155 pixels em comum, nos dois arquivos *raster*. A tendência de se manter estáveis com valores baixos indica um aumento da fragmentação da área, sendo que a vegetação está resistindo à fragmentação, porém variações estocásticas mais intensas podem levar a população a níveis mais baixos e talvez insustentáveis para sua manutenção.

O próximo cartograma de análise data após data é o que representa a evolução da paisagem entre os anos 2004 e 2005 (Figura 57). Os valores de contagem de pixels para o ano de 2004 já foram mencionados: 14.615 pixels. Para o ano de 2005 os valores de contagem de pixels são maiores, totalizando 20.277 pixels identificados como Cerrado em fragmentos florestais. A soma destes dois arquivos *rasters* possibilitou a contagem dos pixels que se sobrepuseram nas duas datas, o que resultou em uma queda dos valores: 9563 pixels de interseção.

A evolução da paisagem nos anos de 2005 e 2006 foi representada no vigésimo cartograma de interseção (Figura 57). A contagem dos pixels feita a partir da primeira data, 2005, já foi referida na análise anterior: 20.277 pixels. Na segunda data foram computados 42.391 pixels identificados como manchas de Cerrado, revelando assim um grande aumento em tal ano. Mesmo com esse aumento dos pixels em uma das datas a contagem dos pixels de interseção após a somatória dos *rasters* continuou baixa, 11.402 pixels de interseção ao todo. Contudo, a apreciação visual do cartograma indica a persistência das manchas de Cerrado mais significativas aqui já mencionadas.

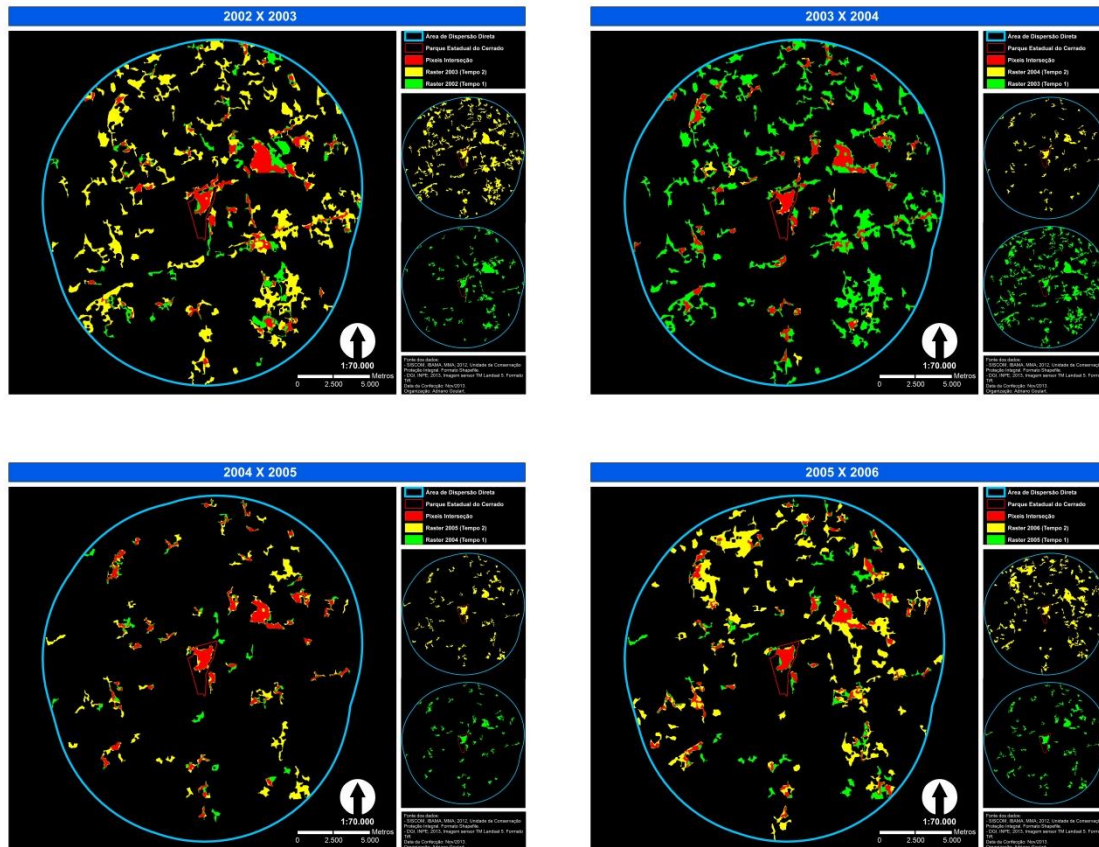


Figura 57: Cartogramas de interseção de pixels Ano x Ano: 2002x2003; 2003x2004; 2004x2005; 2005x2006.

Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

O vigésimo primeiro cartograma da análise da evolução da paisagem é o resultado da soma entre os arquivos *rasters* de 2006 e 2007 (Figura 58). Como visto anteriormente, no ano de 2006 foram contados 42.391 pixels pertencentes a área de fragmentos de Cerrado, conforme a metodologia. No Tempo 2, 2007, foram computados outros 18.920 pixels de Cerrado, número bem inferior ao do Tempo 1. Sendo assim, os pixels de interseção computados na análise de 2006 e 2007 totalizaram 12.567, revelando um pequeno crescimento se comparado ao do ano anterior.

O próximo cartograma da análise, o vigésimo segundo, refere-se ao cruzamento de dois arquivos *raster*, dos anos de 2007 e 2008 (Figura 58). No ano de 2007 foram contados 18.920 pixels identificados como Cerrado, como já citado no parágrafo anterior. Já no ano de 2008, Tempo 2, a contagem dos pixels revelou valores ainda mais baixos, 13.504 pixels. O resultado do cruzamento entre os arquivos *rasters* desses dois anos sugere um dos

resultados mais baixo observados em todos os cartogramas de sobreposição de datas: apenas 9.544 pixels são comuns as duas datas. Os dados revelam uma estabilidade com limiares cada vez menores, o que pode tornar o quadro de fragmentação irreversível.

