

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
MESTRADO EM GESTÃO DO TERRITÓRIO

TIARO KATU PEREIRA

PADRÕES ESTRUTURAIS E FUNCIONAIS DAS PAISAGENS RIPÁRIAS DOS
RIOS PITANGUI E JOTUBA NO PRIMEIRO PLANALTO PARANAENSE

PONTA GROSSA

2012

TIARO KATU PEREIRA

PADRÕES ESTRUTURAIS E FUNCIONAIS DAS PAISAGENS RIPÁRIAS DOS
RIOS PITANGUI E JOTUBA NO PRIMEIRO PLANALTO PARANAENSE

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do título de Mestre pela Universidade
Estadual de Ponta Grossa, Programa de Pós-
Graduação em Geografia, Mestrado em Gestão do
Território.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Rosemeri Segecin Moro

Co-orientador: Prof. Dr. Pedro Molina Holgado

PONTA GROSSA
2012

Ficha Catalográfica Elaborada pelo Setor Tratamento da Informação Bicen/UEPG

P436p Pereira, Tiaro Katu
Padrões estruturais e funcionais das paisagens ripárias dos rios
Pitangui e Jotuba no Primeiro Planalto Paranaense / Tiaro Katu
Pereira. Ponta Grossa. 2012.
84 f. : il ; color. .

Dissertação (Mestrado em Geografia - Gestão do Território),
Universidade Estadual de Ponta Grossa.
Orientadora: Profa. Dra. Rosemeri Segecin Moro.
Coorientador: Prof. Dr. Pedro Molina Holgado.

1. Ecologia de paisagem. 2. Modelagem ecológica. 3. Paisagens
riparias – modelos. 4 . Métricas de paisagem. I. Moro, Rosemeri
Segecin. II. Holgado, Pedro Molina. III. Universidade Estadual de
Ponta Grossa. Mestrado em Geografia. IV. T

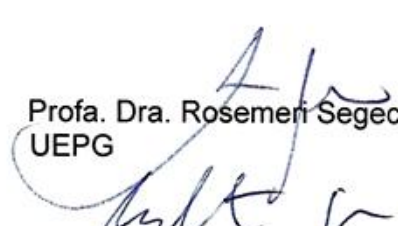
CDD: 577.64

TERMO DE APROVAÇÃO

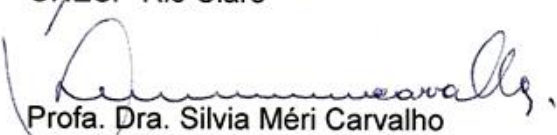
Tiara Katu Pereira

PADRÕES ESTRUTURAIS E FUNCIONAIS DAS PAISAGENS RIPÁRIAS DOS RIOS PITANGUI E JOTUBA NO PRIMEIRO PLANALTO PARANAENSE

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Geografia – Mestrado em Gestão do Território, Setor de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Orientadora:  Profa. Dra. Rosemeri Segecin Moro
UEPG

 Prof. Dr. Milton Cezar Ribeiro
UNESP-Rio Claro

 Profa. Dra. Silvia Méri Carvalho
UEPG

Ponta Grossa, 15 de Março de 2012.

À minha família, por estarem sempre presentes.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Rosemeri Segecin Moro, a gratidão pelos conselhos, pelo exemplo e pelas valiosas horas de orientação que possibilitaram a realização deste trabalho.

Ao Prof^o. Dr^o Pedro Molina Holgado da Universidade Autônoma de Madri, pela amizade, pelos enriquecedores conhecimentos transmitidos e pelo apoio.

Ao Prof^o. Dr^o. Milton Cezar Ribeiro do Departamento de Ecologia da UNESP de Rio Claro pelas discussões que foram essenciais para a conclusão deste trabalho.

Aos Professores Dr^a. Silvia Meri Carvalho, Dr^o. Nicolas Floriani, Dr^o. Wolf Dietrich Sahr, Dr^a. Selma Aranha Ribeiro, Dr^a. Ligia Cassol Pinto, Dr^a. Cicilian L. Löwen Sahr e Dr^a. Jasmine Moreira pelos ensinamentos e incentivo.

Ao Vinicius Bodanese Demarch pela ajuda na formulação dos mapas e pelo companheirismo.

Aos colegas do Herbário da UEPG pelo auxílio nas saídas a campo.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia que sempre me acolheram de braços abertos.

À CAPES e CNPq pelo auxílio financeiro que apoiou e incentivou essa pesquisa.

Ao Professor Fernando Pilatti, do NUCLEAM, pelo apoio.

Aos amigos pelo companheirismo e apoio.

Enfim, minha gratidão a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

RESUMO

A Ecologia de Paisagem é a ciência que estuda as relações entre padrões estruturais e processos em paisagens. Uma de suas maiores preocupações, atualmente, é a busca de parâmetros adequados para a modelagem ecológica em distribuições espaciais. Este estudo analisa as zonas ripárias dos rios Pitangui e Jotuba, situados no Primeiro Planalto Paranaense, a fim de estabelecer um modelo para paisagens ripárias em ambientes de ecótono. As áreas foram delimitadas a partir de ortofotos de 2001 (1:10.000), incluindo a vegetação nativa nos limites de inundação dos canais lóticos dos rios. As unidades de paisagem (UP) foram representadas pela metacomunidade Floresta Ombrófila Mista Aluvial (FOMA) incluindo as fitocenoses a floresta ripária (FR) e a vegetação hidrófila (VH). Foram usadas métricas da paisagem e tratamentos estatísticos para caracterizar as paisagens e as manchas. Para as FR foram adotados arbitrariamente 30 metros de borda. O Rio Pitangui (1.072 ha) apresentou o dobro de área ripária que o Rio Jotuba (539 ha), porém as UPs se equivalem em ambos (40% de FR e 60% de VH). Ambos os rios apresentam um grande número de pequenas manchas e poucas áreas relativamente mais extensas, com tendência para formatos mais complexos e irregulares com o incremento de área. Também em ambos, as manchas menores mostraram maior heterogeneidade na disposição espacial que as maiores, mais agregadas, as quais margeiam os canais fluviais. 60% das áreas de FR em ambos os rios está sob efeito de borda. O Rio Pitangui apresentou 91 áreas nucleares ligadas por 69 corredores e o Rio Jotuba, com 53 áreas nucleares, apresentou 47 corredores. Nas zonas ripárias as áreas de áreas de VH ocupam as superfícies de inundação mostrando manchas de tamanho e distribuição espacial variadas. A espacialização das áreas naturais nas zonas ripárias tem origem marcadamente natural.

.

Palavras-chave: Ecologia de Paisagem, Campos Gerais, métricas de paisagem, Fragmentação Natural

ABSTRACT

Landscape Ecology is the science that studies the relationship between structural patterns and processes acting in the landscape. It concerns nowadays about searching suitable parameters for ecological modeling in spatial distributions. This study analyzes the Pitangui and Jotuba riparian zones in the First Paraná Plateau, trying to settle a landscape model in forest/field riparian ecotones. The areas were delineated from 2001 orthophotos (1:10,000), including all native vegetation in flooding limits of the lotic channels. The landscape units (UP) were represented by the Alluvial Ombrophilous Mixed Forest metacommunity (FOMA) including as phytocoenosis both the riparian woody forest (FR) and hydrophilous vegetation (VH). Landscape metrics and statistical treatment were used to characterize landscapes and patches. To evaluate the FR patches we presumed a 30 m edge. Pitangui river (1,072 ha) has the double of the riparian area of Jotuba river (539 ha), although proportionally both were UPs equivalent (40% of FR and 60% of VH). Both rivers have a large number of small rounded patches and relatively few large areas that trend to more complex and irregular shapes with the area increases. Also smaller patches are more spatially heterogeneous than the greater ones, more aggregated along the river channel. 60% of FR area on both rivers are under edge effect. Pitangui has 91 core areas linked by 69 corridors and Jotuba River has 53 core areas with 47 corridors. In the riparian zones, VH areas occupy the flood plains showing higher variability in size and spatial distribution. This summarize the natural fragmentation remarks for the riparian vegetation of regional rivers at South Brazil.

Keywords: Landscape Ecology, Campos Gerais, landscape metrics, Natural Fragmentation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	fragmento remanescente de FOMA.....	21
Figura 2	localização geopolítica da bacia do rio Pitangui no PPP, incluindo a represa de Alagados.....	25
Figura 3	geologia das bacias sob estudo.....	26
Figura 4	modelo digital de elevação do terreno (MDT) da bacia do Rio Pitangui no PPP.....	28
Figura 5	mapa hidrográfico da bacia do Rio Pitangui no PPP.....	30
Figura 6	mapa de Solos da bacia do Rio Pitangui no PPP.....	31
Figura 7	floresta ripária (FR) composta por vegetação arbustivo-arbórea higrófila, às margens do Rio Jotuba.....	36
Figura 8	vegetação herbácea hidrófila (VH) às margens do Rio Pitangui.....	36
Figura 9	composição da zona ripária do Rio Pitangui no PPP.....	43
Figura 10	composição da zona ripária do Rio Jotuba no PPP.....	44
Figura 11	modelos de distribuição geométrica entre AREA (x) e SHAPE (y) das florestas ripárias dos rios Pitangui (A) e Jotuba (B).....	48
Figura 12	modelo de distribuição logarítmica entre AREA (x) e FRACT (y) das florestas ripárias dos rios Pitangui (A) e Jotuba (B).....	48
Figura 13	modelo de distribuição logarítmica entre SHAPE (x) e FRACT (y) das florestas ripárias dos rios Pitangui (A) e Jotuba (B).....	49
Figura 14	modelo de distribuição logarítmica entre SHAPE (x) e FRACT (y) da vegetação hidrófila dos rios Pitangui (A) e Jotuba (B).....	52
Figura 15	classificação dos elementos da floresta ripária (FR) do Rio Pitangui no PPP.....	54
Figura 16	classificação dos elementos da floresta ripária (FR) do Rio Jotuba no PPP.....	55
Figura 17	análise de agrupamento (cluster) para as manchas de FR do Rio Pitangui no PPP.....	61
Figura 18	análise de agrupamento (cluster) para as manchas de FR do Rio Jotuba no PPP.....	64
Figura 19	análise de agrupamento (cluster) para as manchas de VH do	

	Rio Pitangui no PPP.....	67
Figura 20	análise de agrupamento (cluster) para as manchas de VH do Rio Jotuba no PPP.....	69
Figura 21	padrão de distribuição dos tipos de vegetação nas zonas ripárias.....	70
Figura 22	distribuição das FR do Rio Pitangui, no PPP, conforme área (Componente 1) e índice de proximidade (Componente 2).....	71
Figura 23	distribuição das FR do Rio Jotuba, conforme área (Componente 1) e índice de proximidade (Componente 2).....	71
Figura 24	distribuição da VH do Rio Pitangui, no PPP, conforme área (Componente 1) e índice de proximidade (Componente 2).....	72
Figura 25	distribuição da VH do Rio Pitangui, no PPP, conforme área (Componente 1) e vizinho mais próximo (Componente 3).....	73
Figura 26	distribuição da VH do Rio Pitangui, no PPP, conforme índice de proximidade (Componente 2) e vizinho mais próximo (Componente 3).....	73
Figura 27	distribuição da VH do Rio Jotuba, conforme área (Componente 1) e índice de proximidade (Componente 2).....	74
Figura 28	distribuição da VH do Rio Jotuba, conforme área (Componente 1) e índice de proximidade (Componente 2) e vizinho mais próximo (Componente 3).....	74
Figura 29	distribuição da VH do Rio Jotuba, conforme índice de proximidade (Componente 2) e vizinho mais próximo (Componente 3).....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	distribuição da paisagem nas zonas ripárias dos rios Pitangui e Jotuba, no PPP.....	44
Tabela 2	distribuição dos tamanhos das manchas de floresta ripária (FR) do Rio Pitangui no PPP.....	45
Tabela 3	distribuição dos tamanhos das manchas de floresta ripária (FR) do Rio Jotuba no PPP.....	46
Tabela 4	distribuição dos tamanhos das manchas de vegetação hidrófila (VH) do Rio Pitangui no PPP.....	50
Tabela 5	distribuição dos tamanhos das manchas de vegetação hidrófila (VH) do Rio Jotuba no PPP.....	50
Tabela 6	distribuição dos elementos de paisagem das FR nas zonas ripárias dos rios Pitangui e Jotuba no PPP.....	54
Tabela 7	métricas de área nuclear e conectividade das manchas de floresta ripária (FR) do Rio Pitangui no PPP.....	60
Tabela 8	métricas de área nuclear e conectividade das manchas de floresta ripária (FR) do Rio Jotuba no PPP.....	63
Tabela 9	métricas de conectividade das manchas de vegetação hidrófila (VH) do Rio Pitangui no PPP.....	66
Tabela 10	métricas de conectividade das manchas de vegetação hidrófila (VH) do Rio Jotuba no PPP.....	68

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	11
2.	ZONAS RIPÁRIAS NO CONTEXTO DA ECOLOGIA DE PAISAGEM	13
2.1	Ecologia de Paisagem	13
2.1.1	A Ciência	13
2.1.2	Teorias	14
2.1.3	Termos e Conceitos	16
2.2	Floresta com Araucária	20
2.3	Zonas Ripárias	22
3.	DELIMITAÇÃO E FRAGMENTAÇÃO DAS ZONAS RIPÁRIAS: PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	24
3.1	Área de Estudo.....	24
3.2	Atributos Físicos da Região	25
3.2.1	Geologia da bacia do Rio Pitangui no PPP.....	25
3.2.2	Geomorfologia da bacia do Rio Pitangui no PPP	28
3.2.3	Clima regional	29
3.2.4	Hidrografia da bacia do Rio Pitangui no PPP	29
3.2.5	Solos nas áreas ripárias.....	30
3.2.6	Vegetação ripária.....	32
3.2.7	Uso da Terra na bacia do Rio Pitangui no PPP	33
3.2.8	Unidades de Conservação da região	34
3.3	Procedimentos Metodológicos.....	34
4.	PADRÕES DAS PAISAGENS RIPÁRIAS	42
4.1	Integridade Estrutural	42
4.2	Integridade Funcional	53
4.2.1	Classificação dos Elementos da Paisagem	53
4.2.2	Integridade Funcional das Paisagens Ripárias	58
4.3	Padrões das Paisagens Ripárias	69
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
6.	REFERÊNCIAS	80

1. INTRODUÇÃO

A Ecologia de Paisagem é uma área de conhecimento emergente que se fundamenta em conceitos da Biologia da Conservação, da Ecologia e da Geografia, para analisar as alterações ambientais de origem natural ou de atividades humanas, em uma escala apropriada, e compreender as modificações estruturais e funcionais ao nível de paisagem.

A extensão de uma paisagem varia de acordo com o objetivo da pesquisa, e de forma geral, é representada por um mosaico formado por unidades interativas, como por exemplo, por porções de habitats espacialmente distribuídas em uma região limitada, interconectadas por processos ecológicos. O ponto central da análise em ecologia de paisagens, portanto, baseia-se na dependência espacial entre as unidades de paisagem, ou seja, o funcionamento de uma unidade depende das interações que ela mantém com as unidades vizinhas.

Nos cursos d'água, as porções das margens influenciadas pelas inundações periódicas representam ambientes altamente dinâmicos e nos estudos de paisagem, geralmente, são considerados como elementos do mosaico. Esse espaço tridimensional, considerado como a transição entre ecossistemas aquáticos e terrestres, é denominado zona ripária.

Para Turner (2005) e Landeiro e Magnusson (2011), um dos principais problemas metodológicos na Ecologia de Paisagem é a falta de locais replicados que compartilhem algum padrão de distribuição espacial, os quais forneçam uma base estatística das propriedades e comportamento dos padrões identificados.

Este trabalho é uma primeira aproximação para o estabelecimento de um modelo de paisagem ripária em áreas de ecótono floresta/campo. Debruça-se sobre a avaliação interna dos dados da integridade estrutural e funcional, em termos de conectividade, e dos padrões das áreas ripárias de uma porção significativa da paisagem planáltica sul-brasileira dos rios Pitangui e Jotuba no Primeiro Planalto Paranaense (PPP). Para isso, seus objetivos foram:

- a) Definir as áreas ripárias dos rios Pitangui e Jotuba com relação à abrangência da vegetação de unidades de paisagem (UP) de áreas inundáveis hidrófila e higrófila;
- b) Classificar os elementos funcionais da paisagem em: áreas nucleares, bordas, corredores, falsos-corredores e ilhas;

- c) Calcular as principais métricas de paisagem relativas à fragmentação das áreas de vegetação hidrófila (VH) e de florestas ripárias (FR) e registrar a emergência de padrões nas paisagens ripárias destes dois rios;
- d) Analisar a conectividade estrutural das áreas de floresta ripária (FR) e de vegetação hidrófila (VH) ao longo de ambos os cursos e;
- e) Identificar aspectos da conectividade funcional entre estas áreas sob critérios da Biologia da Conservação.

Os leitos dos rios Pitangui e Jotuba, entre os municípios de Ponta Grossa, Castro e Carambeí, coincidem em parte com áreas do Parque Nacional dos Campos Gerais e da Área de Proteção Ambiental (APA) da Escarpa Devoniana (PEREIRA *et al.*, 2010). Portanto, a integridade das zonas ripárias desses rios pode influenciar na propagação de organismos entre estas unidades de conservação e demais remanescentes naturais, configurando importantes corredores biológicos nessa região elencada como prioritária para a conservação (MMA, 2000). Além disso, as bacias de contribuição dos rios Pitangui e Jotuba, no PPP, possuem grande interesse social, pois participam do abastecimento da cidade de Ponta Grossa.

Este estudo faz parte do projeto *Biodiversidade dos campos sulinos e ecossistemas florestais associados: bases ecológicas para sua conservação e uso sustentável*, do edital Sisbiota 2010, financiado pelo CNPq e que, dentre outros objetivos, pretende investigar padrões taxonômicos, funcionais e filogenéticos de organização de espécies da flora e da fauna em comunidades biológicas características dos campos e ecótonos campo-floresta.

2. ZONAS RIPÁRIAS NO CONTEXTO DA ECOLOGIA DE PAISAGEM

Neste capítulo, serão apresentados os termos e conceitos que, atualmente, norteiam os estudos da Ecologia de Paisagem, e suas aplicações no âmbito de zonas ripárias em ambientes de ecótono campo/floresta. Inicialmente, discorre sobre o desenvolvimento desta ciência, seu embasamento teórico e conceitual. Após, apresenta a Floresta Ombrófila Mista Aluvial, que margeiam os rios dos planaltos no sul do Brasil, e explora aspectos da delimitação espacial das zonas ripárias.

2.1 Ecologia de Paisagem

2.1.1 A Ciência

O termo “ecologia de paisagens” foi empregado pela primeira pelo biogeógrafo alemão Carl Troll, para definir a análise das inter-relações da biota, incluindo o homem, com o seu ambiente, formando um todo (METZGER, 2001). A origem européia da Ecologia de Paisagem tem um enfoque geográfico, em que a noção básica de paisagem é a espacialidade ou a heterogeneidade onde o homem habita. Nessa ótica, há preocupação com o planejamento da ocupação territorial e o estudo das alterações fundamentalmente antrópicas em macro-escala, definidas visual e espacialmente. Assim, o conjunto interativo da paisagem é composto por “ecossistemas” ou por unidades de “cobertura” ou de “uso e ocupação do território”, configurando unidades de paisagem. (METZGER, 2001).

Em meados de 1980 surge uma nova abordagem da Ecologia de Paisagem influenciada particularmente por biogeógrafos e ecólogos norte-americanos. A paisagem, para essa vertente de cunho ecológico, é considerada uma área heterogênea composta por conjuntos de ecossistemas interligados por processos ecológicos. Assim, o mosaico é considerado como um conjunto interativo de habitats que apresentam condições mais ou menos favoráveis para a comunidade estudada. Portanto, a escala espaço-temporal de análise é condicionada ao objeto de estudo (METZGER, 2001; TURNER, 2005).

Vencida esta dicotomia, a Ecologia de Paisagem é uma disciplina holística, integradora de ciências sociais (sociologia, geografia humana), de ciências da Terra (geografia física, geologia, geomorfologia) e biológicas (ecologia, fitossociologia,

biogeografia), visando, em particular, a compreensão global da paisagem e o ordenamento territorial (METZGER, 2001).

2.1.2 Teorias

Um dos propósitos da Ecologia de Paisagem é esclarecer questões acerca da influência dos padrões espaciais sobre os processos ecológicos (METZGER, 2001). Nesse contexto, algumas teorias foram fundamentais para o desenvolvimento de conceitos, pois formulam hipóteses sobre as relações entre a estrutura do ambiente e os processos biológicos.

A teoria da biogeografia de ilhas trata da influência do tamanho e do isolamento geográfico das áreas de habitat sobre as populações. Em sua forma original, nas ilhas oceânicas o número de espécies pode variar de acordo com o tamanho e a distância de outras ilhas, sendo mais ricas quanto mais extensas ou mais próximas a outras, contudo apresentando taxas de extinção mais elevadas (HILTY *et al.*, 2006). As ilhas são colonizadas, sobretudo, por organismos que se movimentam e se dispersam facilmente pela paisagem ou se adaptam a áreas de habitat com condições mais diversas. Contudo, a colonização por um ou poucos indivíduos pode não fornecer a variabilidade genética suficiente para que sua prole se adapte com sucesso nesse ambiente (HILTY *et al.*, 2006). Portanto, a riqueza de espécies em uma dada ilha representa um equilíbrio entre a taxa de migração de espécies e a extinção de espécies (HILTY *et al.*, 2006).

A teoria de metapopulações, baseada na interatividade entre populações espacialmente isoladas, é um conceito recente e representa um dos maiores avanços para a Ecologia e para a Biologia da Conservação. Metapopulações são subpopulações de organismos da mesma espécie (populações vizinhas) existindo ao mesmo tempo e em áreas distintas. Essas populações se estabelecem em áreas dotadas de varias propriedades importantes para esses organismos, incluindo o arranjo espacial (HILTY *et al.*, 2006). A teoria de metapopulações se aplica, além de outros casos, na fragmentação de habitats, em que populações estão agrupadas em habitats dispersos entre áreas com condições ambientais menos favoráveis, conectadas por processos ecológicos. Para Beier e Noss (1998), é preferível analisar populações ao invés de indivíduos quando se mensura a conectividade funcional. Nas pequenas populações isoladas, pode ocorrer a deriva genética, a curto prazo, e aumento da endogamia a longo prazo, resultando na perda da variabilidade genética o que pode levar a extinção (KAGEYAMA *et al.*, 1998). Portanto, o ponto central para os processos que envolvem metapopulações é a dispersão

entre as áreas. As variações genéticas entre as metapopulações podem influenciar o desempenho de determinado grupo, a probabilidade de extinção, o sucesso na emigração e o potencial de adaptabilidade (HILTY *et al.*, 2006). Em outras palavras, a dispersão determina a conectividade entre as metapopulações e, assim, o sucesso destas.

As metapopulações podem ser enquadradas em dois tipos principais (BENNET; SAUNDERS, 2010). O modelo continente-ilha (*mainland-island*) sugere que uma grande área, portanto com grandes populações, atua como fonte de emigração para áreas menores, que suportam menores populações. Nesses casos, a emigração das grandes áreas suplementa as pequenas áreas introduzindo material genético e recolonizando locais com maiores taxas de extinção. O segundo tipo é quando as populações que interagem entre si possuem tamanhos similares e todas com possibilidade de extinção equivalentes. Para este modelo, mesmo que a colonização e a extinção ocorram regularmente nas subpopulações, a população global persiste através do tempo (BENNET; SAUNDERS, 2010).

Tão recente quanto o conceito de metapopulações é o conceito de metacomunidade (HILTY *et al.*, 2006). Metacomunidade é o arranjo de um determinado número de fragmentos ou manchas de um tipo particular de comunidade variavelmente conectada por dispersores. Na prática, usam-se porções de habitat para definir cada tipo de comunidade. Dessa forma, o conceito amplia o foco de espécies ou organismos para considerar grupos de espécies que formam as comunidades. As metacomunidades, de maneira semelhante às metapopulações, apresentam um equilíbrio dinâmico entre extinção e recolonização.

Segundo Hilty *et al.* (2006), há quatro fatores que determinam a ocorrência de metacomunidades e a distribuição disjunta de cada uma no espaço. O primeiro é a heterogeneidade física do ambiente, em uma escala ampla, que torna as regiões mais ou menos favoráveis para a sobrevivência e reprodução das espécies. O segundo é a heterogeneidade biótica de um lugar específico, onde locais mais favoráveis dentro de um habitat podem influenciar na distribuição das comunidades, em uma escala pontual. O terceiro fator envolve arquipélagos de ilhas que em função do tamanho e da distância de outras ilhas suportam diferentes comunidades. E o quarto fator diz respeito à fragmentação antrópica de áreas naturais, onde um grande número de metacomunidades resulta de ações humanas na conversão de áreas naturais e isolamento das mesmas.

Finalmente, a teoria da percolação profere que mudanças rápidas no tamanho, número e formato de áreas em uma paisagem interferem no movimento de algumas

espécies (METZGER; DÉCAMPS, 1997). De acordo com a teoria, existe um limiar de percolação que se refere à quantidade mínima de habitat necessária numa determinada paisagem para que uma espécie, sem capacidade de sair de seu habitat, possa cruzar a paisagem de uma ponta a outra (METZGER, 2010). Ao atingir determinado limiar, ocorre uma mudança estrutural brusca, reduzindo a capacidade da paisagem em manter a diversidade biológica, com elevada proporção de pequenas áreas isoladas geograficamente (METZGER; DÉCAMPS, 1997), o que interfere na mobilidade de seres mais restritivos.

2.1.3 Termos e Conceitos

A Ecologia de Paisagem é considerada uma ciência emergente, que busca consolidar seus conceitos e teorias uma vez que procura unificar as diferentes idéias de paisagem de cada vertente (METZGER, 2001). Numa abordagem integradora, a paisagem pode ser definida como um mosaico formado por unidades interativas, sendo a heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação. As unidades de uma paisagem podem ser porções de habitats que apresentam condições mais ou menos favoráveis para uma espécie ou processo ecológico (METZGER, 2001). O ponto central da análise em ecologia de paisagens, portanto, é o reconhecimento da existência de uma dependência espacial entre as unidades de paisagem, ou seja, o funcionamento de uma unidade depende das interações que ela mantém com as unidades vizinhas (METZGER, 2001).

Nessa visão unificada, a extensão de uma paisagem fica atrelada ao objeto de estudo. Portanto, para se determinar as dimensões de uma paisagem é necessário estabelecer escalas de observação compatíveis com as peculiaridades dos processos ecológicos estudados, pois, uma determinada espécie, em função de suas capacidades de deslocamento através da paisagem, de suas exigências de habitats específicos e de suas interações com outras espécies tenderia a perceber a paisagem numa determinada escala (METZGER, 2001). A escala espacial refere-se à extensão no espaço e a resolução de informações na representação do espaço considerado, podendo variar de centímetros a quilômetros quadrados. É possível, também, estabelecer uma escala temporal, que define o período e a frequência da mensuração ou duração de um evento, e uma escala de percepção das espécies, que se refere à locomoção e especialização do organismo na interação com o meio ambiente (METZGER, 2001).

De acordo com as escalas adotadas, a extensão e a configuração dos elementos da paisagem definem diferentes padrões funcionais. Os arranjos desses elementos, barreiras, corredores, fragmentos e áreas de extrema heterogeneidade, determinam a resistência para fluxos e movimentos de espécies, energia, material, e distúrbios pela paisagem (FORMAN, 1995). Os principais elementos de paisagens são a matriz, manchas e corredores (FORMAN; GODRON, 1986).

O elemento matriz frequentemente é definido como a região que entremeia as áreas do ecossistema estudado. A designação do elemento matriz depende do fenômeno considerado (McGARIGAL *et al.*, 2002). Em geral, é a unidade mais expressiva na paisagem ou que tem o maior grau de conexão de sua área (METZGER, 2001). A matriz pode ser considerada uma área heterogênea, contendo uma variedade de unidades, representadas por áreas com diferentes tipos de uso. Essas unidades apresentam condições mais ou menos favoráveis para a sobrevivência dependendo das comunidades em questão (METZGER, 1999). Assim, a matriz exerce uma influência dominante sobre a flora, a fauna e processos ecológicos, cuja intensidade varia de acordo com a permeabilidade para os organismos (METZGER, 1999; McGARIGAL *et al.*, 2002). Nesse contexto, o tipo de uso do solo em torno dos habitats tem grande importância, pois pode implicar o grau de mobilidade de determinados organismos, tornando as comunidades mais ou menos isoladas.

As manchas são as áreas de vegetação ou do ecossistema estudado, considerando-se uma escala, um organismo em questão, e as diferenças intrínsecas dessas porções de habitat (McGARIGAL *et al.*, 2002). Podem ser manchas de áreas florestais ou campestres, por exemplo.

A formação de manchas pode ocorrer de forma natural, devido a fatores ambientais como saturação hídrica, tipo de solo, resultando na espacialização das áreas conforme a especificidades ecológicas das populações. Quando ocorre por ações humanas, como o desmatamento, as manchas remanescentes são chamadas de fragmentos.

A ocorrência de manchas ou fragmentos está atrelada ao surgimento de bordas. Nessa faixa de transição da área externa para a área nuclear, as taxas de luminosidade, de umidade e a temperatura sofrem alterações que refletem na distribuição de algumas espécies. Essas mudanças são denominadas como efeito de borda. Para Murcia (1986) o efeito de borda é resultado da interação de dois ecossistemas adjacentes separados por uma transição abrupta. Turner *et al.* (2001) definem borda como a porção de um

ecossistema ou tipo de cobertura próxima ao perímetro e dentro da qual as condições ambientais podem diferir dos locais de interior da mancha.

Segundo Rodrigues (1998), existem duas premissas referentes ao efeito de borda. A primeira é que a largura da faixa de borda não é fixa podendo variar com os aspectos considerados, e a segunda é a monotonicidade de efeito - quanto mais distante da borda, menores os efeitos da borda em virtude da redução da radiação solar e outros fatores.

O efeito de borda em manchas florestais envolve diferentes aspectos e mecanismos biológicos, principalmente a iluminação, mas também a orientação da borda, a umidade, a densidade e composição de indivíduos (RODRIGUES, 1998). A largura para a borda de uma mancha depende de inúmeros fatores, sendo difícil o consenso sobre uma medida padrão para cada ecossistema. Portanto, o formato ecologicamente ideal de uma mancha, deve ter uma grande porção de área nuclear, com o mínimo de bordas (FORMAN, 1995), levando em conta as especificidades do organismo ou do processo ecológico em questão. O tamanho mínimo viável para populações é bastante variável em função da espécie, descartando a existência de um valor único (METZGER, 2010).

É importante salientar que uma borda é diferente de um ecótono. Ecótono é resultado da mistura florística entre tipos de vegetação com estruturas fisionômica semelhante ou não, formando um gradiente (MURCIA, 1986; VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991). Logo, a determinação e interpretação do efeito de borda em manchas ficam subordinadas ao contexto que se encontram em relação à matriz e áreas vizinhas.

A definição de uma largura de borda determina a frequência dos corredores na paisagem. Os corredores, em certa escala, são faixas estreitas e ininterruptas da mesma mancha ligando uma área nuclear a outra (FORMAN; GODRON, 1986; HILTY *et al.*, 2006, VOGT, *et al.*, 2009). São áreas homogêneas que se distinguem das unidades vizinhas e que apresentam disposição espacial linear (METZGER, 2001), podendo ser estreitos ou largos, retilíneos ou meandantes (FORMAN, 1995). Os corredores podem facilitar os fluxos biológicos entre as áreas dependendo da escala estudada e de como o organismo percebe o ambiente (METZGER, 1999).

A implementação de corredores biológicos é uma das propostas para o restabelecimento dos fluxos e movimentos entre áreas isoladas (FORMAN, 1995; BEIER; NOSS, 1998; AYRES *et al.*, 2005). Entretanto, alguns autores discutem a

efetividade dos corredores em influenciar os fluxos biológicos e por serem possíveis rota para proliferação de doenças e parasitas (BEIER; NOSS, 1998; WORBOYS *et al.*, 2010). Os corredores podem atuar como canais, aumentando os fluxos entre áreas, ou atuar como barreiras ou filtros, inibindo os movimentos biológicos (FORMAN, 1995). Porém, em uma região fragmentada por processos antrópicos relativamente recentes, essas estruturas de conectividade são importantes para ampliar o grau de percolação das espécies através da paisagem (METZGER; DÉCAMPS, 1997).

Entre outros elementos que podem ser identificados em uma paisagem, as ilhas são áreas de habitat geograficamente isoladas, dispersas na matriz e pequenas a ponto de não possuírem uma porção nuclear, considerando-se uma medida de borda (VOGT *et al.*, 2009). Essas áreas possuem pouca chance de conectividade, sendo ocupada por espécies mais vageis, logo, os movimentos e fluxos biológicos ocorrem de acordo com as medidas, o caráter espacial e a distribuição dessas áreas, sem considerar explicitamente o papel da matriz (McGARIGAL *et al.*, 2002).

Os falsos-corredores são ramificações de manchas com formato semelhante a corredores, porém não interligam duas áreas distintas, ou seja, são projeções de áreas não-nucleares conectados a uma única mancha (VOGT *et al.*, 2009).

A Ecologia de Paisagem emprega métricas e índices que quantificam os padrões espaciais e que auxiliam no entendimento de suas relações com os processos ecológicos (FORMAN; GODRON, 1986; McGARIGAL *et al.*, 2002). Essas ferramentas, enquanto descritores da paisagem proporcionam uma valiosa visão das similaridades e diferenças de estrutura e função entre mosaicos de cobertura vegetal em diferentes paisagens. A estrutura refere-se às relações espaciais entre ecossistemas distintos, a distribuição de energia, materiais e espécies em relação ao tamanho, forma, quantidade, tipos e configuração dos componentes do ecossistema. A função é representada pela interação entre os elementos espaciais: fluxo de energia, materiais e espécies entre os componentes ecossistêmicos (FORMAN; GODRON, 1986). Dessa forma, essa ciência analisa processos ecológicos como natalidade, imigração, polinização, dispersão, competição e variabilidade genética em um contexto espacial (METZGER, 2001).

As métricas estão organizadas em níveis, começando pelas de mancha, para avaliar o caráter espacial no contexto de porções de habitat, seguindo pelas métricas de classe, para um determinado tipo de unidade de paisagem estudado (floresta, campo, etc.), e as métricas de paisagem que integram todos os ecossistemas da paisagem em questão (McGARIGAL *et al.*, 2002). As métricas também são classificadas de acordo

com o tipo de padrões avaliados. As métricas estruturais medem a composição física e a configuração do mosaico da paisagem, como tamanho de mancha e formato, sem considerar um processo ecológico particular. Já as métricas funcionais, avaliam o padrão da paisagem levando em conta os atributos de um determinado processo ecológico, como largura da borda, para isso exigem parâmetros adicionais antes dos cálculos (McGARIGAL *et al.*, 2002).

2.2 Floresta com Araucária

A Floresta com Araucária, classificada pelo IBGE como Floresta Ombrófila Mista – FOM (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991), é um dos ecossistemas do Bioma Mata Atlântica expresso naturalmente nos planaltos sul-brasileiros. A região de ocorrência dessa floresta é caracterizada pela presença do pinheiro *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze, natural de zonas temperadas (CASTELLA; BRITEZ, 2004).

A Floresta com Araucária se estendia originalmente por aproximadamente 180.000 km², sobretudo nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (CASTELLA; BRITEZ, 2004). Atualmente é apontada entre as ecorregiões mais ameaçadas (MMA, 2002), reduzida a menos de 5% de sua área original. (MMA, 2000; CASTELLA; BRITEZ, 2004).

De acordo com a cota de altitude na qual ocorre, a FOM apresenta espécies e associações distintas que podem ser categorizadas em diferentes formações (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991): FOM Submontana, em regiões com 50 até mais ou menos 400 m de altitude; FOM Montana, em regiões com 400 até mais ou menos 1000 m de altitude; e FOM Altomontana, quando situadas a mais de 1000 m de altitude. Quando ocorre nas margens dos canais fluviais, é classificada como FOM Aluvial, ocupando principalmente áreas inundáveis e terraços antigos, e frequentemente coligada às formações vegetais pioneiras.

A FOM Aluvial (FOMA) (Figura 1) é uma formação ribeirinha, que ocupa os terrenos aluvionais situados nos flúvios dos planaltos com predominância de espécies higrófilas (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991). No Paraná, a FOMA apresenta espécies como *Araucaria angustifolia* (Pinheiro-do-Paraná), *Luehea divaricata* (açaita-cavalo) e *Blepharocalyx longipes* (cambuí) no estrato emergente, e *Sebastiania commersoniana* (branquinho) no estrato arbóreo contínuo, ocupando solos com maior

saturação hídrica. Também podem ser encontrados *Ocotea porosa* (imbuia), *Cinnamomum sellowianum* (canela-raposa), *Schinus terebintifolius* (aroeira), *Allophylus edulis* (vacum), entre outros (CARMO *et al.*, 2007).



Figura 1: A Floresta Ombrófila Mista Aluvial (FOMA). Ao fundo observa-se a Araucária emergindo do dossel e, em primeiro plano, a ocorrência das Formações Vegetais Pioneiras com Influência Fluvial, na planície de inundação do Rio Jotuba. Autor: Tiago Katu Pereira, 01/2011 (UTM: 603349 e 7239174).