O cruzamento entre os arquivos *raster* de 2008 e 2009 é o resultado do vigésimo terceiro cartograma de evolução da paisagem (Figura 58). O referido primeiro ano, Tempo 1, já teve seus pixels contados na análise anterior: 13.504 pixels, segundo a metodologia aqui empregada para a identificação de tais pixels. No Tempo 2, o número de pixels aumentou, chegando a contagem de 28.031 pixels para a data de 2009. Porém os dados que revelam a persistência dos fragmentos, o número de pixels de interseção entre as duas datas continuou em níveis muito baixos: 9.924 pixels intercederam na soma das duas *rasters* em questão.

O próximo cartograma, o vigésimo quarto, foi elaborado a partir da soma entre os arquivos *raster* de 2009 e de Junho de 2010 (Figura 58). Como já revelado anteriormente o número de pixels contados no arquivo de 2009 foi de 28031 pixels. No Tempo 2 da análise, Junho de 2010, foram contabilizados 10.198 pixels, uma queda no número de pixels, se comparados com o ano anterior. O cruzamento entre as duas datas possibilitou a quantificação dos pixels que foram recorrentes nas duas datas: 6.129 pixels. Este valor de pixels de interseção foi o menor valor registrado em toda a análise da evolução da paisagem, o que revela o ano de maiores alterações no tamanho e na distribuição dos fragmentos.

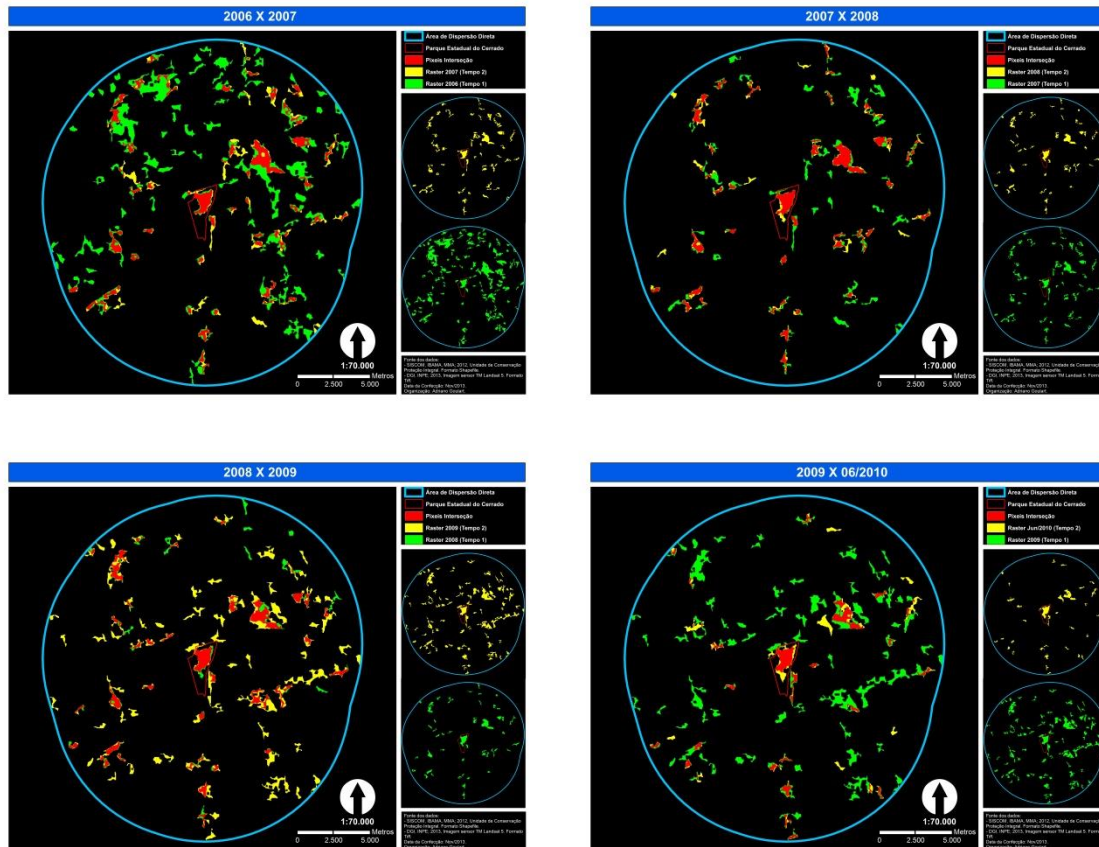


Figura 58: Cartogramas de interseção de pixels Ano x Ano: 2006x2007; 2007x2008; 2008x2009; 2009x2010/jun.

Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

O vigésimo quinto cartograma de sobreposição das datas é o do cruzamento das duas datas de 2010, Junho/2010 e Agosto/2010 (Figura 59), respectivamente. Na data do Tempo 1, Junho/2010, foram contados 10.198 pixels, como já citado anteriormente. No Tempo 2, Agosto/2010, foram contabilizados outros 23.437 pixels, número muito superior aos totais de dois meses antes, o que pode ser explicado por eventuais chuvas no começo de agosto, mesmo esta se tratando de uma das épocas de menor pluviosidade na região do PEC. Os resultados de interseção entre as duas datas foi a contagem de 6.501 pixels, revelando-se pouco acima do menor registro de pixels em comum realizado na análise anterior.

O cartograma resultante da matemática de bandas entre as datas de Agosto/2010 e Maio/2011 é o penúltimo cartograma da análise de evolução da paisagem (Figura 59). Como já relatado anteriormente, no arquivo *raster* de Agosto/2010, Tempo 1, foram contabilizados 23.437 pixels de Cerrado,

conforme explanado nos procedimentos metodológicos. No Tempo 2, Maio/2011, foram identificados e contados 13.256 pixels, número bem abaixo se comparado com os do Tempo 1. O resultado do cruzamento entre os dois tempos contabilizou a sobreposição de 9.777 pixels, valor pouco acima dos dois anos anteriores analisados.

Para analisar a evolução da paisagem no ano de 2011, foi realizada a soma dos arquivos *rasters* de Maio/2011, Tempo 1, e Junho/2011, Tempo 2 (Figura 59). A contagem dos pixels de Cerrado, segundo metodologia, no Tempo 1 resultou em 13.256 pixels, como já visto na análise anterior. No Tempo 2 dessa data foram computados 17.821 pixels, novo aumento do número de pixels. Porém tal aumento não serviu para alterar significativamente os pixels em comum nas duas datas: 9.359 pixels em comum nos dois *rasters*.

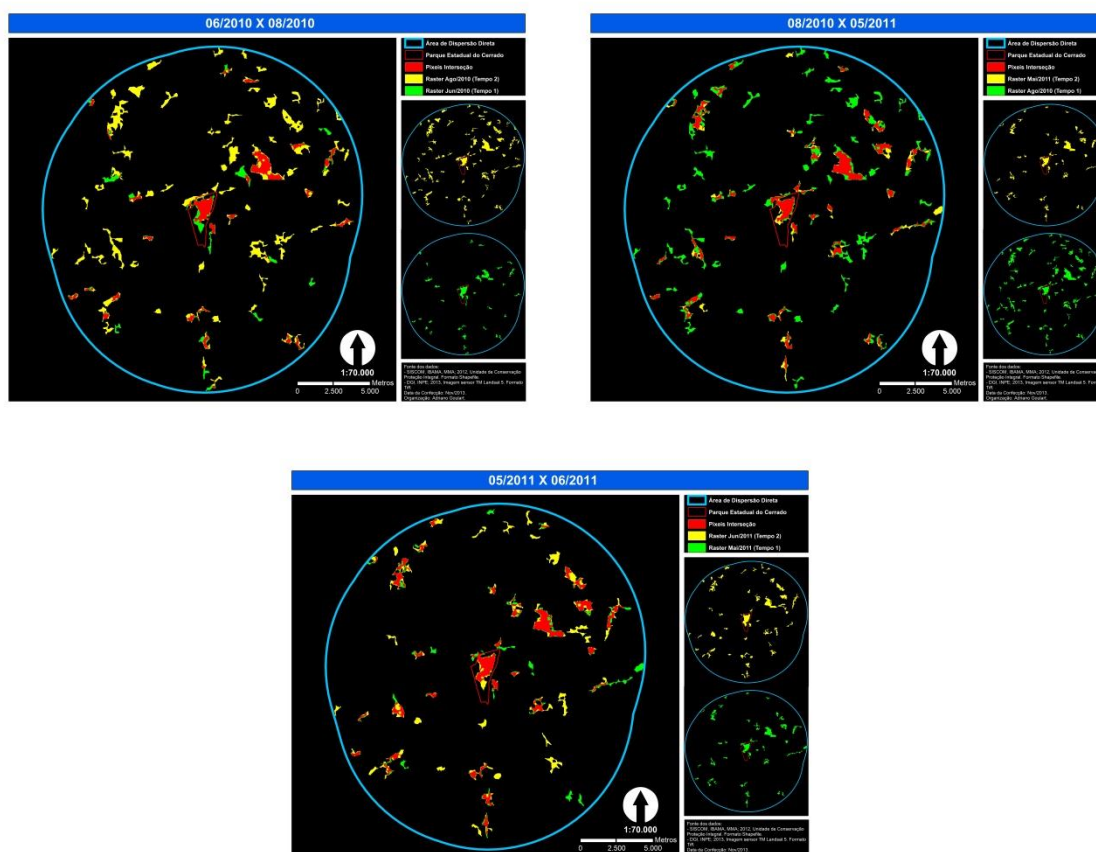


Figura 59: Cartogramas de interseção de pixels Ano x Ano: 2010/jun x 2010/ago; 2010/ago x 2011/mai; 2011/mai x 2011/jun.

Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

A fim de apresentar uma análise das **áreas de interseção dos fragmentos** durante toda a série foi elaborada a Tabela 07. Nessa tabela estão exibidos os valores de número de pixels de interseção para cada data sobreposta a data seguinte. A partir desta tabela foi possível, também, a construção do gráfico de Total de Pixels de Interseção, Figura 60.

Tabela 07: Resultados do total de pixels de interseção na análise Ano x Ano.

Ano X Ano	Total Pixels Interseção
1984 X 1985	22.980
1985 X 1986	18.682
1986 X 1987	25.745
1987 X 1988	27.342
1988 X 1989	34.581
1989 X 1990	44.376
1990 X 1991	55.487
1991 X 1992	59.242
1992 X 1993	32.720
1993 X 1995	16.560
1995 X 1996	15.517
1996 X 1997	25.411
1997 X 1999	26.098
1999 X 2000	11.923
2000 X 2001	10.301
2001 X 2002	12.244
2002 X 2003	13.202
2003 X 2004	12.155
2004 X 2005	9.563
2005 X 2006	11.402
2006 X 2007	12.567
2007 X 2008	9.544
2008 X 2009	9.924
2009 X Jun/2010	6.129
Jun/2010 X Ago/2010	6.501
Ago/2010 X Mai/2011	9.777
Mai/2011 X Jun/2011	9.359

Fonte: Organizado pelo autor em 11/2013.

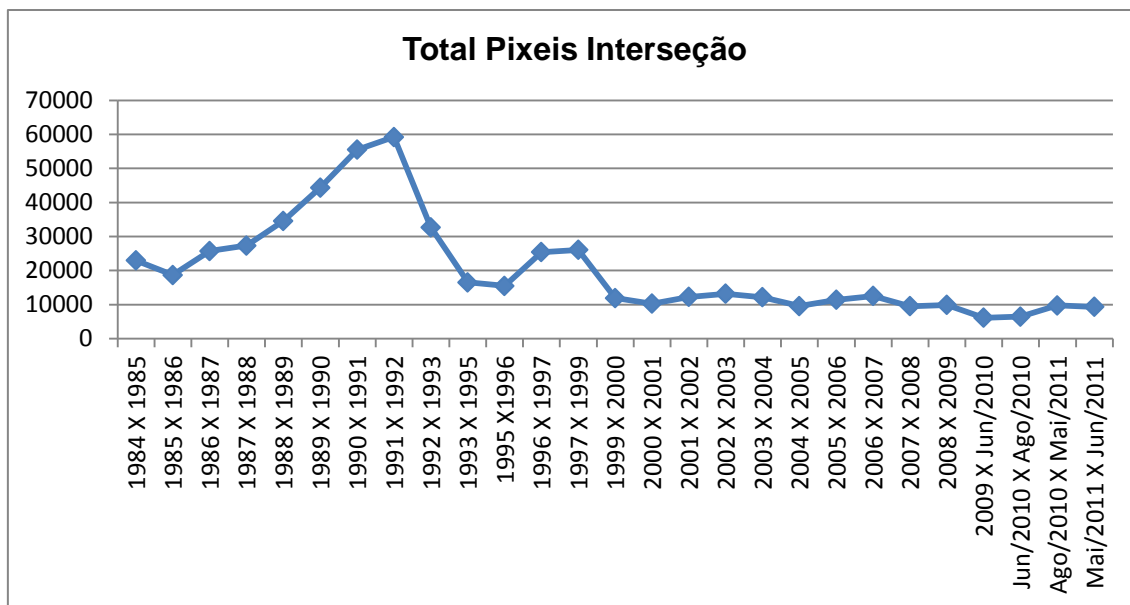


Figura 60: Gráfico linear, construído a partir dos dados de total de pixels de interseção Ano x Ano da Tabela 07.