De acordo com CURCIO (2006) há uma clara distinção entre as espécies ripárias que ocupam ambientes sob influência do lençol freático ascensional (floresta higrófila), daquelas de encostas (floresta mesófila). O termo mesófilo relaciona-se às espécies botânicas que se desenvolvem sobre solos não hidromórficos (bem a excessivamente drenados), podendo eventualmente conter a presença de fluxos hídricos subsuperficiais, contudo abaixo da profundidade de um metro. Áreas higrófilas se aplicam à cobertura vegetal que apresenta desenvolvimento normal sobre solos semi-hidromórficos (moderadamente drenados), nos quais a altura do lençol freático atinge com frequência a profundidade de 50 a 100 cm. As espécies suportam maior tempo de saturação hídrica plena do que as espécies mesófilas.

Associadas à FOMA ocorrem Formações Pioneiras com Influência Fluvial (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991), adaptadas aos terrenos frequentemente ou permanentemente inundados nas planícies dos rios. Trata-se de uma vegetação hidrófila de primeira ocupação de caráter edáfico, que se desenvolve nos terrenos rejuvenescidos pelos seguidos alagamentos e deposições pelos rios. Essas comunidades vegetais são

compostas por espécies herbáceo-arbustivas, das famílias Poaceae, Cyperaceae, Xyridaceae, principalmente.

2.3 Zonas Ripárias

As margens dos corpos d'água são áreas naturalmente influenciadas pelas inundações temporárias, sendo consideradas como a transição entre os ecossistemas terrestre e o aquático (ARIZPE *et al.*, 2008). Considerando Gregory *et al.* (1991), Kobiyama (2003) e Arizpe *et al.* (2008), a zona ripária pode ser definida como uma faixa ecotonal ao longo dos leitos dos rios, em um espaço tridimensional que inclui vegetação, solo e corpo d'água num processo essencialmente hidrodinâmico. O ambiente ripário estende-se horizontalmente até o limite inundável, e verticalmente até o topo da copa da vegetação. É considerado um sistema aberto, interligado dinamicamente, longitudinal, lateral e verticalmente por processos hidrológicos e morfológicos, e pela sucessão da vegetação (GREGORY *et al.*, 1991).

A zona ripária ocupa, portanto, uma das áreas mais dinâmicas da paisagem, onde a distribuição e composição das comunidades de plantas refletem a história de inundação (KOBİYAMA, 2003). Nesses ambientes ocorrem tipos diversos de associações vegetais, adaptadas às condições específicas impostas pela elevação periódica do nível da água, que podem representar estágios de sucessão na evolução da vegetação da zona ripária.

Na delimitação prática das fronteiras das zonas ripárias devem ser considerados especificamente ambientes lóticos e os limites da vegetação ripária higrófila, de porte arbóreo, que interagem com a superfície e a subsuperfície aquática através de uma forte relação funcional e estrutural (ARIZPE *et al.*, 2008). As áreas de vegetação hidrófila, compostas por espécies herbáceas, por possuírem atributos espaciais e hidrológicos diferenciados, não são incluídas na definição de zona ripária na opinião de alguns especialistas (INNIS *et al.*, 2000). Contudo, como se trata de espécies que se desenvolvem em terrenos com saturação hídrica, não há um consenso sobre quais tipos de formações vegetais se incluem (ARIZPE *et al.*, 2008).

Toda a extensão da zona ripária sofre permanente influência da regulação hídrica dos corpos d'água (ARIZPE *et al.*, 2008). Os tipos de cobertura vegetal que ocupam as planícies de inundação, embora morfológicamente diferentes, desempenham funções importantes para a conservação e a manutenção dos recursos hídricos, principalmente no que se refere aos aspectos qualitativos do corpo d'água (ARIZPE *et al.*, 2008). A

vegetação estabelecida nestas áreas promove a contenção dos sedimentos atenuando a erosão do solo e assoreamento do canal, colaborando com a integridade das margens (GREGORY *et al.*, 1991). As zonas ripárias são comumente reconhecidas como corredores para movimentos de animais, mas também desempenham um papel potencial na paisagem como corredor para dispersão de plantas (GREGORY *et al.*, 1991).

A efetividade destas faixas de vegetação depende de uma série de fatores, dentre eles o tipo de serviço ecossistêmico considerado e a largura de vegetação preservada suficiente para que desempenhem de forma satisfatória todas as funções (SBPC/ABC, 2011). Em muitos casos, devido à exploração intensa, os últimos remanescentes relativamente contínuos de FOM estão nas zonas ripárias. Essas faixas de vegetação nativa ao longo das margens dos cursos d'água integram as Áreas de Proteção Permanente no Brasil (CONAMA, 2002) e, atualmente, são priorizadas no planejamento de corredores de biodiversidade no Estado do Paraná (PARANÁ, 2006).

3. DELIMITAÇÃO E FRAGMENTAÇÃO DAS ZONAS RIPÁRIAS: PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo apresenta, primeiramente, a caracterização da área de estudo, com a localização geográfica e os aspectos ambientais da região. Posteriormente, há a caracterização dos atributos físicos da área, como geologia, geomorfologia, clima, pedologia, hidrografia, vegetação, além do uso do solo e unidades de conservação. Por fim, demonstra o procedimento metodológico utilizado para atingir os objetivos desta pesquisa, tais como os métodos de delimitação das áreas e o tratamento dos dados.

3.1 Área de Estudo

O Rio Pitangui, assim como muitos outros rios paranaenses, é um curso d'água geologicamente antigo, que antecede a formação do relevo atual. Apresenta nascente e trechos meandantes e encaixados no Primeiro Planalto Paranaense (PPP), e após seu represamento no reservatório de Alagados penetra no Segundo Planalto Paranaense (SPP) através da Escarpa Devoniana (ED), num curso encaixado em fraturas geológicas (MELO *et al.*, 2010). Dessa maneira, a bacia do Rio Pitangui possui cerca de um terço de seu território situado no PPP, enquanto os dois terços restantes situam-se no relevo de transição e no SPP.

O enquadramento geográfico impõe diferenças expressivas entre as áreas da bacia do Rio Pitangui. O relevo por onde correm rios antecedentes não permite a definição de uma unidade natural ecogeofisiográfica que possibilite uma visão sistêmica e integrada devido, principalmente, à clara delimitação topográfica e até certo ponto uma independência de processos climatológicos, hidrológicos, geológicos e ecológicos. Portanto, para o recorte espacial foi considerada apenas a porção da bacia no PPP, a montante da represa de Alagados, limitando as análises ao terço superior do Rio Pitangui.

O Rio Jotuba é o principal afluente da margem direita do Rio Pitangui. Têm nascentes no SPP sobre a Escarpa Devoniana e corre para o PPP, onde deságua atualmente na região lântica da represa de Alagados.

De tal modo, o curso superior do Rio Pitangui e todo o afluente Jotuba são os principais canais contribuintes da bacia do manancial de Alagados, no Primeiro Planalto Paranaense. A área está localizada entre os municípios de Ponta Grossa, Castro e

Carambeí (Figura 2). Estende-se de leste desde a Serra das Areias no distrito de Abapã, município de Castro, onde se localizam as nascentes do Rio Pitangui, para oeste até o início do SPP na Escarpa Devoniana, onde se encontram as nascentes do Rio Jotuba e o represamento do Rio Pitangui. Têm por limites as coordenadas UTM - 592000 a 624000 e 7226300 a 7249800 (UEPG/NUCLEAM, 2002).

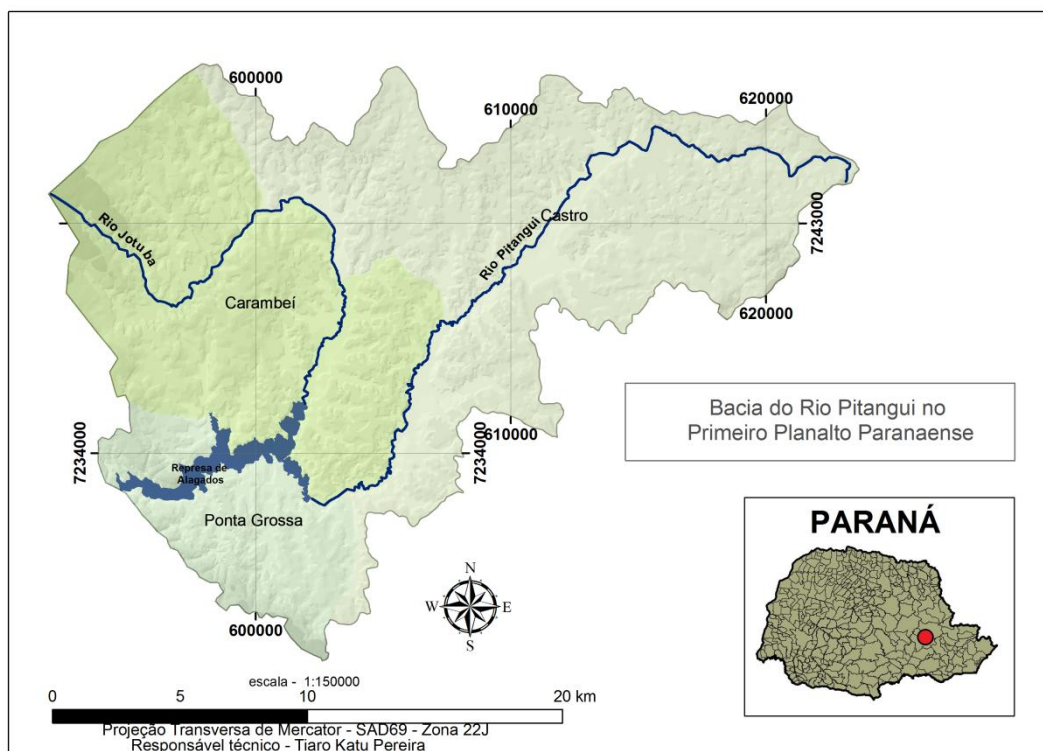


Figura 2: localização geopolítica da bacia do rio Pitangui no PPP, entre os municípios de Castro, Carambeí e Ponta Grossa, incluindo a represa de Alagados.

Partes dos cursos desses dois principais rios correm por terrenos relativamente de baixa declividade, que favorece o extravasamento das águas nas planícies ribeirinhas. Assim sendo, os limites das paisagens estudadas incluem apenas as áreas naturais nas zonas ripárias dos rios Pitangui e Jotuba. Contudo, foi realizada a caracterização ambiental de toda região da bacia do Rio Pitangui no PPP, devido à interdependência dos processos entre esses dois principais rios e os atributos de toda a bacia.

3.2 Atributos Físicos da Região

3.2.1 Geologia da bacia do Rio Pitangui no PPP

As zonas ripárias dos rios Pitangui e Jotuba estão embasadas principalmente por rochas metamórficas de idade Neoproterozóica do Complexo Granítico Cunhaporanga,

assim como quase toda a área da bacia de Alagados. Em menores proporções, nas cabeceiras destes rios, sem contato com as zonas ripárias, portanto, ocorrem rochas dos Grupos Castro e Itaiacoca, além das rochas sedimentares pertencentes à Formação Furnas e os sedimentos aluvionais Quaternários (Figura 3).

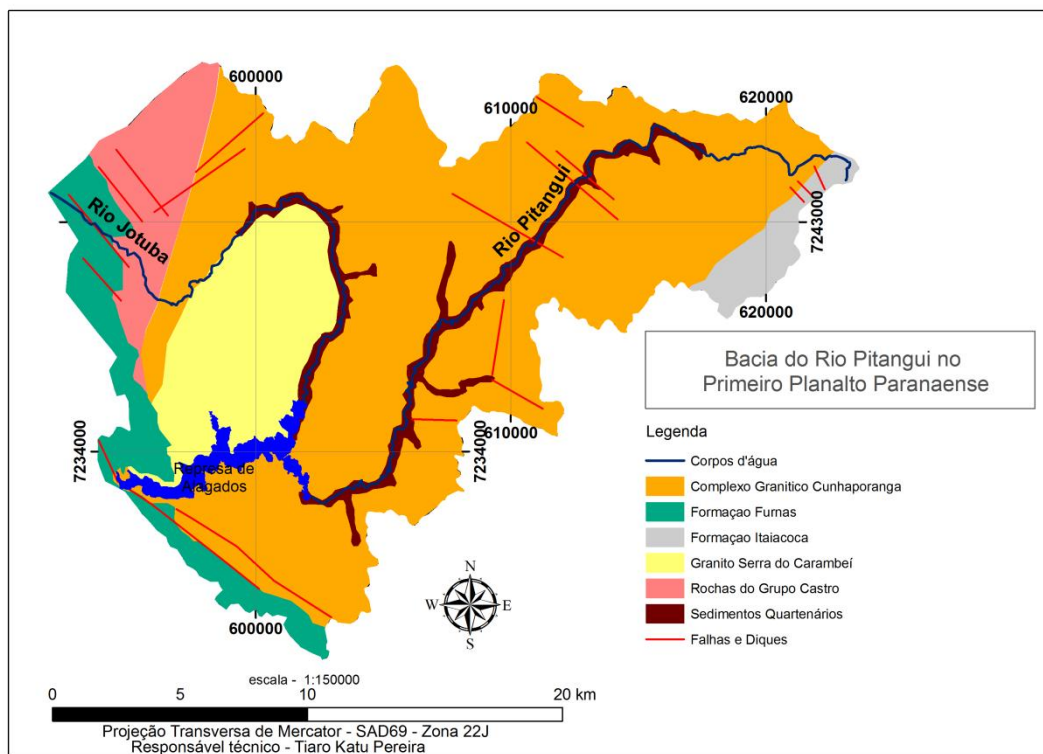


Figura 3: geologia das bacias sob estudo.

Fontes: Compilado do Mapa Geológico do Estado do Paraná, Folhas SG22_X_A e SG22_X_C (1:250.000) (MINEROPAR, 2006), e do Mapeamento Geológico da Folha de Ponta Grossa (1:100.000) (MINEROPAR, 2007).

a) Sedimentos Quaternários

Nesta escala dos dados geológicos, as zonas ripárias dos rios Pitangui e Jotuba se imprimem quase que totalmente sobre depósitos Quaternários inconsolidados que ocorrem na forma de aluviões nas planícies de inundação. A composição desses depósitos apresenta variações significativas em composição, textura e estrutura, sugerindo relacionamentos com processos deposicionais, regime hidrológico da bacia hidrográfica e variações paleoambientais. Esses depósitos são constituídos predominantemente por materiais argilosos com espessuras variando de submétrica a métricas, com depósitos arenosos subordinados. O predomínio de material detrítico argiloso deve-se aos tipos de rochas encontrados na região, representadas

dominantemente por granitos ricos em feldspatos, que originam minerais secundários argilosos principalmente a partir do intemperismo (UEPG/NUCLEAM, 2002).

b) Complexo Granítico Cunhaporanga

Sob os depósitos aluvionais, o Complexo Granítico Cunhaporanga destaca-se como a unidade litoestratigráfica mais expressiva na bacia de Alagados, embasando toda a faixa central, do sul ao norte da área, numa região topograficamente dissecada, onde os raros afloramentos são encontrados principalmente ao longo das drenagens e na forma de matacões esparsos (UEPG/NUCLEAM, 2002).

O Complexo Granítico Cunhaporanga constitui um batólito de forma alongada, com eixo maior na direção NE-SW, cuja intrusão deu-se no Neoproterozóico, entre 650 e 700 MA. Ocorre numa área de aproximadamente de 2.500km² que se estende da Represa de Alagados, em Ponta Grossa, sob os arenitos da Formação Furnas, até a região de Jaguariaíva, onde novamente é recoberto pelo mesmo arenito. (UEPG/NUCLEAM, 2002).

c) Granito Serra de Carambeí

Na região centro-oeste da bacia, aflora o Granito Serra de Carambeí, no extremo sudoeste do Complexo Granítico Cunhaporanga, que o circunscreve e ao qual pertence (GODOY, 2010). A sua posição geográfica define o curso do Rio Jotuba que, por sua vez, corre margeando toda a face de norte e leste dessa massa granítica.

O Granito Serra de Carambeí constitui um corpo de formato ligeiramente elíptico, com eixo maior na direção geral NE-SW e com área aproximada de 48 km². Possui uma grande homogeneidade litológica, com predominância de granulação média a grossa (GODOY, 2010).

d) Estruturas Geológicas

Na região da bacia do Rio Pitangui ocorre uma grande quantidade de diques de rochas máficas originados a partir da deformação crustal conhecida como Arco de Ponta Grossa (cerca de 130 milhões de anos). Essa deformação apresenta eixo na direção noroeste-sudeste, com mergulho para noroeste, cujo auge de formação ocorreu no Permiano Inferior (UEPG/NUCLEAM, 2002). Por decorrência da deformação do terreno, a bacia do Rio Pitangui é segmentada entre o Primeiro e o Segundo Planalto Paranaense na região da Escarpa Devoniana.

Esforços distensivos de direção nordeste-sudoeste relacionados a esse arco e gerados a partir de movimentos epirogenéticos, deram origem a muitas falhas abertas e profundas. Estas falhas apresentam direção geralmente noroeste-sudeste e permitiram a ascensão de magma básico, que veio a formar diques e *sills* de diabásio de grande extensão. Outro sistema de falhas de direção NE é provavelmente resultante de uma reativação de lineamentos estruturais pré-existentes. (UEPG/NUCLEAM, 2002; MELO *et al.*, 2010).

3.2.2 Geomorfologia da bacia do Rio Pitangui no PPP

A bacia do Rio Pitangui no PPP caracteriza-se por um relevo que varia de suave ondulado, a ondulado ou mesmo plano, com declividades entre 0 e 20% conforme classificação da EMBRAPA (2008). Os rios Pitangui e Jotuba correm, em parte, por terrenos de feições homogêneas que permitem o extravasamento de seus leitos (Figura 4). As feições heterogêneas são controladas pelo Granito Serra de Carambeí e Complexo Granítico Cunhaporanga.