A distribuição dos dados no gráfico de linhas de pixels de interseção é semelhante à distribuição do gráfico de linha de área dos fragmentos, sendo que os anos de maiores valores, evidenciados pela metodologia, são os primeiros anos da década de 1990 e os menores valores da série podem ser observados nos últimos anos da análise. Esse comportamento dos dados revela que o total de pixels de interseção é diretamente proporcional ao tamanho dos fragmentos, quanto maior a área total dos fragmentos sobrepostos maior serão os valores dos pixels de interseção entre essas duas datas.

Os últimos anos da série temporal já indicam um cenário propício para o decaimento de ecossistemas (BIERREGAARD et al., 1992). A persistência ano após ano de um mesmo fragmento mostra estabilidade não apenas da distribuição espacial, mas revela também uma estrutura estável, em que as espécies que compõem o ecossistema dos fragmentos apresentam relações mais complexas formando assim um equilíbrio interno nas áreas nucleares, quando essas existem. Porém esse não é o quadro evidenciado na área de dispersão direta do Cerrado próximo ao Parque Estadual do Cerrado.

A perda do *habitat* causada pela fragmentação simplificou a cadeia trófica, decaimento de ecossistemas (BIERREGAARD et al., 1992), e alterou muito a densidade populacional das espécies presentes nos fragmentos

(SHAFFER, 1981), o que foi agravado pela velocidade com que essa interferência antrópica ocorreu (Figura 61).



Figura 61: Pecuária, reflorestamento de *Pinnus* ssp. e agricultura mecanizada, usos contrastantes com as práticas de proteção nos limites do parque.
Fonte: Arquivo pessoal do autor (05/2013).

Um quadro de avançada fragmentação em um curto intervalo de tempo tornam o equilíbrio secundário cada vez mais improvável de ocorrer. Essa ideia é reforçada devido a falta de *turnover* entre as espécies (MAC ARTHUR e WILSON, 1967), pois a probabilidade de ocorrer um reforço, um ganho, de uma nova espécie para ocupar um nicho de uma espécie extinta localmente ou com baixa densidade populacional é cada vez mais remota.

A velocidade com que a extinção local ocorre possibilita conjecturas sobre a área estar passando por um acelerado empobrecimento, possivelmente provocando um vórtice de extinção (SOULÉ e GILPIN, 1980). Jaguariaíva é apenas um exemplo, entre várias Unidades de Conservação em todo o país, de como a fragmentação da vegetação nativa do entorno torna o parque mais suscetível aos fatores estocásticos. Se este quadro visto em Jaguariaíva se mostrar recorrente em outras áreas de proteção de Cerrado, as taxas de extinção serão cada vez maiores, e mesmo se não atingirem níveis para ser considerada extinção em massa certamente extinguirão as áreas de proteção de Cerrado.

CONCLUSÃO

A falta de levantamentos florísticos e faunísticos em todos os domínios do país é uma dificuldade evidente. Estes levantamentos de base são fundamentais para que se compreenda como se dá a estrutura e o funcionamento do ecossistema.

Tais estudos de base auxiliariam, na utilização da Teoria de Biogeografia de Ilhas, na interpretação de quais espécies são relevantes no equilíbrio do ecossistema, segundo sua função ecológica e densidade populacional; como estas espécies se dispersam, segundo suas estratégias evolutivas; como estão funcionando as taxas de relaxamento no preenchimento dos nichos do ecossistema ao buscar o seu equilíbrio secundário e quando este se dará; e do porque de algumas espécies serem intrinsecamente raras, baixas densidades populacionais, e como elas se tornaram raras. Sendo assim, apesar de o PEC possuir alguns estudos e levantamentos pontuais, esses foram insuficientes para auxiliar em uma análise da evolução da paisagem. Seriam necessários levantamentos feitos em toda a área de dispersão direta, em uma perspectiva histórica, para a compreensão de como a fragmentação está interferindo no empobrecimento da estrutura dos fragmentos.

Portanto, parte-se da ideia de que a autoecologia é tão relevante quanto a sinecologia, e que os estudos qualitativos tem igual importância para a proteção e/ou preservação das espécies ameaçadas quanto os estudos quantitativos. Um estudo que se embasa em apenas um destes pontos deverá apresentar lacunas, como a falta de dados sobre a autoecologia das espécies da área de dispersão direta do PEC que, nessa dissertação, impossibilitou algumas inferências mais específicas. Porém, entende-se que na pesquisa científica as teorias são escolhidas, pelos pesquisadores envolvidos, de acordo com o objeto estudado e os possíveis resultados que podem ser gerados, sendo que toda teoria invariavelmente apresentará pontos positivos e negativos de acordo com o foco empregado pelos pesquisadores.

Para a análise da evolução da paisagem do PEC nos últimos 28 anos, as teorias de Biogeografia de Ilhas e da Ecologia da Paisagem se mostraram satisfatórias. A análise quantitativa, reducionista (cientificamente), mostrou-se eficaz para ilustrar em um quadro mais generalizado, como a fragmentação do

Cerrado está ocorrendo no entorno do PEC: a diminuição da área total dos fragmentos, as variações do comprimento de borda e do índice de forma médio além da redução e em alguns casos a divisão das áreas nucleares são evidências concretas do processo de fragmentação da vegetação ocorrido durante o período analisado.

O processo de fragmentação da vegetação ocorre intensamente até os dias de hoje, conforme ficou evidente na análise das 28 figuras do estudo de caso. Esta fragmentação teve início com a intensificação de cultivos agrícolas e da pecuária, mais acentuado nos últimos 60 anos, com a entrada do capital no campo e com a adoção de um conjunto de práticas denominadas como “revolução verde”. A fragmentação ocorre em uma velocidade superior às taxas de especiação, o que faz com que a biota não consiga assimilar as mudanças de relações ecológicas tão drásticas e tão intensas como estas peculiares da intervenção antrópica.

A análise da matriz e das manchas segundo a Ecologia da Paisagem acaba não revelando quais as principais atividades que causam a fragmentação da vegetação, porém alguns trabalhos de campo e análises do uso e ocupação do solo auxiliam nessa interpretação do contexto histórico ambiental da região, somando mais pontos qualitativos nessa metodologia quantitativa.

Outra questão que merece destaque é que o caráter quantitativo da Ecologia da Paisagem da escola norte americana desconsidera o grau de alteração da vegetação, visto que algumas áreas de Cerrado nativo identificado pela metodologia foram substituídas por usos antrópicos diversos, ou apenas queimadas, e voltaram a se reestabelecer com comportamento espectral semelhante à vegetação de Cerrado da área protegida.

Pode-se afirmar que deveria haver um padrão na dispersão das espécies de Cerrado, que ocorreria de maneira natural orientada pelos campos gerais, na direção Leste-Oeste/Oeste-Leste dos cartogramas de fragmentação, visto que o recorte espacial do *buffer* de área de dispersão direta do PEC está próximo das fronteiras dos Campos Gerais nos seus limites Norte e Sul. Contudo o que se observa na análise temporal é que as áreas mais intensas de atividade antrópica ficam exatamente a Leste e a Oeste da área do PEC,

seguindo o Planalto de Jaguariaíva, o que impossibilita o fluxo de dispersão de algumas espécies dos Campos Gerais.

Portanto o Cerrado ora compete com as atividades da agropecuária, no curso médio das vertentes, onde estão localizados os refúgios florestais de Cerrado nos Campos Gerais; ora compete com a Mata Atlântica do interior (floresta estacional semidecidual) em locais de relevo mais ondulado, como os topos de morro, e em locais mais úmidos, ao longo dos cursos d'água. Assim, o Cerrado da área estudada perde suas características, o que levará a um quadro de extinção de manchas contínuas e a consequente perda na capacidade de dispersão, restando poucos indivíduos, relictos, em meio a fragmentos de Mata Atlântica.

A diversidade de condições ecológicas (zona de transição) confere à paisagem uma grande diversidade de nichos, o que sugere heterogeneidade de *habitats* e consequentemente uma alta taxa de especiação. Porém o processo de fragmentação antrópica (apesar de relativamente recente, pós colonização do segundo planalto) pode sugerir o início de um processo de irradiação adaptativa, em que algumas espécies mais adaptadas à *habitats* fragmentados conseguem se dispersar e colonizar outros fragmentos com nichos ainda por serem preenchidos. Este processo, em uma escala de tempo geológica, poderia levar a irradiação adaptativa.

O quadro atual de intervenção antrópica é tão intenso na região do estudo de caso que a relação entre fragmentação e dispersão deve ser observada com maior atenção. A fragmentação pode levar a um aumento da dispersão, como evidenciado no campo dessa dissertação, devido à busca de novos nichos, livres de competição, contudo o efeito da fragmentação poderia, também, restringir a dispersão, pois esta ocorre em uma velocidade superior aos processos evolutivos das espécies, o que acabará por extinguir localmente populações inteiras.

O que está acontecendo na região do PEC é um estágio de fragmentação já avançado, em que as espécies não conseguem mais se adaptar para buscar um novo equilíbrio, devido à intensidade e velocidade da interferência da matriz (reflorestamentos de espécies com alto potencial invasor, cultivos agrícolas, pecuária extensiva, expansão da área urbana, etc.) os fragmentos de Cerrado não conseguem se reestabelecer. A sucessão

natural não acompanha a velocidade da ação antrópica, criando ciclos de expansão e retração da biomassa cada vez menores, como os evidenciados nas análises dos resultados.

Há, também, a necessidade de estudos que trabalhem com a genética das espécies da região, pois se comprovado que está ocorrendo uma deriva genética, fruto da fragmentação, as comunidades do PEC estão sujeitas a uma crescente raridade, o que levará a extinção de várias espécies (extinção diferencial), causando um decaimento crescente do ecossistema.

As teorias e a análise do estudo de caso apontam para um cenário de vórtice de extinção em poucos anos para a região: cenário em que a fragmentação do *habitat* levaria a extinção local de populações consideradas chave para a manutenção do fluxo energético da cadeia trófica, o que desencadearia uma série de extinções de outras espécies dependentes destas primeiras, que por sua vez afetariam outras espécies acima na cadeia trófica, o que causaria um processo de extinção sem precedentes, em forma de “cascata”. A função ecológica da Unidade de Conservação diante de tal quadro é altamente questionável, porque as espécies que justificaram a proteção da área estão cada vez mais propensas à raridade e ao conseqüente desaparecimento fruto da estocasticidade ecológica.

Diante dos resultados aqui apresentados, pode-se afirmar que a área de Cerrado presente onde hoje encontra-se o PEC, antes de sua homologação pelo Estado do Paraná como uma Unidade de conservação, exercia uma função ecológica mais relevante para a manutenção das espécies de Cerrado presente nos Campos Gerais do que em qualquer ano analisado posteriormente à sua criação. Apesar da área da mancha de Cerrado do PEC estar se mantendo estável após a sua criação, a área dos fragmentos presentes na sua área de dispersão direta, fundamental para a manutenção das funções ecológicas da Unidade de Conservação, está cada vez menor. Este cenário, de manutenção de área do PEC e fragmentação crescente do entorno, revela um empobrecimento de ecossistemas, já que não há um *turnover* entre as espécies extintas e novas espécies que migrariam entre os fragmentos a fim de ocupar o nicho ecológico deixado por estas. Uma possível medida emergencial para controlar os problemas advindos da fragmentação, seria a criação de um banco de sementes das espécies nativas de relevância

para a manutenção das funções ecológicas dos fragmentos e que possuem baixas taxas populacionais na área.

Em um contexto não exclusivo do PEC, as áreas de proteção atuais acabam por retomar a ideia tão criticada do romantismo e da beleza cênica atribuída à natureza, pois as funções ecológicas básicas para manutenção das espécies em equilíbrio no ecossistema já não acompanham o grau de interferência do Homem, restando assim, um recorte empobrecido do ecossistema que servirá para apreciação de pessoas que cotidianamente não possuem o contato com a natureza.