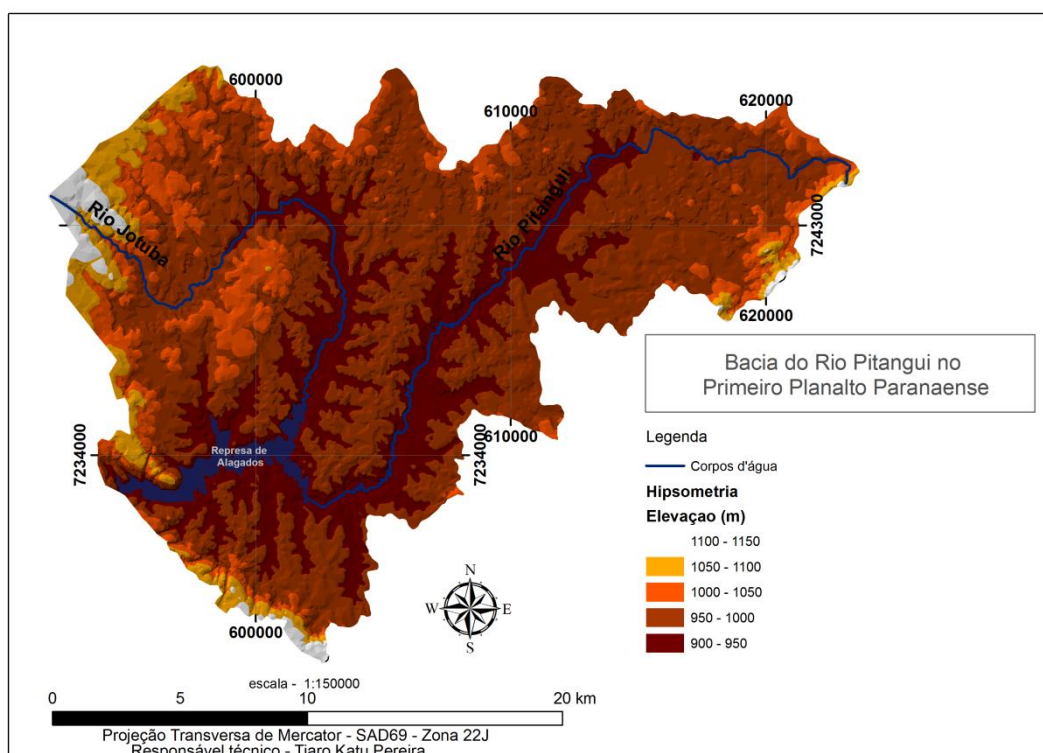


Figura 4: modelo digital de elevação do terreno (MDT) da bacia do Rio Pitangui no PPP.

A região mais acidentada, porém, constitui a borda oeste da bacia na transposição do Primeiro para o Segundo Planalto, onde nasce o Rio Jotuba. Nessa região ocorre o escarpamento do arenito Furnas (Escarpa Devoniana), cujas amplitudes topográficas locais chegam a atingir mais de 200 metros (MELO *et al.*, 2010).

O relevo e os processos da dinâmica superficial são fortemente influenciados por estruturas rúpteis como falhas e fraturas, relacionadas às deformações do embasamento Proterozóico e a eventos geológicos mais recentes (UEPG/NUCLEAM, 2002).

Lineamentos estruturais proterozóicos, de direção geral NE-SW, controlam os vales principais dos rios Pitangui e Jotuba. Porém, as nascentes destes rios e inúmeros pequenos tributários, são controlados por falhas e fraturas de direção NW-SE, geralmente preenchidas por diques básicos, relacionados ao Arco de Ponta Grossa (UEPG/NUCLEAM, 2002).

3.2.3 Clima regional

O clima na região, de acordo com a classificação climática de Köppen, é tipo Cfb, isto é, zona temperada sempre úmida, cujas características principais são: temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C, temperatura do mês mais quente inferior a 22°C e inexistência de estação seca definida (UEPG/NUCLEAM, 2002).

Quanto ao regime de chuvas, o período mais seco é no inverno, entre junho a agosto, com total médio de 250 a 350 mm, e ventos predominantemente na direção NW. O período mais chuvoso é no verão, entre dezembro a fevereiro, com total médio de 500 a 600 mm, e ventos NE. O total anual de precipitação médio está entre 1.400 a 1.600 mm para a região (UEPG/NUCLEAM, 2002; CRUZ, 2007).

3.2.4 Hidrografia da bacia do Rio Pitangui no PPP

A hidrografia regional, em função de fatores físicos naturais, caracteriza-se por uma densa e perene rede de drenagem, principal responsável pelos processos morfogenéticos de esculturação do relevo. Devido à grande incidência de cursos d'água encaixados em lineamentos estruturais, a rede de drenagem apresenta um padrão subparalelo a subdendrítico (Figura 5) (UEPG/NUCLEAM, 2002).

A bacia do Rio Pitangui no PPP pode ser segmentada em três setores: área drenada pelos dois principais cursos d'água mais a área de contribuição da represa. Desta forma subdivide-se em: Orla da Represa, desconsiderada na definição das zonas

ripárias, de acordo com a metodologia empregada, Sub-bacia do Rio Jotuba e Sub-bacia do Rio Pitangui (UEPG/NUCLEAM, 2002).

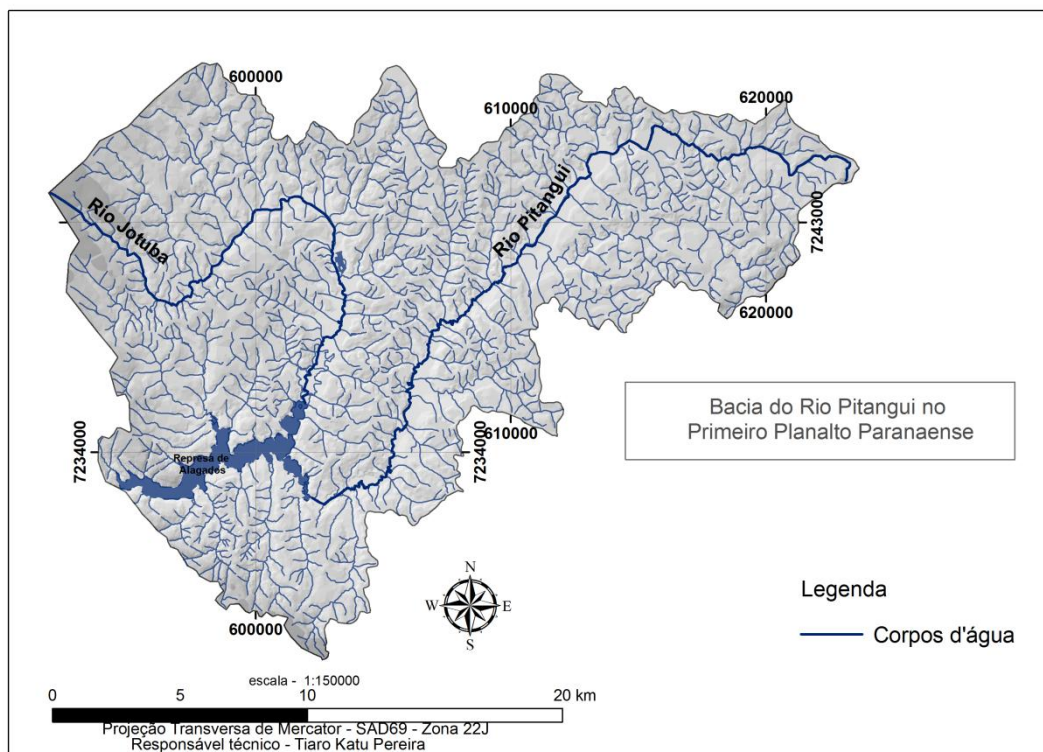


Figura 5: mapa hidrográfico da bacia do Rio Pitangui no PPP.
Fonte: Ortofotocartas Engefoto, 2001.

A Sub-bacia do Rio Pitangui abrange a porção NE da área, com 17.000 ha, cujo principal canal apresenta curso no sentido NE-SW desde suas nascentes, apresentando deflexões à esquerda até atingir os limites do lago (UEPG/NUCLEAM, 2002).

A Sub-bacia do Rio Jotuba, com 13.380 ha, abrange a porção NW da bacia de Alagados. O curso principal do Rio Jotuba segue orientação NE até as proximidades do divisor de águas Norte, apresentando deflexão contínua à direita, até aproximadamente 180°, retornando com orientação SW, até atingir sua foz nos limites do lago formado pela represa. Dessa forma, o canal do rio contorna a área de ocorrência do Granito Serra de Carambeí (UEPG/NUCLEAM, 2002).

3.2.5 Solos nas áreas ripárias

Especificamente nas zonas ripárias dos rios Pitangui e Jotuba no PPP ocorrem predominantemente ORGANOSSOLOS associados à GLEISSOLOS (BOGNOLA *et al.*, 2002; FASOLO *et al.*, 2002; EMBRAPA, 2007). Para o restante da bacia há ampla

distribuição de CAMBISSOLOS HÁPLICOS em contato com os solos das planícies de inundação. (Figura 6).

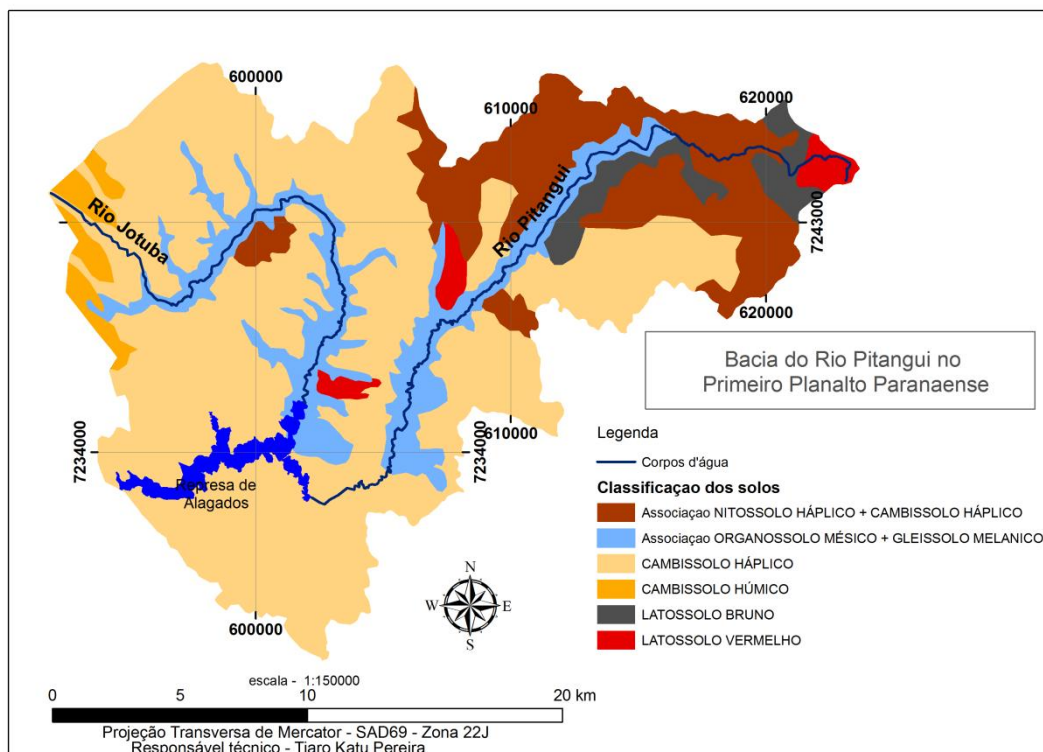


Figura 6: mapa de Solos da bacia do Rio Pitangui no PPP.

Fonte: Mapeamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná, folhas MI-506 e MI-513 (1:250.000) (EMBRAPA, 2007), e Mapeamentos dos Solos dos Municípios de Carambeí e Castro (1:100.000) (BOGNOLA *et al.*, 2002; FASOLO *et al.*, 2002).

a) ORGANOSSOLOS e GLEISSOLOS

São solos hidromórficos, essencialmente orgânicos, pouco evoluídos e acumulados em ambientes mal ou muito mal drenados. Estes solos se desenvolveram sob condições de permanente encharcamento, com lençol freático à superfície, ou próximo dela, durante a maior parte do ano, a menos que tenham sido artificialmente drenados. Esses solos ocorrem predominantemente nas partes mais baixas das várzeas, em cotas altimétricas muito próximas às dos rios. (BOGNOLA *et al.*, 2002; FASOLO *et al.*, 2002).

Sob as áreas de floresta higrófila no Rio Jotuba foi verificada a ocorrência de GLEISSOLO HÁPLICO, com o lençol freático a apenas 80 cm da superfície (MORO, 2011).

b) CAMBISSOLOS

Os CAMBISSOLOS são solos minerais, rasos a medianamente profundos, bastante pobres e ácidos, com teores baixos de matéria orgânica no horizonte A. Distribuem-se desde os topos, em relevos planos a suave ondulados até os terços inferiores de relevos ondulados a forte ondulados e até mesmo em encostas mais íngremes. O relevo que apresenta esse tipo de solo nessa região torna-se fator limitante para a mecanização agrícola, pelo menos em áreas extensas (BOGNOLA *et al.*, 2002; FASOLO *et al.*, 2002).

3.2.6 Vegetação ripária

Para Veloso, Rangel Filho e Lima (1991), nas zonas ripárias dos rios Pitangui e Jotuba ocorrem áreas de Floresta Ombrófila Mista Aluvial (FOMA), predominantemente higrófilas associada a formações vegetais hidrófilas. As espécies típicas destas matas são: branquinho-do-brejo (*Sebastiania commersoniana*), tajuvinha (*Sebastiania brasiliensis*), catiguá (*Trichilia elegans*), guamirim-de-facho (*Calypttranthes concinna*), guamirim-chorão (*Myrcia retorta*), guaçatunga (*Casearia decandra*), bugreiro (*Lithraea molleoides*), cambuí (*Myrcia multiflora*, *M. arborescens*), guamirim-branco (*Myrcia obtecta*), casca-d'anta (*Drymis winteri*), guamirim (*Myrcia breviamis*), laranjeira-do-mato (*Actinostemon concolor*), Cambuí-do-brejo (*Myrciaria tenella*), vacum (*Alophylus edulis*), canela-fedida (*Nectandra grandiflora*), canela-raposa (*Cinnamomum sellowianum*), canela-lajeana (*Ocotea pulchella*), aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius*), capororoquinhas (*Myrsine ferruginea* *M. acuminata*), cambará (*Gochnatia polymorpha*), congonhas (*Ilex dumosa*, *I. theezans*), guaraperê (*Lamanonia speciosa*), guaperê (*Clethra scabra*), coqueiro-jerivá (*Syagrus romanzoffiana*), açoita-cavalo (*Luehea divaricata*), angico-branco (*Anadenanthera colubrina*) e ipê (*Handroanthus albus*), não raro cobertos por barba-de-bode (*Tillandsia usneoides*) (UEPG/NUCLEAM, 2002). Nessas matas há presença de plantas higrófilas como xaxins (*Dicksonia*, *Alsophila*, *Nephelea*), antúrios e bromélias tanque (*Aechmea*, *Wittrockia*), variadas samambaias terrícolas e epífitas (MORO *et al.*, 1996; MILAN, 2011). O índice de diversidade de Shannon para um trecho de FOMA no Rio Jotuba foi de 3,39, considerado alto em comparação com outras áreas ripárias (MILAN, 2011).

De acordo com levantamentos florísticos (ALMEIDA, 2008b; LIEBSCH; MIKICH, 2009; MIODUSKI, 2011), as principais famílias botânicas que ocorrem nas florestas higrófilas da região dispersam por zoocoria e por autocoria, ou seja, com

auxílio de animais ou por mecanismos próprios, como a deiscência explosiva. Com relação ao período, as famílias típicas da FOM florescem de outubro a dezembro e frutificam de dezembro a abril, geralmente (LIEBSCH; MIKICH, 2009).

Segundo Kozera *et al.* (2009) as herbáceas são as formas biológicas dominantes na fisionomia e na florística da vegetação de várzea, mas também ocorrem espécies subarborescentes e trepadeiras. As espécies hidrófilas encontradas em várzeas são principalmente a corticeira-do-banhado (*Erythrina crista-galli*), flor-das-almas (*Senecio bonariensis*), cruz-de-malta (*Ludwigia peruviana*), estrela-d'água (*Nymphoides indica*), aguapé (*Pontederia*), língua-de-vaca (*Rumex*), ciperáceas várias e lobélias (MORO, 2001). Kozera *et al.* (2009), obtiveram alta diversidade na composição de espécies em uma área de várzea em Balsa Nova – PR, inserida na APA da Escarpa Devoniana. Foram identificadas espécies de *Paspalum*, *Andropogon*, *Saccharum*, *Arundinella*, *Otachyrium*, *Axonopus*, *Xyris*, *Eriocaulon* e *Eleocharis*. As principais famílias foram Poaceae, Cyperaceae, e Asteraceae, compondo 50% do total de espécies, comumente apresentando estratégias para a sobrevivência e reprodução no meio saturado, como a elevada produtividade e a propagação vegetativa (KOZERA *et al.*, 2009).

Na transição entre as florestas mesófilas de áreas drenadas e as florestas higrófilas das zonas ripárias, as espécies mais importantes incluem *Sebastiania commersoniana*, *Araucaria angustifolia*, *Myrceugenia ovata*, *Myrciaria tenella*, *Matayba elaeagnoides* e *Clethra scabra* (MIODUSKI, 2011).

3.2.7 Uso da Terra na bacia do Rio Pitangui no PPP

O uso da terra no entorno das zonas ripárias dos rios Pitangui e Jotuba é caracterizado por intensa atividade com pastagens, cultivo intensivo e semi-intensivo, entre porções de vegetação nativa (ROCHA; WEIRICH NETO, 2010), bem como reflorestamentos com espécies exóticas.

A bacia do Pitangui no PPP possui aproximadamente 16% de paisagens remanescentes nativas (ROCHA; WEIRICH NETO, 2010). Segundo Gonçalves (2011), a sub-bacia do Rio Pitangui no PPP apresenta 45% de florestas, 25% de campos e 30% de agricultura. A sub-bacia do Jotuba possui 46,8% de florestas, 25,5% de campos e 27,7% de áreas agrícolas. Nas cabeceiras dos rios se encontram as maiores áreas florestais contínuas da bacia do Rio Pitangui no PPP, e na transição para o SPP, onde nasce o Rio Jotuba, ocorre o ecótono entre a FOM e as Estepes.

As principais culturas na área são soja, milho, feijão, aveia, trigo e triticale, caracterizadas por agricultura mecanizada e larga utilização de insumos agrícolas (UEPG/NUCLEAM, 2002). Na região é amplamente empregado o Sistema de Plantio Direto sobre a palha (UEPG/NUCLEAM, 2002).

Os cursos dos rios Pitangui e Jotuba são cortados por várias estradas cascalhadas que servem às propriedades rurais como vias de escoamento da produção, inclusive a rodovia PR-090, também denominada de Estrada do Cerne. A zona ripária do Rio Jotuba é interrompida longitudinalmente no trecho final próximo à represa de Alagados, por uma linha férrea em atividade.

A represa de Alagados garante parte do abastecimento de água da cidade de Ponta Grossa, além de participar do sistema integrado de geração de energia elétrica através das usinas São Jorge e Pitangui (UEPG/NUCLEAM, 2002). Ocorre monoculturas de *Pinus* e de Eucalipto. As espécies de *Pinus* cultivadas na região são extremamente prejudiciais ao equilíbrio ecológico das comunidades vegetais da bacia, especialmente as campestres rochosas. A influência do *Pinus* sobre a biota nativa é degradante, sobretudo com relação à sua agressiva irradiação pelos campos (ZILLER; GALVÃO, 2002).