Para a manutenção do ecossistema não é significativa a beleza cênica dos *canyons* do rio Jaguariaíva no PEC, mas, pelo menos de imediato, a restrição de atividades na área do entorno que garantiria a manutenção, em longo prazo, de uma das manchas de Cerrado mais austral do país.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A.N.; **Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários.** *Paleoclimas* Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, nº 3:1-18, 1977.
- AB'SABER A.N. **Brasil: paisagens de exceção: o litoral e o Pantanal Mato-grossense: patrimônios básicos.** Cotia, SP: Ateliê Editorial, 2006.
- AB'SABER A.N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas.** São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- AB'SABER A.N. **Regiões de Circundesnudação Pós-cretácea, no Planalto Brasileiro.** Boletim Paulista de Geografia, São Paulo, 1949.
- AB'SABER A.N. **Sucessão de Quadros Paleogeográficos no Brasil, do Triássico ao Quaternário.** Anuário da Faculdade de Filosofia "Sedes Sapientiae" da Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, v. 8, p. 61 – 69, 1950-1951.
- ARENS, K.; As plantas lenhosas dos campos cerrados como flora adaptada às deficiências minerais do solo. In: FERRI, M.G. (org.) **Simpósio sobre o Cerrado.** São Paulo: Ed. Univ. de São Paulo, 1963
- ASSAD, E.D. coord.; **Chuva nos cerrados: análise e espacialização.** Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994.
- BENSUSAN, N. **Conservação da biodiversidade em áreas protegidas.** Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2006. 176 p.
- BIERREGAARD, R.O.; LOVEJOY, T.E.; KAPOV, V.; SANTOS, A.A.; HUTCHINGS, R.W.; **The Biological Dynamics of Tropical Rainforest Fragments.** BioScience, Vol. 42, No. 11, Stability and Change in the Tropics, 1992. p. 859-866.
- BIGARELLA, J.J.;MOUSINHO, M.R. **Considerações a respeito da evolução das vertentes.** Boletim Paranaense de Geografia, 16 e 17: 85–116, 1965.
- BIGARELLA, J.J.;MOUSINHO, M.R. **Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzeas.** Boletim Paranaense de Geografia, 16 e 17: 153–197, 1965.
- BIGARELLA, J.J.;MOUSINHO, M.R. **Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil.** Boletim Paranaense de Geografia, 16 e 17: 117–151, 1965.
- BIGARELLA, J.J.;MOUSINHO, M.R. **Significado paleogeográfico e paleoclimático dos depósitos rudáceos.** Boletim Paranaense de Geografia, 16 e 17: 7–16, 1965.
- BOLÓS I CAPDEVILA, M. **Manual de ciencia del paisaje.** Barcelona: Masson, 1992.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **LEI Nº 11.516/07**, de 28 de Agosto de 2007. Dispõe sobre a criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Brasília: MMA, 2007.
- BRASIL. **Art. 27 do decreto 99274/90** dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. Brasília, 1990.

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra da Canastra**. Brasília: MMA, 2005.
- BROWN J.H.; LOMOLINO M.V. **Biogeografia**. Ribeirão Preto: Editora FUNPEC, 2006.
- COUTINHO L.M. O bioma do Cerrado. In: KLEIN A. L. (org.) **Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois**. São Paulo: Editora UNESP; Imprensa Oficial do Estado, 2002.
- COUTINHO, L. M. **Botânica**. 6. ed. São Paulo: Cultrix, 1975.
- COX, C. B.; MOORE, P. **Biogeografia – uma abordagem ecológica e evolucionária**. Rio de Janeiro; LTC, 2009.
- DANSEREAU, P.; **Biogeography: An Ecological Perspective**. New Yor: The ronald press company, 1957.
- DARWIN, C.; **A Origem das Espécies**. 4 ed. São Paulo: Ed. Martin Claret, 2004.
- DAVIS, W. M.; **El Ciclo Geográfico**. In: MENDOZA, J. G. *et al.* El pensamiento geográfico. Madrid: Alianza Editorial, 1982. p. 178-182.
- DEL VILLAR, E. H.; **Geobotânica**. Barcelona: Ed. Labor, 1929.
- DELPOUX, M. **Ecossistema e paisagem**. Métodos em Questão, São Paulo: Instituto de Geografia USP, 1974.
- DIAMOND J.; Assembly of Species Communities (1975). In: LOMOLINO, M.V., SAX, D.F., BROWN, J.H.; **Foundations of Biogeography: Classic papers with commentaries**. Chicago: University of Chicago Press, 2004.
- DIAMOND, J. M.; **Biogeographic kinetics: estimation of relaxation times for avifaunas of southwest Pacific islands**. 1972.
- DIAMOND, J. M.; Colonization of exploded volcanic islands by birds: the supertramp strategy. (1974), In: LOMOLINO, M.V., SAX, D.F., BROWN, J.H.; **Foundations of Biogeography: Classic papers with commentaries**. Chicago: University of Chicago Press, 2004.
- DIAMOND, J.; **The Island Dilemma: Lessons of Modern Biogeographic Studies for the Design of Natural Reserves**. Biological Conservation (7). 1975, p.129-146.
- DIEGUES, A.C. **O mito moderno da natureza intocada**. 5ª edição. São Paulo: Hucitec, 1998. 176 p.
- DINIZ, I. (Coord.); Invertebrados do Cerrado e Pantanal – diversidade e conservação. In: MMA, **Cerrado e Pantanal - Áreas e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade**. MMA, 2007, p. 143-172.
- FÁVERO, O.A. **Paisagem e sustentabilidade na bacia hidrográfica do Rio Sorocaba (SP)**. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. 330p
- FERRI, M.G. **Vegetação brasileira**. Belo Horizonte : Ed. Itatiaia, 1980.
- FERRI, M.G. Histórico dos Trabalhos Botânicos sobre o Cerrado. . In: FERRI, M.G. (org.) **Simpósio sobre o Cerrado**. São Paulo: Ed. Univ. de São Paulo, 1963, p.15-50.
- FORMAN, R.T.T.; GODRON, M. (org.); **Landscape ecology**. John Wiley & Sons, New York, 1986.