3.2.8 Unidades de Conservação da região

A região onde se localiza a bacia é considerada de Alta e Extremamente Alta Importância para a Conservação, de acordo com o levantamento de Áreas Prioritárias para a Conservação do Probio (MMA, 2002), reconhecidas oficialmente pelo Governo Federal através do Decreto 5092/2004 e da Portaria MMA 09/2007, e áreas campestres valiosas no Cone-Sul (GRANDO *et al.*, 2004).

A porção sul da zona ripária do Rio Pitangui, próxima a represa de Alagados, se insere no Parque Nacional dos Campos Gerais, criado em 2006, que abriga importantes remanescentes de FOM e campos nativos da região.

As nascentes do Rio Jotuba estão localizadas na Área de Proteção Ambiental Estadual (APA) da Escarpa Devoniana, criada em 1992, na região de transição entre o Primeiro e o Segundo Planalto Paranaense.

3.3 Procedimentos Metodológicos

A base cartográfica da bacia do Rio Pitangui no PPP foi preparada com dados de ortofotocartas digitais na escala 1:10.000, geradas pela empresa ENGEFOTO no ano de

2001, cedidas pelo Núcleo de Estudos em Meio Ambiente da UEPG – NUCLEAM, de arquivos vetorizados contendo os limites da área, da rede hidrográfica e de curvas de nível (equidistância de 20 m). Para complementar a caracterização dos atributos físicos da bacia, foram compiladas as informações dos mapeamentos de solos e de geologia, posteriormente georreferenciados na mesma escala.

Para o geoprocessamento foram utilizados os programas Quantum GIS – Versão 1.5.0-Tethys, sob a licença GNU *General Public Licence*, e ArcGIS 9, disponibilizado pelo Departamento de Geociências da UEPG. Os arquivos de imagens foram construídos com *pixels* de 2m x 2m, nas direções X e Y, tornando as avaliações mais precisas com menor margem de erros.

A delimitação das zonas ripárias e o delineamento dos polígonos das áreas avaliadas nos rios Pitangui e Jotuba se deram por fotointerpretação. Foram considerados apenas os leitos lóticos dos cursos dos rios no PPP, isto é, os trechos de água corrente, descartando, portanto, a porção lântica da represa. Na definição da amplitude lateral das zonas ripárias, foi adotado como critério de inclusão o nível máximo das inundações periódicas em áreas ocupadas por vegetação nativa (ARIZPE *et al.*, 2008; ATTANASIO *et al.*, 2006). Foram desconsideradas das análises as áreas ripárias antropizadas, tais como retificações de várzeas ou assoreamento provocado pela erosão de lavouras e estradas. Intervenções antrópicas com potencial para alteração hidrológica (aterros para estradas e pontes, canais para drenagem e outros) foram consideradas como pontos de fragmentação das zonas ripárias dos rios Pitangui e Jotuba (ARIZPE *et al.*, 2008).

Os tipos de associações vegetais (fitocenoses) da metacomunidade que ocupa as zonas ripárias foram: UP de florestas ripárias (FR) (Figura 7) classificadas como FOMA (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991), compostas por espécies arbustivo-arbóreas higrófilas; e UP de vegetação herbácea hidrófila (VH) (Figura 8), ocupada por Associações Vegetais Pioneiras com Influência Fluvial (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991), estabelecidas nas áreas hidromórficas também conhecidas como várzeas.



Figura 7: floresta ripária (FR) composta por vegetação arbustivo-arbórea higrófila, às margens do Rio Jotuba.

Autor: Tiaro Katu Pereira, 01/2011 (UTM: 603303 e 7239094).



Figura 8: vegetação herbácea hidrófila (VH) às margens do Rio Pitangui. Ao fundo a floresta ripária margeando o rio em contato com a vegetação mesófila nos terrenos drenados da encosta.

Autor: Tiaro Katu Pereira, 04/2011 (UTM: 602567 e 7231775).

A chave de identificação das unidades de paisagem de floresta ripária (FR) e de vegetação hidrófila (VH) levou em conta o porte da vegetação (em termos de coloração e textura da imagem) e sua relação com a topografia (curvas de nível) e a geomorfologia do canal. Levantamentos de campo enriqueceram os detalhes na diferenciação dos padrões da vegetação e na definição dos limites das zonas ripárias.

Foram desconsideradas neste estudo, por uma questão de escala, as diferenças intrínsecas entre as áreas do mesmo tipo de vegetação arbórea nas zonas ripárias, como as variações nos estágios de sucessão da vegetação (dependentes do histórico de uso) e a distribuição de espécies higrófilas e mesófilas (dependentes da ascensão freática). Desta

forma, ponderou-se que todas as áreas mapeadas como FR apresentam relativamente o mesmo potencial ecológico. Quanto às áreas de VH, foram desconsideradas as variações fisionômicas da vegetação.

As métricas descritoras da paisagem foram calculadas no *software* FRAGSTATS (versão 3.3) (McGARIGAL *et al.*, 2002). Para as métricas funcionais é possível adicionar algoritmos que simulam diferentes padrões na paisagem, conforme o processo em questão. Para as análises de distâncias entre manchas utilizou-se a regra das oito células. Dessa forma as métricas levaram em consideração extensões em direções cardinais e diagonais na busca de polígonos vizinhos.

A designação do elemento matriz ficou dependente da UP considerada. Na escala de estudo, as zonas ripárias constituem somente duas unidades na paisagem. Portanto, quando se enfocou florestas ripárias (FR), o elemento matriz foi representado pelas várzeas (VH) e pelas áreas que limitam com as zonas ripárias (floresta mesófila, campos, agricultura, estradas, áreas drenadas artificialmente, etc.), e quando se enfocou várzeas, a matriz foi representada pelas áreas de FR e áreas limitantes.

Estudos de borda em FOMA, a partir do ecótono água-floresta ou água-várzea não puderam ser localizados na literatura. Considera-se que *ecótono* é um conceito funcional ecológico e *borda*, um conceito espacial geográfico, pois para Murcia (1986), ecótonos formam um gradiente, enquanto na borda a transição entre comunidades é brusca. Nas áreas de FR foi padronizada, com base nas análises de Rodrigues (1998) e Malchow *et al.* (2006), uma largura arbitrária de 30 metros para bordas, devido à escassez de informações conclusivas acerca da largura ideal dessa faixa para a FOMA. A finalidade desta medida de borda é simular um ambiente que envolva o maior número de fatores ligados ao efeito de borda, com vistas à aplicabilidade desta metragem. Para as áreas de VH, não foi estabelecida uma faixa de borda nas manchas.

Para o cálculo das métricas de proximidade das manchas foi usado um raio de busca de 100 metros.

Foram calculadas as seguintes métricas para os polígonos, conforme McGARIGAL *et al.* (2002):

- a) AREA - A área do polígono é dada em hectares e serve como base para os cálculos posteriores.
- b) SHAPE - O índice de forma dos polígonos avalia a regularidade da distribuição espacial dos polígonos. Equivale ao valor do perímetro do polígono (m) dividido pelo perímetro mínimo para polígono de mesma área.

O valor varia de 1,0, quando o polígono é altamente compactado (arredondado), até infinito, em polígonos de formato mais irregular ou alongado.

- c) FRACT - A dimensão fractal reflete a complexidade da forma dos polígonos em diferentes escalas espaciais. É igual a 2 vezes o logaritmo do perímetro do polígono (m) dividido pelo logaritmo da área deste polígono (m²). O valor vai de 1,0 para contornos muito simples, como um círculo ou quadrado, até 2,0 para polígonos de extrema complexidade, com ramificações e projeções.
- d) CORE - A área nuclear (ha) é a área central do polígono descartando a faixa de borda estipulada para cada estudo, que neste caso é de 30 metros. O valor é zero quando não há áreas nucleares no polígono, aumentando em valores positivos de acordo com o tamanho das áreas centrais. Aplicado apenas nas áreas de floresta ripária.
- e) CAI - O índice de área nuclear é igual à área central do polígono dividido pela área total do polígono e representa a percentagem de área nuclear da mancha. O valor é zero quando não há área nuclear no polígono e se aproxima de 100 quando o polígono, por causa da largura, tamanho, forma e borda, contém na sua maioria área central. Aplicado apenas nas áreas de floresta ripária.
- f) PROX - O índice de proximidade equivale à área do polígono dividida pela soma das distâncias borda a borda entre o polígono em questão e todos os vizinhos dentro do raio de busca, que para este estudo é de 100m. É um índice adimensional, portanto, sendo usado como comparativo. O valor é zero quando nenhum vizinho se encontra no raio de busca, e aumenta a medida que diminui o número de manchas vizinhas dentro do raio de busca, considerando a área da mancha.
- g) ENN - Este índice mede distância euclidiana do vizinho mais próximo em metros com base na distância mais curta borda a borda. O valor superior é limitado ao tamanho da paisagem estudada e se aproxima de zero à medida que a distância do vizinho diminui.

As métricas calculadas para as classes (McGARIGAL *et al.*, 2002), de FR e de VH em cada zona ripária, foram:

- a) CA - A área total da classe é igual à soma de todas as áreas dos polígonos desta classe em hectares.
- b) PLAND - Este índice revela a percentagem da paisagem ocupada pelos polígonos de uma mesma classe, ou seja, pela área total da classe.
- c) NP - O número de polígonos representa a quantidade de polígonos de uma mesma classe na paisagem.
- d) PD - A densidade de polígonos equivale ao número de polígonos de uma classe por 100 hectares da paisagem. Expressa o número de polígonos por unidade de área facilitando as comparações entre paisagens de tamanhos variados.
- e) LSI - O índice de forma da classe é igual ao comprimento total do perímetro da classe dividido pelo comprimento do perímetro mínimo possível para essa classe (agregada ao máximo). O valor varia de 1,0, para uma classe constituída por um único quadrado ou compactada ao máximo, ao infinito a medida que os polígonos desta classe se tornam mais dispersos.
- f) TCA - A área nuclear total é igual ao somatório das áreas nucleares dos polígonos da classe em hectares. Valor igual a zero indica que não há área nuclear nos polígonos da classe. Aplicado apenas nas áreas de floresta ripária.
- g) NDCA - O número de áreas nucleares disjuntas da classe. Esse índice é uma alternativa para o número de manchas quando são consideradas as áreas funcionais na paisagem. Aplicado apenas nas áreas de floresta ripária.
- h) CPLAND - Este índice demonstra a percentagem da paisagem ocupada por áreas nucleares dos polígonos de uma classe. Valores próximos a zero indicam que as áreas nucleares de uma classe são raras na paisagem, enquanto valor igual a 100 indicam que toda a paisagem consiste em um único polígono. Aplicado apenas nas áreas de floresta ripária.
- i) CONNECT - O índice de conectividade é igual ao número de junções funcionais entre todos os polígonos da classe correspondente dividido pelo número total de junções possíveis entre estes polígonos, multiplicado por 100 para converter em uma percentagem. O valor se aproxima de zero quando a classe consiste em poucos polígonos contendo ligações entre si, e aumenta à medida que cada parte da classe é conectada. Pode ser definida como o número de junções entre os polígonos de uma classe. Essas junções

podem ser estruturais ou funcionais, dependendo do critério definido pelo usuário da distância considerada funcional. Para os estudos das paisagens ripárias dos Rios Pitangui e Jotuba foram considerados 100 metros.

Para cada paisagem ripária, do Rio Pitangui e do Rio Jotuba, foram calculadas as seguintes métricas (McGARIGAL *et al.*, 2002):

- a) TA - Esse valor é igual à área total da paisagem, em hectares. Varia conforme a área considerada pelo estudo. É usado nos cálculos de outras métricas.
- b) NP - Número de polígonos na paisagem, reunindo todas as classes estudadas
- c) LPI - O índice de maior polígono é igual ao percentual da paisagem ocupada pelo maior polígono, neste caso, o quanto da zona ripária de cada rio é ocupado pela maior mancha de cada UP.

Com base na faixa de borda considerada, 30 metros, as manchas de FR foram classificadas em elementos da paisagem pelo método de análise dos padrões morfológicos espaciais (MSPA) no *software* GUIDOS 1.3© Peter Vogt, EC-JRC. Este método de processamento de imagens binárias baseia-se em algoritmos matemáticos para categorizar os elementos funcionais de cada polígono da paisagem estudada, levando em conta os valores dos *pixels* da imagem (VOGT, 2010). Os elementos selecionados para as análises foram: áreas nucleares, bordas, corredores, falsos-corredores e ilhas. Também foi considerada a regra das oito células para análise da conectividade no GUIDOS, de modo que os dados de ambos os *softwares* se complementam.

Foram aplicadas técnicas de ordenação e de classificação de dados, bem como testes estatísticos nas métricas e índices das paisagens ripárias de ambos os rios, utilizando-se o *software* PAST (HAMMER, 1999). Os dados biológicos respondem prontamente, positiva ou negativamente, a variações ambientais, em geral de forma linear, exponencial ou logarítmica, por isso foi empregado o coeficiente de correlação de Spearman (r_s) que varia de -1 a 1. Quanto mais próximo de 1 ou -1, mais forte é a associação.

Os resultados, quando as variâncias não eram homogêneas, foram testados através do Chi-quadrado. Quando analisadas duas amostras independentes com dados ordinais, foi empregada a análise de variância por postos pelo teste de Kruskal-Wallis.

A Análise de Componentes Principais (PCA) é um procedimento multivariado prospectivo utilizado na redução do conjunto de dados para apenas duas variáveis mais

importantes, desde que esses componentes principais estejam correlacionados com variáveis subjacentes (HAMMER, 1999). A análise só terá importância prática se dois componentes forem responsáveis, num dado nível de confiança, por pelo menos 80% da distribuição dos dados. O PCA foi conduzido a partir dos valores de correlação, pois se trata de dados mensurados em diferentes unidades, normalizados, de maneira a que a variância particular de cada grupo de dados não interferisse nas análises.

A Análise Hierárquica de Agrupamento (*cluster*) agrupa numerosos elementos em grupos menores e gera um diagrama hierárquico demonstrando grupos de variáveis ou associações (VALENTIN, 2000). Para o agrupamento das áreas semelhantes, foi empregado o algoritmo de ligação UPGMA, que avalia a dissimilaridade entre pares de dados ao gerar coligações baseadas na média das distâncias entre os membros dos dois grupos. A medida de similaridade entre métricas de manchas em modo Q (unidades amostrais) utilizou como funções de afinidade o coeficiente de distância de Spearman's Rho (JONGMAN; TER BRAAK; VAN TONGEREN, 2005).

4. PADRÕES DAS PAISAGENS RIPÁRIAS

Este capítulo demonstra e discute os resultados obtidos na avaliação das paisagens ripárias dos rios Pitangui e Jotuba, no Primeiro Planalto Paranaense. Procura avaliar a integridade estrutural e funcional, baseados em métricas e tratamentos estatísticos, com vistas ao estabelecimento de padrões para paisagens ripárias.

4.1 Integridade Estrutural

Para Bennet e Saunders (2010), os estudos de fragmentação podem ser conduzidos sob a perspectiva de manchas (polígonos) ou de paisagens, uma vez que estas apresentam propriedades que diferem das manchas individualmente. Neste estudo, as análises foram dirigidas ao nível de paisagem, cujos limites abrangem as zonas sob influência de inundações periódicas. Os atributos verificados para as paisagens foram gradientes de composição, número de manchas, diversidade de uso (representada pelas UPs de FR e VH), agregação e conectividade estrutural. Os atributos de mancha, analisados em um contexto de conjunto sobre médias e desvio padrão, foram: tipo de vegetação, tamanho, forma, área nuclear e disposição espacial.

A zona ripária do Rio Pitangui no Primeiro Planalto Paranaense (Figura 9) se estende por 32,0 Km. Inclui 95 manchas de ambos os tipos de UP, totalizando uma área ripária (TA) de 1.072,3 ha, o que constitui 6,3% da sub-bacia do Rio Pitangui na região de contribuição do manancial de Alagados.

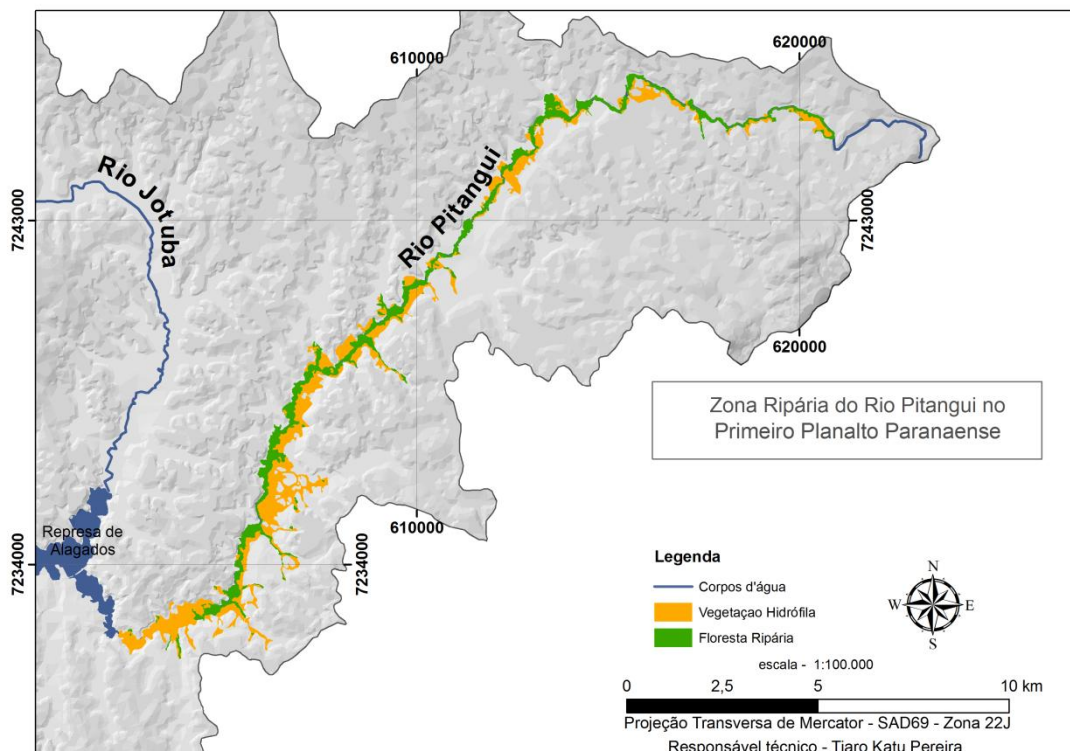


Figura 9: composição da zona ripária do Rio Pitangui no PPP.

As florestas ripárias (FR) do Rio Pitangui somaram 440,0 ha da área da classe (CA), distribuídas em 34 manchas (NP), que ocupam 41% da área total (TA) da zona ripária. As áreas de vegetação hidrófila (VH) obtiveram uma CA de 632,3 ha, distribuídas num NP de 61 manchas que ocupam 59% da TA (Tabela 1).

A zona ripária do Rio Jotuba (Figura 10) se estende por aproximadamente 16,7 Km ao longo do curso d'água no PPP, onde se incluem 65 manchas de FR e de VH, somando 539,6 ha (TA), o que representa 4% da sub-bacia do Rio Jotuba.

No Rio Jotuba, as FR somaram (CA) 218,5 ha distribuídos em 19 manchas que abrangem 40,5% da zona ripária. Para as VH, a CA foi igual a 321,1 ha distribuídos em 46 manchas que ocupam 59,5% da área (tabela 1).

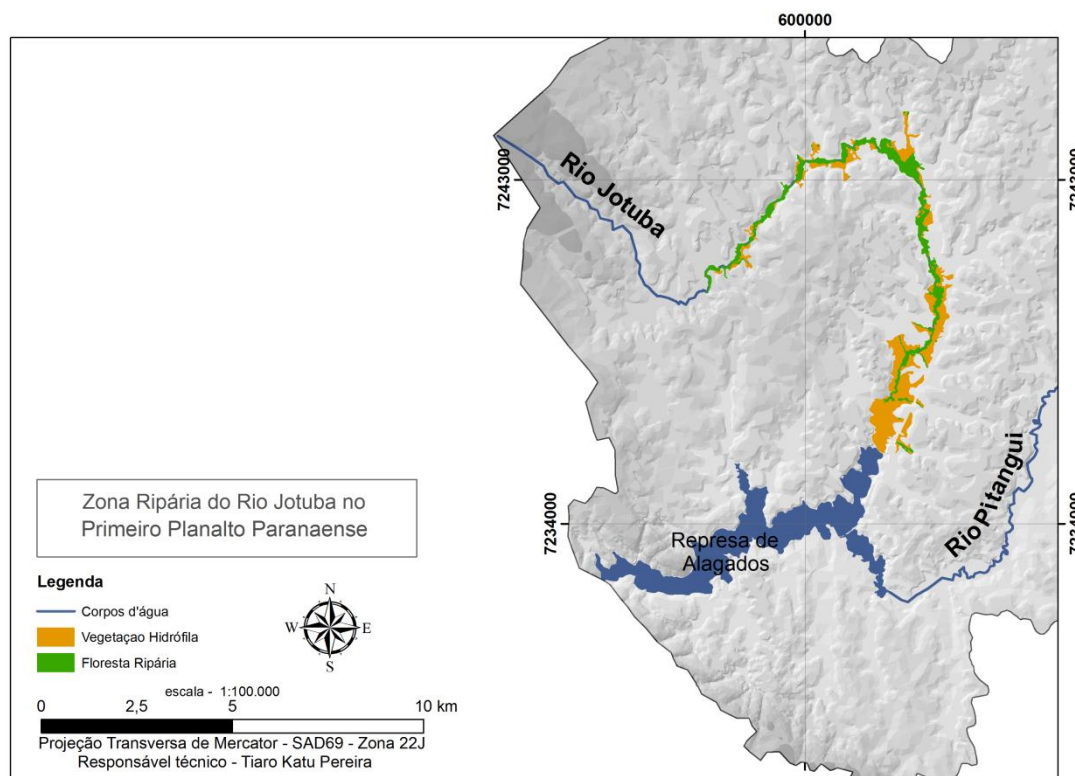


Figura 10: composição da zona ripária do Rio Jotuba no PPP.

Com base nas métricas de distribuição das UP nas zonas ripárias (Tabela 1), observa-se que o Rio Pitangui possui praticamente o dobro de área ripária absoluta do Rio Jotuba, mas a proporção entre FR e VH se equivale em ambos. A densidade de polígonos (PD) apresentou valores superiores para o Rio Jotuba - 3,6 para FR e 8,2 para VH. Para o Rio Pitangui esses valores foram de 3,0 e 4,2 respectivamente. Assim, o Rio Jotuba, que possui menor área ripária com maior número de manchas proporcionalmente, apresenta uma paisagem de várzeas mais fragmentada.

Tabela 1: distribuição da paisagem nas zonas ripárias dos rios Pitangui e Jotuba, no PPP. UP= unidade de paisagem; FR= floresta ripária; VH= vegetação hidrófila; CA= área total da UP em hectares; NP= número de polígonos; PLAND= percentagem da paisagem ocupada pela UP; TM= tamanho médio dos polígonos em hectares; PD= densidade dos polígonos em cada 100 ha.

UP	CA	NP	PLAND	TM	PD
FR Pitangui	440,0	34	41,0	12,9	3,0
VH Pitangui	632,3	61	59,0	10,4	4,2
Total	1.072,3	95	100,0		
FR Jotuba	218,5	19	40,5	11,5	3,6
VH Jotuba	321,1	46	59,5	7,0	8,2
Total	539,7	65	100,0		

No Rio Pitangui, o tamanho médio das manchas de FR é de 12,9 ha ($\pm 35,0$) e das manchas de VH é 10,4 ha ($\pm 22,1$). Para o Rio Jotuba o tamanho médio das manchas de FR é de 11,5 ha ($\pm 21,0$) e de VH é 7,0 ha ($\pm 17,2$). Devido ao grande desvio padrão, o tamanho médio das manchas na área de estudo não é um bom parâmetro. Deste modo, as manchas foram agrupadas por classe de tamanho.

Observou-se que a distribuição relativa de área e NP das UP não difere significativamente nos rios Pitangui e Jotuba ($p < 0,05$). Ambos possuem zonas ripárias inundadas periodicamente, relacionando fortemente os ambientes de FR e VH. Portanto, analisando sua proporção nas áreas e posição na paisagem, torna-se evidente a importância de se incluir a vegetação hidrófila na delimitação das zonas ripárias. A maior parte das áreas de VH se localiza nas interbarras, barras sub-atuais e, secundariamente, na entrada de afluentes, em planícies de inundação situadas nas margens esquerda (de agradação) de ambos os rios. Sua alimentação se dá por canais e extravasamento do leito por sobre a barra atual recoberta por FR. Nas margens direita, em geral superfícies de degradação, apenas ocasionalmente a geomorfologia permite o estabelecimento de bacias de inundação no reverso das ombreiras dos diques marginais. O fluxo hídrico lateral ascendente e descendente conecta de forma complexa as duas UP.

Para as FR do Rio Pitangui, 28 manchas (82,3%) são menores que 10,0 ha e ocupam 6,9% da UP. Três manchas que têm entre 10,0 e 49,9 ha ocupam 17,3% e outros três são maiores que 50 ha e ocupam 75,9% das florestas ripárias do Pitangui (Tabela 2). O índice de maior mancha (LPI) para as FR do Rio Pitangui foi de 16,2% (174,6 ha), demonstrando que esta mancha ocupa uma parte considerável da zona ripária.

Tabela 2: distribuição dos tamanhos das manchas de floresta ripária (FR) do Rio Pitangui no PPP. CLASSE= classes de tamanho em hectare; NP= número de manchas da classe de tamanho; PP= percentagem dos polígonos da UP; SA= soma das áreas dos polígonos das classes de tamanho; PA= percentagem da área total da UP; SHAPE= média do índice de forma; FRACT= média da dimensão fractal; dp= desvio padrão das médias.

CLASSE	NP	PP (%)	SA (ha)	PA (%)	SHAPE	dp	FRACT	dp
< 1,0	23	67,7	12,1	2,8	1,51	0,38	1,09	0,05
1,0-9,9	5	14,7	17,9	4,1	2,38	0,35	1,17	0,03
10,0-49,9	3	8,8	76,0	17,3	4,71	1,98	1,24	0,05
> 50,0	3	8,8	334,0	76,0	6,56	1,73	1,27	0,03
Total	34	100,0	440,0	100,0				

As 23 manchas menores que 1,0 ha apresentaram SHAPE e FRACT em média de 1,51 e 1,09, respectivamente. As cinco manchas com tamanho entre 1,0 e 9,9 ha obtiveram valores intermediários para SHAPE (2,38) e FRACT (1,17). Para as três manchas, com área entre 10 e 49,9 ha, a média de SHAPE foi de 4,71 e de FRACT igual a 1,24. As três manchas maiores que 50 ha apresentaram as maiores médias para SHAPE (6,56) e FRACT (1,27). O índice de forma da paisagem (LSI) para as florestas ripárias do Rio Pitangui foi de 15,9.

Almeida (2008a), ao analisar 11.940 ha distribuídos em 302 manchas de floresta mesófila ao longo de 20.400 ha do Parque Nacional dos Campos Gerais (PNCG), também constatou esta distribuição em J invertido, de uma paisagem contendo um grande número de manchas pequenas e poucas com áreas mais extensas.

Ainda segundo Almeida (2008a), nas florestas do PNCG, as pequenas manchas mostraram áreas relativamente circulares com valor de SHAPE entre 1,0 e 2,0. As manchas com áreas maiores que 10 ha apresentaram formas geometricamente mais complexas. Para manchas entre 10 e 50 ha a média do índice SHAPE foi de 2,9, e para as manchas com área entre 50 e 100 ha foi de 2,7 (ALMEIDA, 2008a).

No Rio Jotuba, as FR apresentaram 14 manchas (52,6%) menores que 10,0 ha, que correspondem a 7,7% da UP. Três manchas têm entre 10,0 e 49,9 ha e ocupam 33,5% da área. Dois são maiores que 50 ha e ocupam 58,7% das florestas ripárias (Tabela 3). O LPI para as FR do Rio Jotuba foi de 19,4% (75,3 ha), também representando uma porção considerável da zona ripária.

Tabela 3: distribuição dos tamanhos das manchas de floresta ripária (FR) do Rio Jotuba no PPP. CLASSE= classes de tamanho em hectares; NP= número de manchas da classe de tamanho; PP= percentagem dos polígonos da UP; SA= soma das áreas dos polígonos das classes de tamanho; PA= percentagem da área total da UP; SHAPE= média do índice de forma; FRACT= média da dimensão fractal; dp= desvio padrão das médias.

CLASSE	NP	PP (%)	SA (ha)	PA (%)	SHAPE	dp	FRACT	dp
< 1,0	10	52,6	3,2	1,5	1,42	0,36	1,08	0,15
1,0-9,9	4	21,1	13,6	6,2	2,26	0,45	1,16	0,05
10,0-49,9	3	15,8	73,3	33,5	4,18	0,78	1,23	0,03
> 50,0	2	10,5	128,4	58,7	5,31	1,20	1,25	0,04
Total	19	100,0	218,5	100,0				

As dez manchas menores que 1,0 ha obtiveram a média para SHAPE de 1,42 e para FRACT de 1,08. Quatro manchas com área entre 1,0 e 9,9 ha obtiveram médias para SHAPE de 2,26 e FRACT de 1,16. Outras três manchas, com áreas entre 10,0 e 49,9 ha, obtiveram médias para SHAPE de 4,18 ($\pm 0,78$) e FRACT de 1,23 ($\pm 0,03$). E duas manchas maiores que 50,0 ha obtiveram os maiores índices para SHAPE (5,31) e FRACT (1,25). O LSI para as florestas do Jotuba foi de 11,46.

Há uma correlação muito forte entre as FR dos Rios Pitangui e Jotuba quando comparadas a distribuição das áreas ($r_s = 0,93$) e o número de manchas em cada classe de tamanho ($r_s = 0,98$), comprovada pela alta frequência de manchas menores que 10 ha, grande parte inferior a 1,0 ha, e pela pequena quantidade de manchas maiores que 10 ha, mas representando mais de 90% das FR em ambos os rios.

A correlação entre AREA/SHAPE e AREA/FRACT é forte em ambos os rios (Pitangui $r_s = 0,85$ e $0,80$ e Jotuba $r_s = 0,90$ e $0,87$ respectivamente). Há tendência a que as manchas apresentem bordas mais complexas e irregulares à medida que aumenta a área. A correlação positiva entre área e dimensão fractal se explica pelo padrão de espacialização e expansão das manchas de FR, que ocorrem por projeções paralelas à hidrografia, pois lateralmente são controladas pelo relevo e conseqüentes fluxos hídricos. A análise de Kruskal-Wallis entre as manchas de FR de cada rio, envolvendo AREA ($p = 0,89$), SHAPE ($p = 0,83$) e FRACT ($p = 0,86$), apontou dinâmicas diferentes na modelagem em cada paisagem, o que se deve talvez às particularidades dos rios, como a morfometria do canal.

Para FR nos rios Pitangui e Jotuba, o modelo de distribuição melhor ajustado a AREA (x) e SHAPE (y) foi a geométrica (Figura 11), com altos coeficientes de determinação (R^2) de 88,03% e 86,08% ($p < 0,0001$) respectivamente, e equações de reta $Y' = 1,83 * X^{0,27}$ (Pitangui) e $Y' = 1,86 * X^{0,24}$ (Jotuba). Isto é, cada vez que a área dobra a partir de um dado valor, o índice de forma também duplica, o que é esperado para projeções geográficas, que são quadráticas.

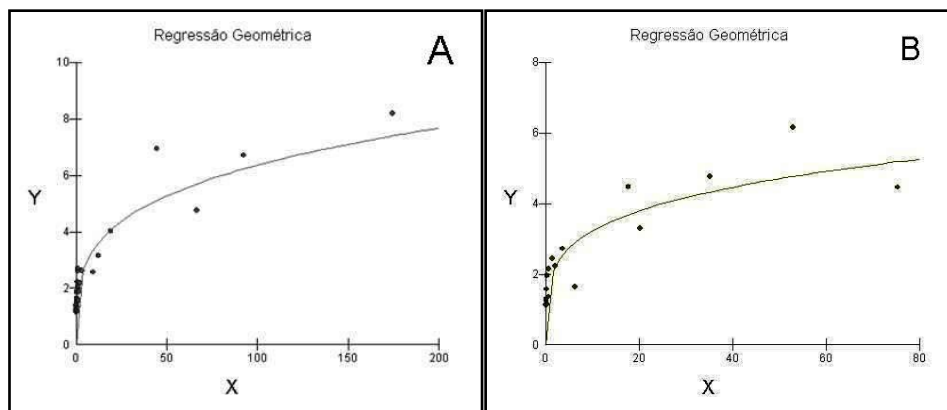


Figura 11: modelos de distribuição geométrica entre AREA (x) e SHAPE (y) das florestas ripárias dos rios Pitangui (A) e Jotuba (B).

Com respeito a AREA (x) e FRACT (y) das FR nos rios Pitangui e Jotuba, o modelo de distribuição que mais se ajustou foi a logarítmica (Figura 12), com coeficientes de determinação (R^2) moderados de 72,7% e 71,3% ($p < 0.0001$) respectivamente, e equações de reta de $Y' = 1,12 + 0,03 * (\ln X)$ para o Pitangui, e $Y' = 1,13 + 0,03 * (\ln X)$ para o Jotuba. Isto significa que a complexidade da distribuição das manchas inicialmente aumenta muito em resposta a um pequeno acréscimo de área, mas logo atinge um patamar onde incrementos de área não se traduzem em mudanças perceptíveis na paisagem. Isto aponta para a existência de fatores controladores desta complexidade. Em paisagens ripárias, provavelmente a morfometria dos rios.

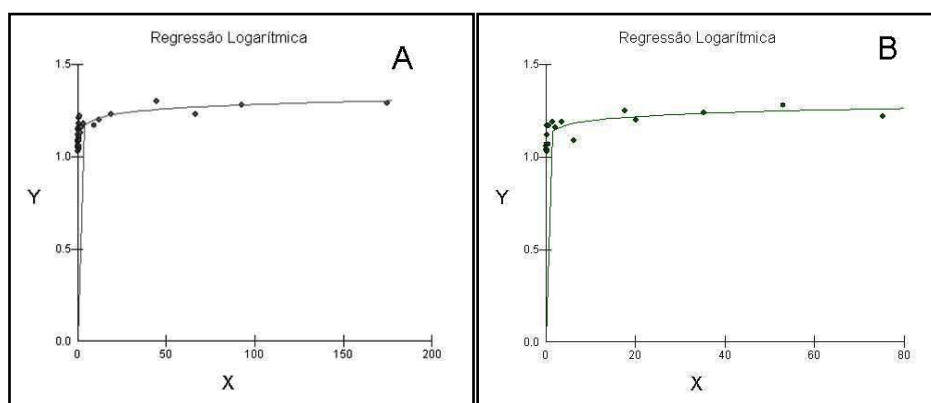


Figura 12: modelo de distribuição logarítmica entre AREA (x) e FRACT (y) das florestas ripárias dos rios Pitangui (A) e Jotuba (B).

Igualmente, a análise de regressão entre SHAPE (x) e FRACT (y) é explicada logaritmicamente (Figura 13), com coeficientes de determinação (R^2) bastante altos de 94,1% e 94,5% ($p < 0.0001$) respectivamente, e equações de reta de $Y' =$

$1,04+0,14*(\ln X)$ para o Pitangui, e de $Y'= 1,03+0,14*(\ln X)$ para o Jotuba. Quanto maior a irregularidade de forma das manchas, maior a complexidade da paisagem.

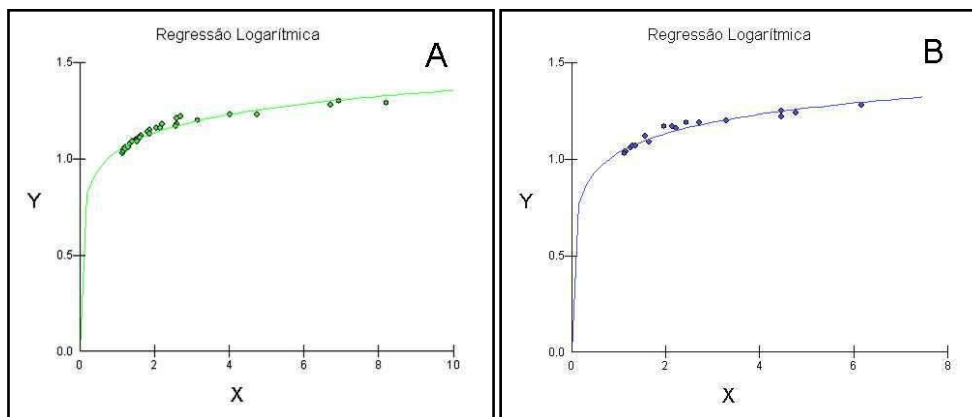


Figura 13: modelo de distribuição logarítmica entre SHAPE (x) e FRACT (y) das florestas ripárias dos rios Pitangui (A) e Jotuba (B).

Os índices de forma da paisagem (LSI) e das manchas demonstram que a paisagem das florestas ripárias no Rio Pitangui é menos agregada e de forma mais complexa que no Jotuba. Em ambas as zonas ripárias, os índices de forma das manchas menores que 10 ha apontam para áreas relativamente circulares, a maioria em áreas muito reduzidas, todavia são importantes quando se trata da integridade funcional da paisagem, pois podem configurar pontos de conexão entre áreas maiores, bem como abrigar populações mais generalistas.