- FORMAN, R.T.T.; **Land mosaics: the ecology of landscapes and regions.** Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 1995, 632p.
- FURLAN S.A. Técnicas de Biogeografia. In: VENTURI, L. A. B. (org.) **Praticando a geografia: Técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental.** São Paulo: Oficina de textos, 2009.
- GERGEL, S.E.; TURNER, M. G. (org.); **Learning landscape ecology: a practical guide to concepts and techniques.** Springer-Verlag, New York. 2002.
- GILPIN, M.E.; SOULÉ, M.E.; **Minimum viable populations: Processes of species extinction.** In: Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity, 1986, P. 19-34.
- GONZALEZ-BERNALDEZ, F. **Ecologia y paisaje.** Madrid: H. Blume, 1981.
- GOODLAND, R; FERRI, M.G. **Ecologia do Cerrado.** São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1979. 193 p.
- GOULART, A.A. **Estudo da viabilidade de alternativas sócio-econômicas-ambientais compatíveis com a conservação na zona de amortecimento do Parque Nacional da Serra da Canastra limitada no município de São Roque de Minas/MG.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado – Geografia) UNESP, Campus Experimental de Ourinhos. Ourinhos, 2011.
- GREGORY, K.J.; **A Natureza Da Geografia Física.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992.
- HUECK, K. **As Florestas Da América Do Sul.** São Paulo: Universidade de São Paulo, 1972.
- HUMBOLDT, A.V. Cosmos: ensayo de una descripción física del mundo. In: MENDOZA, J.G.; JIMÉNEZ, J.M.; CANTERO, N. **El pensamiento geográfico.** Madrid: Alianza Editorial, 1982. p.159-167.
- HUMBOLDT, A.V.; Essay on the Geography of Plants. (1805). In: LOMOLINO, M.V., SAX, D.F., BROWN, J.H.; **Foundations of Biogeography: Classic papers with commentaries.** Chicago: University of Chicago Press, 2004.
- JABLONSKI, D.; **Lessons from the past, evolutionary impacts of mass extinctions.** Proceedings of the U.S. National Academy of Sciences 98. 2001.
- JABLONSKI, D.; VALENTINE, J.W.; **Mass extinctions: sensitivity of marine larval types.** 1986.
- JOHNSTON, R.J.; **Geografia e Geógrafos.** São Paulo-SP: DIFEL, 1986.
- JOLY, A. B.; **Conheça a vegetação brasileira.** São Paulo: Ed. Univ. de São Paulo e Polígono, 1970.
- KLEIN, A.L. (org.). **Eugen Warming e o Cerrado Brasileiro: um século depois.** Editora UNESP, 2002.
- LABOURIAU, L.F.G.; Problemas de Fisiologia Ecológica do Cerrado. In: FERRI, M.G. (org.) **Simpósio sobre o Cerrado.** São Paulo: Ed. Univ. de São Paulo, 1963
- LANG, S. BLASCHKE, T.; **Análise da Paisagem com SIG.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

- LAURANCE, W. F., LOVEJOY, T. E., VASCONCELOS, H. L., BRUNA, E. M., DIDHAM, R. K., STOUFFER, P. C., GASCON, C., BIERREGAARD, R. O., LAURANCE, S. G. AND SAMPAIO, E.; Ecosystem Decay of Amazonian Forest Fragments: a 22-Year Investigation. In: **Conservation Biology**, 16, 2002, p. 605–618.
- Lei nº 9.985 de 18 de Julho de 2000, Sistema Nacional de Unidades de Conservação de Natureza, SNUC. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, 19 de julho de 2000.
- LESER H.; Landscape Ecology, In: ECKART, E. **40 Years After: German Geography, Developments, Trends and Prospects 1952-1992**. Bonn: Geographische Institute Der Universität Bonn, 1992.
- LINNAEUS, C.; Dissertation II, On the Increase of the Habitable Earth. (1781). In: LOMOLINO, M.V., SAX, D.F., BROWN, J.H.; **Foundations of Biogeography: Classic papers with commentaries**. Chicago: University of Chicago Press, 2004.
- LOMOLINO, M. V., SAX, D. F., BROWN, J. H. (Ed.). **Foundations of Biogeography**. Chicago: University of Chicago Press, 2004.
- MAACK R.; **Geografia Física do Estado do Paraná**. 4ª ed. Ponta Grossa: Ed.UEPG, 2012.
- MACARTHUR, R.H.; **Geographical Ecology: Patterns in the Distribution of Species**. New Jersey: Princeton University Press, 1972.
- MACARTHUR, R.H. WILSON, E.O.; **The theory of island biogeography**. New Jersey: Princeton University Press, 1967.
- MEZZOMO, M.D.M.; **Planejamento da Paisagem e Conservação da Natureza em RPPNS na Bacia Hidrográfica do Rio Mourão, Paraná**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- MORO, R.S. (Org.); **Biogeografia do Cerrado nos Campos Gerais**. Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2012.
- NAVEH, Z. LIEBERMAN, A.; **Landscape Ecology: Theory and Application**. New York: Springer Verlag, 2nd. Ed., 1994.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.
- OLIVEIRA, S.M.B. Base científica para a compreensão do aquecimento global. In: Veiga, J. E. (org.). **Aquecimento global: frias contendas científicas**. São Paulo: Senac, 2008, p. 17-54.
- PÁDUA, M.T.J. (Coord.); Unidades de Conservação dos Biomas Cerrado e Pantanal. In: MMA, **Cerrado e Pantanal - Áreas e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade**. MMA, 2007, p. 381-389.
- PAESE, A. UEZU, A. LORINI, M.L. CUNHA, A. (orgs.); **Conservação da Biodiversidade com SIG**. 1ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.
- PARANÁ; Instituto Ambiental do Paraná. **Plano de Manejo do Parque Estadual do Cerrado**. Curitiba: IAP, XXXX
- PASSARGE, S. Morfologia de zonas climáticas o morfologia de Paisagens? In: MENDOZA, J. G. *et al.* **El Pensamiento Geográfico**. Madrid: Alianza Editorial, 1982. p. 377-380.
- PEARS, N.; **Basic Biogeography**. 2ª ed. New York: Ed. Longman, 1985.