As manchas maiores que 10 ha apresentam formatos mais irregulares e bordas mais complexas, com maior número de projeções, o que aumenta a área sob efeito de borda. No entanto, áreas maiores geram benefícios ecológicos como a diversidade de habitats para espécies com uma amplitude de condições e recursos ambientais (FORMAN, 1995), portanto são consideradas como a melhor opção para a manutenção das espécies a longo prazo (METZGER, 2010).

Para a VH do Rio Pitangui, 50 manchas (82%) são menores do que 10,0 ha e ocupam 24% da área de várzeas. As oito manchas que têm áreas entre 10,0 e 49,9 ha, ocupam 29,7% da área. As três manchas restantes, maiores que 50 ha, ocupam 46,3% das VH do rio (Tabela 4). No Rio Pitangui, a maior manchas (LPI) de vegetação hidrófila ocupa 11,1% (119,7 ha) da zona ripária.

As 17 manchas menores que 1,0 ha apresentam média de SHAPE igual a 1,57 ($\pm 0,25$) e de FRACT de 1,10 ($\pm 0,03$). As 33 manchas com tamanhos entre 1,0 e 9,9 ha mostraram condições distintas. Há manchas com SHAPE e FRACT mínimos de 1,26 e

1,05, respectivamente, e manchas com SHAPE de 3,80 e o FRACT de 1,24. Para as oito manchas que têm entre 10,0 e 49,9 ha as médias de SHAPE e FRACT foram 3,29 ($\pm 0,9$) e 1,19 ($\pm 0,05$), respectivamente. Outras três manchas, maiores que 50 ha, mostraram SHAPE igual a 4,66 ($\pm 1,19$) e FRACT de 1,22 ($\pm 0,03$), com valores crescentes à medida que aumenta a área. O índice de forma (LSI) para as áreas de vegetação hidrófila (VH) do Rio Pitangui foi de 17,6.

Tabela 4: distribuição dos tamanhos das manchas de vegetação hidrófila (VH) do Rio Pitangui no PPP. CLASSE= classes de tamanho em hectares; NP= número de manchas da classe de tamanho; PP= percentagem dos polígonos da UP; SA= soma das áreas dos polígonos das classes de tamanho; PA= percentagem da área total da UP; SHAPE= média do índice de forma; FRACT= média da dimensão fractal; dp= desvio padrão das médias.

CLASSE	NP	PP (%)	SA (ha)	PA (%)	SHAPE	dp	FRACT	dp
< 1,0	17	27,9	10,1	1,6	1,57	0,25	1,10	0,03
1,0-9,9	33	54,1	141,7	22,4	2,24	0,67	1,15	0,05
10,0-49,9	8	13,1	187,8	29,7	3,29	0,90	1,19	0,05
> 50,0	3	4,9	292,7	46,3	4,66	1,19	1,22	0,03
Total	61	100,0	632,3	100,0				

Para a VH do Rio Jotuba, 40 manchas (87%) são menores do que 10,0 ha e ocupam 27,2% da área de várzeas. Cinco manchas têm áreas entre 10,0 e 50 ha e ocupam 40%. Uma mancha é maior que 50 ha e representa 32,7% das VH do rio (Tabela 5). O LPI para a VH do Rio Jotuba é de 19,4% (105,2 ha).

Tabela 5: distribuição dos tamanhos das manchas de vegetação hidrófila (VH) do Rio Jotuba no PPP. CLASSE= classes de tamanho em hectares; NP= número de manchas da classe de tamanho; PP= percentagem dos polígonos da UP; SA= soma das áreas dos polígonos das classes de tamanho; PA= percentagem da área total da UP; SHAPE= média do índice de forma; FRACT= média da dimensão fractal; dp= desvio padrão das médias.

CLASSE	NP	PP (%)	SA (ha)	PA (%)	SHAPE	dp	FRACT	dp
< 1,0	19	41,3	7,5	2,3	1,49	0,36	1,09	0,05
1,0-9,9	21	45,7	80,0	24,9	2,05	0,48	1,13	0,04
10,0-49,9	5	10,9	128,4	40,0	3,17	0,66	1,18	0,03
> 50,0	1	2,1	105,2	32,8	3,17	-	1,17	-
Total	46	100,0	321,1	100,0				

As 19 manchas menores que 1,0 ha apresentam média para SHAPE de 1,49 ($\pm 0,36$) e para FRACT igual a 1,09 ($\pm 0,05$). As 21 manchas com tamanhos entre 1,0 e 9,9 ha apresentaram valores intermediários para as médias de SHAPE e FRACT, 2,05

($\pm 0,48$) e 1,13 ($\pm 0,04$), respectivamente. Cinco manchas que têm entre 10,0 e 49,9 ha obtiveram as maiores médias para SHAPE ($3,17 \pm 0,66$) e para FRACT ($1,18 \pm 0,03$). A única mancha maior que 50 ha de VH do Rio Jotuba, com 105 ha, apresentou SHAPE de 3,17 e FRACT de 1,17. Para as VR do Rio Jotuba, o LSI foi de 11,46.

Há forte correlação na distribuição das manchas de VH por classe de tamanho entre os rios Pitangui e Jotuba, em relação à área ($r_s = 0,84$) e ao número ($r_s = 0,90$). Em ambos os rios mais de 80% das manchas de VH são menores que 10 ha, mas que representam um quarto das várzeas em ambos, com maior frequência de manchas medindo entre 1,0 e 10,0 ha. Ocorrem poucas manchas com mais de 10 ha, mas que ocupam mais de 70% da UP, em maiores proporções no Pitangui.

Há uma correlação moderada entre AREA/SHAPE das manchas de VH para ambos os rios (Pitangui $r_s = 0,75$ e Jotuba $r_s = 0,78$) enquanto a correlação entre AREA e FRACT é menos evidente para o Pitangui ($r_s = 0,62$) e para o Jotuba ($r_s = 0,61$). O resultado demonstra que, de forma geral, as áreas inundáveis de VH se expandem isodiametricamente, com menos invaginações na borda de manchas do que nas florestas ripárias. Isto resulta do padrão de ocupação das áreas de várzea, que se dispõem nas planícies de inundação controladas principalmente pela topografia, ao passo de que nas barras marginais o controle, muito mais dinâmico, se dá pelo aporte de sedimentos vindos a montante e a erosão de margens pelo fluxo lótico. A análise de Kruskal-Wallis comparando as áreas de VH dos rios Pitangui e Jotuba, envolvendo AREA ($p = 0,04$), SHAPE ($p = 0,06$) e FRACT ($p = 0,08$), sugere que a dinâmica da vegetação está sob os mesmos fatores nas duas áreas. O que está modelando a paisagem, em termos de tamanho de área e forma, é a geomorfologia fluvial.

Com relação à VH, nos rios Pitangui e Jotuba nenhum modelo de ajustamento de curvas de distribuição foi significativo para AREA e SHAPE ou AREA e FRACT. Porém, entre SHAPE (x) e FRACT (y), o modelo de distribuição melhor ajustado foi a logarítmica (Figura 14), com coeficientes de determinação (R^2) de 92,8% ($p < 0,0001$) para o Pitangui e 90,1% ($p < 0,0001$) para o Jotuba, e equações de reta $Y' = 1,04 + 0,14 * (\ln X)$ para o Pitangui e $Y' = 1,03 + 0,15 * (\ln X)$ para o Jotuba.

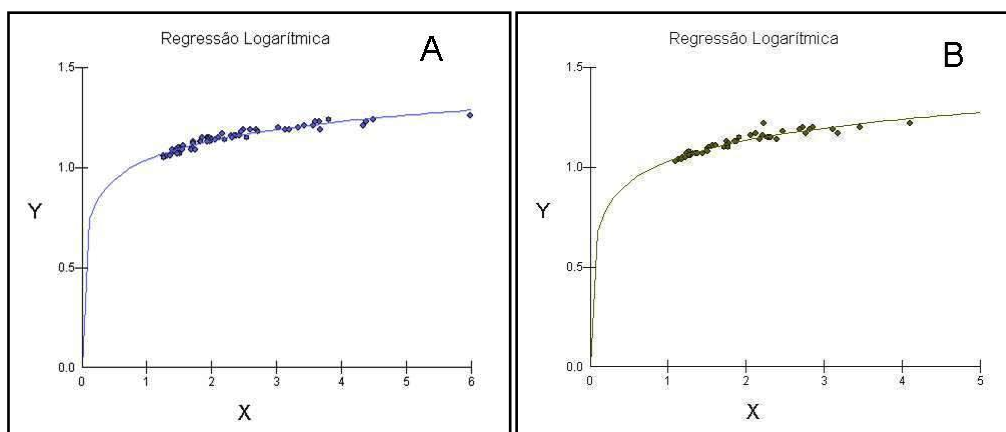


Figura 14: modelo de distribuição logarítmica entre SHAPE (x) e FRACT (y) da vegetação hidrófila dos rios Pitangui (A) e Jotuba (B).

Foi observado que as menores áreas de VH se apresentam mais compactadas e de bordas simples, com índices SHAPE e FRACT que apontam para áreas relativamente circulares. A relação entre os índices SHAPE da paisagem e das manchas de VH demonstra que no Rio Pitangui as áreas estão menos agregadas e possuem formatos mais complexos que no Jotuba.

Nas margens de ambos os rios o uso do solo para agricultura é intenso, com diversos pontos de retificação (drenos) em áreas de VH, em desacordo com as legislações federal e estadual vigentes (BRASIL, 1965; PARANÁ, 2008). As Áreas de Proteção Permanente (APPs), definidas pela Resolução do CONAMA 303/02 como sendo faixas marginais de vegetação nativa ao longo dos cursos fluviais, com largura mínima de 30 metros, são geralmente respeitadas (GONÇALVES, 2011). No entanto, concordando com Attanasio *et al.* (2006), a largura estipulada pela legislação ambiental para a ocupação das margens dos rios pode eventualmente ser conveniente para proteger os cursos d'água, mas pode não ser suficiente para resguardar áreas hidrológicamente sensíveis da bacia. Alterações no Código Florestal não deverão alterar a faixa de preservação atual nas APPs (SBPC/ABC, 2011), caso contrário, os prejuízos ambientais para os rios Pitangui e Jotuba seriam imensuráveis, uma vez que praticamente 60% das zonas ripárias destes rios são formadas por áreas periodicamente inundáveis que poderiam ter sua conversão de uso legitimada.

Portanto, é de fundamental importância que a nova legislação crie formas de proteger as áreas sob influência fluvial. Nesse contexto, estudos focados nos processos que ocorrem em ambientes ripários oferecem informações importantes para subsidiar o

planejamento e a gestão dos recursos naturais. Além disso, os gestores devem manejar paisagens como um todo, e não apenas suas manchas (BENNET; SAUNDERS, 2010).

4.2 Integridade Funcional

4.2.1 Classificação dos Elementos da Paisagem

A medida de borda tem grande influência na avaliação dos padrões da paisagem. Isso porque a largura considerada influencia na funcionalidade da paisagem, pois nas bordas a intensidade dos fluxos e movimentos entre unidades de paisagem se modifica abruptamente, sendo consideradas como áreas de controle dos fluxos materiais, energéticos e biológicos (METZGER, 1999).

De acordo com Malchow *et al.* (2006), analisando o efeito de borda em um trecho de FOM no município de Fazenda Rio Grande (PR), ocorre uma redução drástica na taxa da ocupação por espécies pioneiras dos 21 aos 35 metros em direção ao interior das manchas florestais. Mioduski (2011), analisando FOMM e FOMA numa encosta do Rio Jotuba, estabeleceu que entre o curso de água e a floresta ripária existiria um ecótono, mas não conseguiu evidenciar diferenças significativas entre a abundância e composição de espécies ao longo de um transecto de 30 metros perpendicular a linha da água, levando a crer que toda a faixa analisada estava sob efeito de borda.

Para esta análise o ecótono, mesmo se existente, não pode ser considerado devido a escala de trabalho, e a definição de borda levou em conta apenas a interface floresta/campo (ou agricultura). A utilização de uma borda de 30 metros, coincidente com a faixa de APP preconizada pela legislação, gerou resultados que possibilitaram a comparação da integridade funcional entre as FR dos dois rios. Assim, a metragem estipulada para as bordas neste trabalho, além de funções ecológicas, pode esclarecer questões acerca da fragilidade ambiental em áreas onde o uso é mais intenso ou o relevo é fator limitante. Esses locais podem ser pontos onde o nível do limiar de conectividade estrutural varie ao longo dos habitats na paisagem (METZGER; DÉCAMPS, 1997).

Descontada a faixa de borda de 30 metros em torno das manchas, as FR do Pitangui (Tabela 6) apresentaram 91 áreas nucleares disjuntas (NDCA), que somam 177,2 ha de áreas nucleares (TCA) e ocupam 40% da UP e 16% da paisagem (CPLAND), aparentemente bem distribuídas ao longo de toda a zona ripária, exceto na porção superior, onde as manchas são mais estreitas do que a faixa estipulada (Figura 11).

Tabela 6: distribuição dos elementos de paisagem das FR nas zonas ripárias dos rios Pitangui e Jotuba no PPP. UP= unidade de paisagem; FR= floresta ripária; PUP= porcentagem da UP ocupada pelo elemento; Fr= frequência absoluta do elemento na UP.

Elemento	FR do Rio Pitangui		FR do Rio Jotuba	
	PUP (%)	Fr	PUP (%)	Fr
Área Nuclear	40,0	91	39,0	53
Ilhas	2,0	19	2,0	11
Bordas	45,0	57	46,0	36
Corredores	5,0	69	6,0	47
Falsos-Corredores	8,0	593	7,0	296

Os segmentos das manchas com largura inferior a 60 metros, portanto completamente inseridas na faixa de borda, configuram corredores entre as áreas nucleares. Foram contabilizados 69 corredores de FR, que representaram 5% da área da UP. A representatividade em área nesse caso não é o ponto mais relevante, e sim o número de corredores em relação ao número de áreas nucleares, evidenciando os pontos de ligação física entre áreas consideradas funcionais.

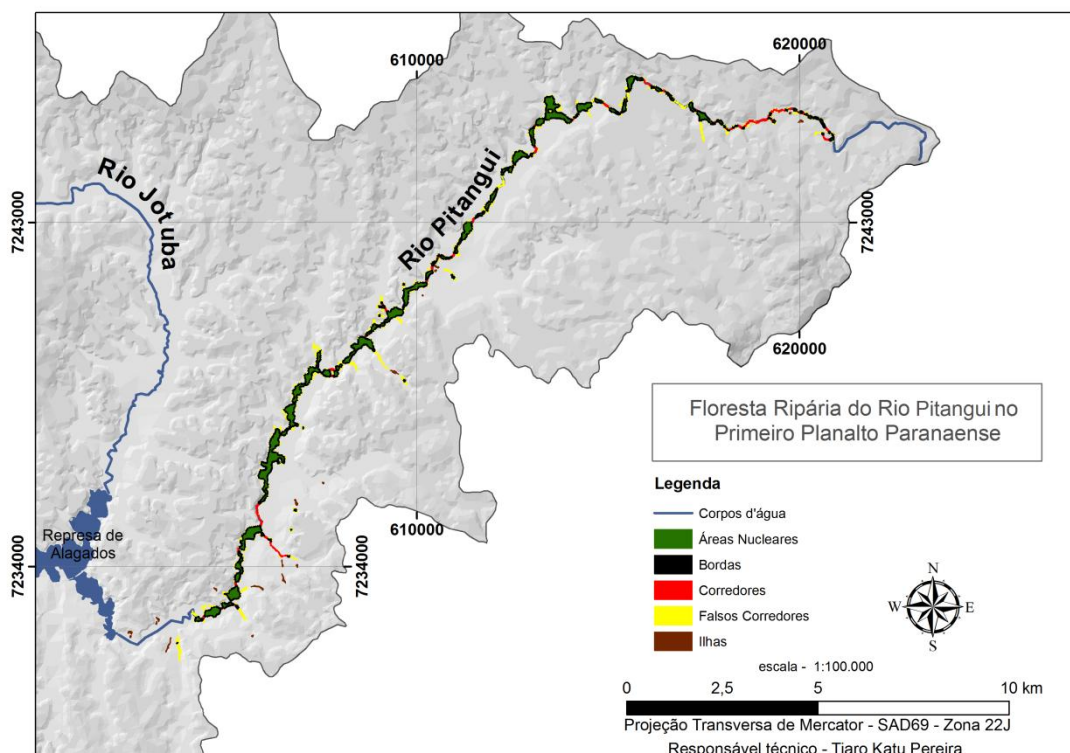


Figura 15: classificação dos elementos da floresta ripária (FR) do Rio Pitangui no PPP.

As áreas de borda representaram 45% da UP distribuídas em 57 áreas contínuas. Os falsos-corredores apresentaram-se em elevado número (593), porém com pouca representatividade relativa (8% da UP).

As manchas com menos de 60 metros de diâmetro, totalmente sob efeito de borda, portanto classificadas como ilhas. Para as FR do Rio Pitangui foram 19 ilhas, que representam 2% da UP.

No Rio Jotuba, as FR (Figura 12) apresentaram 53 áreas nucleares disjuntas (NDCA), com TCA de 86,2 ha, ou 39% da UP. Interligando essas áreas há 47 corredores, 6% da UP.

As áreas de borda totalizaram 46% da UP em 36 áreas contíguas. Os falsos-corredores, como nas FR do Rio Pitangui, ocorreram em grande número (296), porém representando uma pequena percentagem da paisagem (7%).

As ilhas de FR no Rio Jotuba contabilizaram 11 unidades, que representaram 2% da UP.

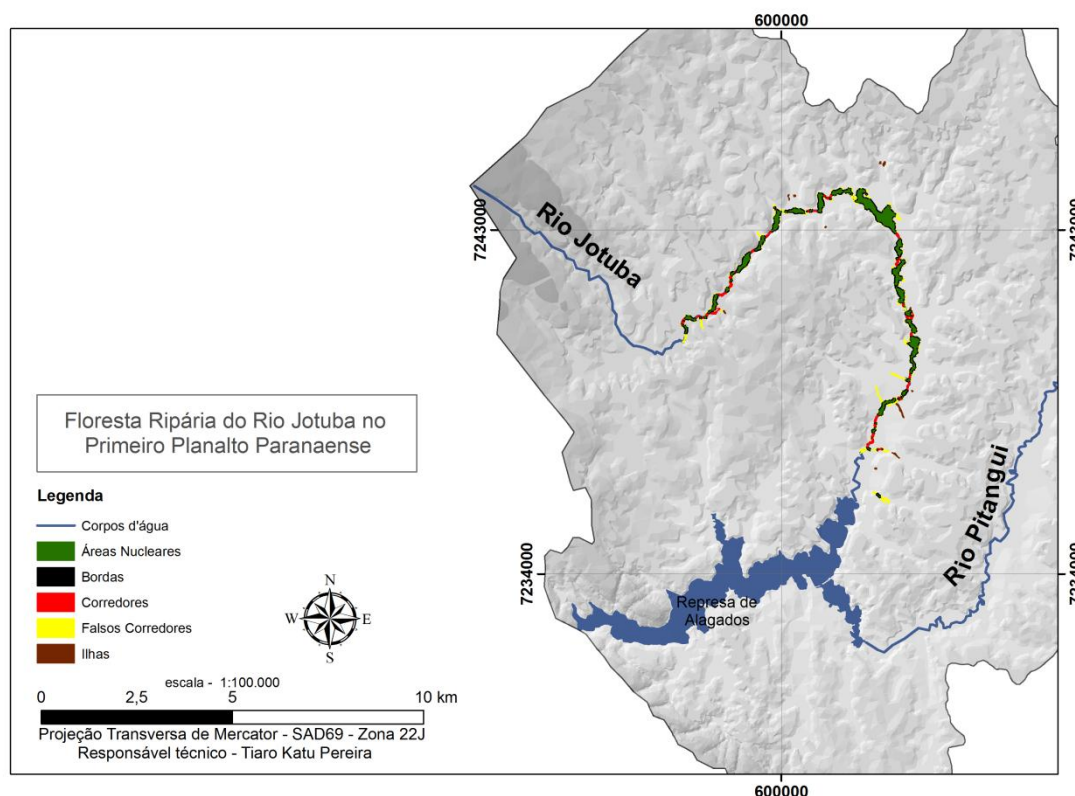


Figura 16: classificação dos elementos da floresta ripária (FR) do Rio Jotuba no PPP.