- PEREIRA, J.B.S.; ALMEIDA, J.R.; Biogeografia e geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S.; **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2006.
- PONZONI, F. J. SHIMABUKURO, Y. E. KUPLICH, T.M.; **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. São José dos Campos, SP: Oficina de Textos. 2012.
- PRESTON, In: LOMOLINO, M.V., SAX, D.F., BROWN, J.H.; **Foundations of Biogeography: Classic papers with commentaries**. Chicago: University of Chicago Press, 2004.
- RANZANI, G. Solos do cerrado. In: FERRI, M.G. (org.) **Simposio Sobre o Cerrado**, São Paulo: Edusp, 1963, p.51-92.
- RICKLEFS R.E. **Economia da Natureza**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2003.
- RIZZINI, C.T.; **Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições Ltda, 1997.
- ROMARIZ D. de A. **Biogeografia: temas e conceitos**. São Paulo: Scortecci, 2008.
- ROSS, J. L. S. (Org.) . **Geografia do Brasil**. São Paulo: Edusp, 1996. v. 1.
- SAFAVIAN, S. R., LANDGREBE D.; **A survey of decision tree classifier methodology**. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, vol 21 nº3. p. 660 – 674, 1991.
- SAINT-HILAIRE, A. de.; **Viagem a Curitiba e Província de Santa Catarina**. Belo Horizonte: Ed. Itatiaia, 1978.
- SANO, S.M., ALMEIDA, S. P., RIBEIRO, J. F. (edt.). **Cerrado: Ecologia e Flora. EMBRAPA CERRADO**. v.1 – capítulos 1 a 14. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.
- SANO, S.M., ALMEIDA, S. P., RIBEIRO, J. F. (edt.). **Cerrado: Ecologia e Flora. EMBRAPA CERRADO**. v.2 – capítulo 15. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.
- SANTOS, L.J.C. ; OKA-FIORI, C. ; CANALI, N. E. ; FIORI, A. P. ; SILVEIRA, C. T. ; SILVA, J. M. F. ; ROSS, J. L. S.. **Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná**. Revista Brasileira de Geomorfologia. v. 7, p. 03-12, 2006.
- SARMIENTO, G.; **The Ecology of Neotropical Savannas**. Harvard University Press, 1984.
- SCARIOT A.; SOUZA-SILVA J.C.; FELFILI J.M. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.
- SHAFFER, M.L.; **Minimum Population Sizes for Species Conservation**. BioScience, Vol. 31, No. 2. 1981, p.131-134.
- SILVA, P.A.H. **Cerrados, campos e araucárias: a teoria dos refúgios florestais e o significado paleogeográfico da paisagem do Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa – Paraná**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- SIMBERLOFF D.S.; ABELE L.G.; **Island Biogeography Theory and Conservation Practice**. Science, New Series, Vol. 191, No. 4224. 1976.

- **SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 3º** (M.G. Ferri, coord.). São Paulo: Edgard Blücher e EDUSP, 1999.
- **SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO**, São Paulo. Anais. São Paulo: EDUSP, 1963.
- SOTCHAVA, V. B.; O estudo de geossistemas. São Paulo: Métodos em Questão 16, 1977.
- SOULE M.E.; **Viable populations for conservation**. Cambridge University Press, 1987.
- SOULE, M. E.; GILPIN, M. E.; CONWAY, W.; FOOSE T. **The millenium ark: how long a Voyage, how many staterooms, how many passengers?**. Zoo Biol., 1986.
- SOULE, M. E.; SIMBERLOFF, D. S.; **What do genetics and ecology tell us about the design of nature reserves?** Biol. Conserv. 1986.
- SOULE, M. E.; WILCOX, B. A., **Conservation Biology: An Ecological-Evolutionary Perspective**. 1980.
- SPELLERBERG, I.F.; SAWYER, J.W.D.; **An Introduction to applied biogeography**. Cambridge University Press, 1999.
- SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. Sao Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- TIVY, J.; **Biogeography: a study of plants in the ecosphere**. London: Longman. Harvard, 1982.
- TOWNSEND C.R.; BEGON M.; HARPER J.L. **Fundamentos em ecologia**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro : IBGE, 1977.
- TROLL, C.; El Paisaje Geografico y su Investigacion. (1939) In: MENDOZA, J. G. et al. **El pensamiento geográfico**. Madrid: Alianza Editorial, 1982, p. 323-329.
- TROPPIAIR, H. **Biogeografia e Meio Ambiente**. Rio Claro (SP): UNESP, 1987 - 2006(7ª Ed.).
- TROPPIAIR, H. **Ecosistemas e Geossistemas do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Geografia, Usp, 1981.
- TURNER, M. G.; **Landscape ecology: the effect of pattern on process**. Annual Review of Ecology and Systematics 20. 1989, p.171-197.
- TURNER, M.G.; Gardner, R. H.; (org.) **Quantitative Methods in Landscape Ecology**. Springer-Verlag, New York, NY, USA. 1991.
- TURNER, M.G.; GARDNER, R. H.; O'NEILL, R.V.; **Landscape Ecology in Theory and Practice**. Springer-Verlag, New York, NY, USA. 2001.
- TURNER, M.G.; **Landscape ecology in North America: past, present and future**. Ecology 86. 2005, p.1967-1974.
- TURNER, M.G.; R.H. GARDNER; DALE, V.H; O'NEILL, R.V.; **Predicting the spread of disturbance across heterogeneous landscapes**. Oikos 55. 1989, p.121-129.
- UHLMANN, A. **Análise fitossociológica de três categorias fitofisionômicas no Parque Estadual do Cerrado - Jaguariaíva/PR**. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

- VANZOLINI, P.E.; Problemas faunísticos do Cerrado. In: FERRI, M.G. (org.) **Simpósio sobre o Cerrado**. São Paulo: Ed. Univ. de São Paulo, 1963, p.307-319.
- VENTURI, L. A. B. (Org.). **Praticando geografia: técnicas de campo e laboratório**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.
- VIADANA, A.G. **A teoria dos refúgios florestais aplicada ao estado de São Paulo**. Edição do autor. Rio Claro, 2002.
- WALLACE, A.R.; **Viagem ao Arquipélago Malaio**. São Paulo: Ed. Hemus, 1869.
- WHITMORE, T. C. PRANCE, G. T.; **Biogeography and Quaternary History in Tropical America**. New York, Oxford: Oxford University Press, 1987.
- ZIMMERMAN, B.; SIMBERLOFF, D.; **An historical interpretation of habitat use by frogs in a Central Amazonian**. *Forest Journal of Biogeography*, 23(1). 1996, p. 27-46.