A relação entre os elementos de paisagem das FR nas zonas ripárias de ambos os rios demonstra que o Rio Pitangui apresenta o dobro de NDCA e TCA que o Jotuba. A

distribuição dos elementos de paisagem FR em ambos os rios não difere significativamente (χ^2 $p < 0.0001$). Assim, a relação entre os elementos de paisagem na UP florestal do Pitangui e Jotuba demonstra que quase 40% da área disponível nestas florestas ripárias é nuclear. Observa-se que a proporção de corredores de FR é maior no Jotuba, demonstrando que as áreas nucleares estão estruturalmente mais conectadas neste rio.

Mais da metade das áreas de FR está sob efeito de borda nos dois rios ($p = 0,02$) e pode ser relacionado a um padrão espacial das manchas de floresta ripária nos rios da região. Porém, é necessário um maior número de réplicas para confirmar a hipótese. Para as florestas mesófilas do PNCG, não lineares como as áreas ripárias, Almeida (2008a) obteve 18% de área sob efeito de borda, usando uma faixa de 40 metros.

Para Forman (1995), o formato e tamanho de manchas podem variar, mas funcionalmente a forma ecologicamente ideal deve ter uma grande porção de área nuclear, com o mínimo de bordas e projeções estreitas, levando em conta a orientação relativa dos fluxos e movimentos nessa paisagem. O padrão da disposição espacial das manchas de FR, agrupadas em torno do canal fluvial, associado à proporção de conexões estruturais entre as áreas nucleares, e às síndromes de dispersão dessas espécies, majoritariamente zoocórica e autocórica (ALMEIDA, 2008b, LIEBSCH; MIKICH, 2009; MIODUSKI, 2011), demonstra que os fluxos longitudinais ao canal fluvial têm grande importância na integridade funcional das florestas ripárias. Os fluxos laterais, no entanto, podem estar ocorrendo principalmente nos locais de contribuição de afluentes, evidenciado pelo número de pequenas áreas, como falsos-corredores e ilhas, projetadas perpendicularmente às zonas ripárias nesses pontos.

O número de ilhas é alto nos rios se levar em conta o número total de manchas. As ilhas de habitat favorecem, sobretudo, os organismos mais vágéis, ou seja, àqueles que conseguem se dispersar facilmente por diferentes áreas, assim como as espécies que, com um pequeno número de indivíduos podem iniciar uma nova população (HILTY *et al.*, 2006). Deste modo, essas porções de habitat podem desempenhar funções imprescindíveis para a conservação, como habitat de populações menos exigentes, e como trampolins (*stepping stones*), facilitando os movimentos entre áreas maiores, para as mais vágéis (FORMAN; GODRON, 1986).

A maioria dos falsos-corredores, por serem ramificações da borda, se encontra em situação semelhante. No entanto, em alguns casos, quando são contíguos com manchas de fora da zona ripária, podem representar rotas que interligam as micro-bacias

de afluentes menores. O mesmo acontece com algumas ilhas e segmentos da bordas de manchas florestais que podem apresentar continuidade física com áreas de FOM mesófila fora da zona ripária.

Segundo Kageyama *et al.* (1998), as manchas na faixa de dezenas de hectares, poderiam ser mais adequados para a conservação de espécies abundantes (de alta densidade) e endêmicas, e as manchas grandes, na faixa de centenas de hectares, poderiam ser destinados à conservação de espécies de baixa densidade. Porém, em paisagens ripárias com dimensões similares às dos rios Pitangui e Jotuba, são raras manchas com mais de 100 ha. Mesmo assim, a totalidade das áreas ripárias nestes rios é relevante no âmbito regional, podendo constituir uma rede interconectada com outras áreas, em uma escala mais ampla. As zonas ripárias dos rios Pitangui e Jotuba podem contribuir para a manutenção da diversidade do PNCG. Dependendo da escala dos processos ecológicos, o fato da zona ripária do Pitangui compartilhar áreas com a UC amplia a disponibilidade de habitats em áreas protegidas, pois ocorrem manchas relativamente extensas garantidas como APPs. Adicionalmente, as pequenas manchas dispersas na matriz podem aumentar o grau de percolação na paisagem (METZGER, DÉCAMPS, 1997).

Para as avaliações dos elementos de paisagem para as VH foi usado valor nulo para borda, pois é questionável a existência de bordas em formações vegetacionais abertas (FRANÇA; MARINI, 2009; PIVELLO *et al.*, 1999; QUEIROGA; RODRIGUES, 2001) e a falta de avaliações de fluxos hídricos sub-superficiais dificulta estimativas de alguma borda subsuperficial. Desse modo, toda a extensão das áreas de VH é nuclear e o número de manchas equivale ao NDCA.

Para a VH do Rio Pitangui ocorre 61 áreas nucleares disjuntas, com TCA igual a 632,3 ha. A VH do Rio Jotuba apresentam NDCA igual a 46 e TCA de 321,1 ha. Pela ausência de uma medida de borda, nesta escala de análise não foram determinados corredores para as áreas de VH e as ilhas foram determinadas com base na distância para as outras áreas, levando em conta a medida estipulada como funcional para a conectividade. As projeções das áreas e manchas insulares de VH não oferecem nenhuma opção de conexão com outras áreas fora da delimitação do estudo por tratar-se majoritariamente de interflúvios.

Para Gregory *et al.* (1991), a importância da zona ripária para a dispersão de plantas aumenta durante períodos de rápida mudança climática por causa do ajuste microclimático ao longo do curso do rio. Assim, a relação entre o padrão da disposição

espacial das manchas de VH, que ocupam amplas áreas de inundação, demonstra que os fluxos laterais têm grande importância na integridade funcional dessas manchas, sendo relacionados com as inundações periódicas e fatores pedomorfológicos. Com relação aos fluxos longitudinais, é possível que estejam ocorrendo em manchas que apresentem continuidade nesse sentido e com influência da elevação do nível d'água, pois são raras as áreas de VH cruzadas pelo leito normal dos rios.

As formações vegetais hidrófilas são importantes para a diversidade local e regional, não sendo equivalentes às FR, por suas condições ambientais e histórias evolutivas distintas, e logo, composição de espécies distintas. A ocupação estocástica em diferentes áreas é relevante em termos de conservação (METZGER, 2010) e o uso do solo nas planícies de inundação dos rios pode prejudicar a manutenção dos ecossistemas ripários.

4.2.2 Integridade Funcional das Paisagens Ripárias

Em uma paisagem, representada por um mosaico espacial formado por unidades de ecossistemas interconectados por processos biológicos, a distribuição das populações depende, entre outros fatores, de como a espécie percebe e responde à conectividade da paisagem (WITH *et al.*, 1997; METZGER, 2001).

As prioridades para a conservação, como já mencionado, constituem as grandes manchas de vegetação natural e os corredores de proteção dos cursos d'água, com a movimentação de espécies-chave entre manchas grandes e pequenas (FORMAN, 1995). Para Forman (1995), as grandes manchas de áreas nativas protegem os aquíferos e a rede interconectada de fluxos, sustentam populações viáveis de espécies mais restritivas e são menos afetados por distúrbios. Um grande número de manchas pequenas, no entanto, pode abrigar uma diversidade maior de espécies que manchas grandes, por representarem áreas com características distintas, e logo composição menos similar (METZGER, 2010). Já os corredores ripários, numa perspectiva de ligação espacial entre essas manchas, agregam outros atributos em virtude da presença de um corpo d'água. Ao mesmo tempo em que criam uma barreira de proteção em torno do leito fluvial, essas faixas de vegetação natural podem facilitar os movimentos e fluxos biológicos entre manchas tornando-se essenciais para a preservação dos recursos hídricos e manutenção da diversidade biológica (AYRES *et al.*, 2005; ARIZPE *et al.*, 2008; METZGER, 2010).

Além do tamanho, forma e densidade de manchas, a avaliação de funcionalidade deve levar em conta a disposição espacial das mesmas, no sentido do quanto suas populações podem se comunicar. Portanto, deve ficar claro que a conectividade estrutural, física, nem sempre garante conectividade funcional – ou seja, o acesso de indivíduos a recursos e a troca de informação com outros elementos, da mesma espécie ou não. No sentido inverso, de acordo com a escala considerada, a falta de conexão estrutural não acarreta necessariamente falta de conexão funcional.

Nesse contexto, o conceito de conectividade é essencial, pois remete ao grau de movimentação de organismos pela paisagem (CROOKS; SANJAVAN, 2006). Para Taylor, Fahrig e With (2006), a conectividade resulta da interação entre processos comportamentais (movimentos) e a estrutura física da paisagem. Movimentos na paisagem podem ocorrer de várias formas: sedimentos, fogo, vento, fluxos hídricos, de massa, de animais, de diásporos, interações ecológicas. Todas requerem conectividade, em diferentes graus e escalas. Sua definição, métricas, funcionalidade e suas aplicações para a conservação, dependem dos processos em questão e das escalas espacial e temporal em que ocorrem (CROOKS; SANJAVAN, 2006).

Os vales dos rios conectam as terras altas com os terrenos baixos, não apenas no sentido da corrente, mas também lateralmente, pela elevação do nível d'água, e contracorrente pela migração das espécies (GREGORY *et al.*, 1991). Portanto, ao avaliar a integridade funcional de uma paisagem ripária é difícil eleger um valor médio para os algoritmos de conectividade que atenda ao maior número possível de interações. A alternativa, de acordo com a escala, seria eleger uma espécie focal (para estudos de metapopulações) ou, como neste trabalho, uma fitocenose (para estudos de metacomunidades).

Portanto, ao usar uma distância de 100 metros como distância funcional, convencionou-se uma paisagem onde os processos, fluxos e movimentos das fitocenoses FR e VH seriam mais prováveis nesse raio de alcance. Desse modo, se estabelecem parâmetros que, além de descrever as paisagens, permitem comparações e monitoramentos futuros.

A avaliação da integridade funcional se deu em função da relação entre a distância do vizinho mais próximo (ENN), e o índice de proximidade (PROX) que demonstra a relação entre a área das manchas e as distâncias para os vizinhos dentro do raio de busca. Para as FR foi avaliado o índice de área nuclear (CAI), para demonstrar o tamanho de áreas funcionais nas manchas.

Para as FR do Rio Pitangui (Tabela 7), 23 manchas menores que 1,0 ha praticamente não apresentam áreas nucleares (CORE = 0,01 ha), com no máximo 0,1 hectare e médias para PROX de 766 m (± 1.770) e ENN de 134 m (± 187). Das cinco manchas de FR com tamanho entre 1,0 e 9,9 ha, a maior (9,4 ha), com valor de PROX igual a 13.814 m e ENN de 8 m, possui maior área nuclear (3,0 ha). Esta é uma das sete maiores manchas de FR que margeiam o canal ativo do Rio Pitangui. As demais manchas dessa classe possuem áreas entre 1,0 e 3,4 ha, com áreas nucleares reduzidas ou ausentes, e com valores de PROX entre 0,0 e 3,7 m e ENN variando de 48 a 127 m. Devido a essa discrepância de tamanho e de disposição entre as manchas dessa classe, as médias dos índices PROX (2.764 m ± 6.178) e ENN (88 m ± 56) não são parâmetros úteis.

As três manchas, que possuem entre 10 e 49,9 ha apresentaram, em média, 5,62 ha de áreas nucleares e obtiveram valores para PROX de 1.887 m (± 2.494) e para ENN de 23 m (± 9). As três manchas maiores que 50 ha apresentaram as maiores médias para áreas nucleares das FR do Pitangui, de 52,27 ha ($\pm 27,47$). Mesmo tendo a mesma disposição espacial, margeando o canal fluvial, essas três maiores manchas de FR possuem características distintas, se tratando de manchas vizinhas. A menor, com 66,7 ha, possui 33,8 ha de áreas nucleares e se encontra mais agregado (PROX = 987 m e ENN = 12 m) que os dois maiores da classe. A mancha intermediária, com 92,7 ha, possui 39,1 ha e o maior PROX (28.684 m) das áreas de FR a 8,0 m do vizinho mais próximo. A maior mancha de FR do Rio Pitangui possui área de 174,6 ha dos quais 83,8 ha são nucleares. Esta mancha também apresentou alto valor de PROX (14.491 m) e baixo ENN (8 m). Essas duas maiores manchas mesmo estando a pequenas distâncias dos vizinhos mais próximos possuem poucas manchas incluídas no raio de busca, evidenciado pelos altos valores de PROX.

Tabela 7: métricas de área nuclear e conectividade das manchas de floresta ripária (FR) do Rio Pitangui no PPP. CLASSE= classes de tamanho das manchas em hectares; NP= número de manchas; dp= desvio padrão das médias das métricas; CORE= média da área nuclear; PROX= média do índice de proximidade; ENN= média da distância euclidiana do vizinho mais próximo.

CLASSE	NP	CORE (ha)	dp	PROX (m)	dp	ENN (m)	dp
< 1,0	23	0,01	0,02	766	1.770	134	187
1,0-9,9	5	0,67	1,32	2.764	6.178	88	56
10,0-49,9	3	5,62	2,28	1.887	2.494	23	9
> 50,0	3	52,27	27,47	14.721	13.850	10	2

Nas FR do Rio Pitangui é alta a frequência de pequenas manchas com menos de 10% de áreas nucleares (CAI). Essas manchas apresentam disposições espaciais variadas, a maioria a menos de 100 metros do vizinho mais próximo, portanto com mais chances de conectividade. Poucas manchas se encontram a mais de 400 metros do vizinho mais próximo. As manchas maiores que 10 ha apresentaram mais de 25% de áreas nucleares e manchas vizinhas mais próximas. Segundo Hilty *et al.* (2006), algumas áreas de habitats arranjadas na paisagem possuem propriedades específicas mais favoráveis para determinadas espécies, principalmente a disposição espacial.

Pela análise de agrupamento de nas florestas ripárias do Rio Pitangui é possível distinguir seis conjuntos de dados (Figura 13). As manchas foram numeradas em ordem crescente de acordo com o tamanho em hectares.

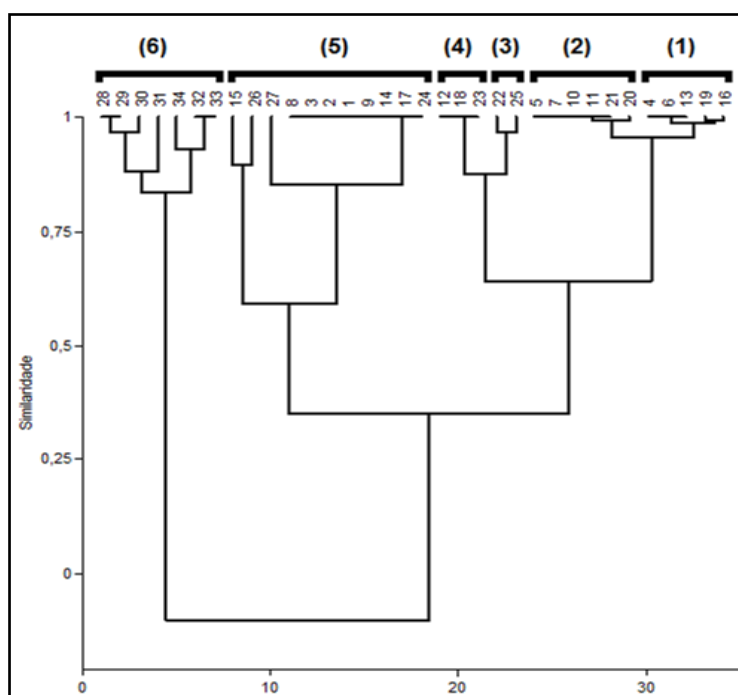


Figura 17: análise de agrupamento (cluster) para as manchas de FR do Rio Pitangui no PPP, com base na média das distâncias entre os membros de dois grupos, levando em conta o coeficiente de correlação de Spearman's Rho (corr. cofenética de 0,84).

O primeiro conjunto (1), com mais de 90% de similaridade, inclui manchas menores que 10,0 ha sem área nuclear, portanto ilhas, com vizinho mais próximo a menos de 100 metros e valores de PROX abaixo de 10 (manchas 4, 6, 13, 16 e 19); O segundo conjunto (2) também com mais de 90% de similaridade, engloba as manchas menores que 10 ha com PROX acima de 200 e vizinho mais próximo a menos de 100

metros, a maior parte desprovida de área nuclear, configurando ilhas na paisagem (manchas 5, 7, 10, 11, 20 e 21); O terceiro conjunto (3), com mais de 90% de similaridade, é formado por duas manchas que têm aproximadamente 1,0 ha, mas que apresentam de 5% a 10% de área nuclear, com valores de PROX menores que 10 e vizinho mais próximo a menos de 100 metros (manchas 22 e 25); O conjunto quatro (4) apresenta alta similaridade sendo formado pelas manchas menores de 1,0 ha que apresentam por volta de 5% de área nuclear, mostram valores de PROX acima de 400 e vizinhos mais próximos a menos de 100 metros (manchas 12, 18 e 23). Pelo baixo valor de PROX e ENN, trata-se de áreas bem próximas a outras; O quinto conjunto (5), com menos de 60% de similaridade, é formado pelas manchas menores que 1,0 ha que se encontram mais isoladas, com vizinhos mais próximos a mais de 100 metros, e consequentemente com valores de PROX nulos (manchas 1, 2, 3, 8, 9, 14, 15, 17, 24, 26, 27). Estas manchas diferem entre si devido à presença de área nuclear em dois deles, embora em pequenas proporções. Na zona ripária do Rio Pitangui, essas pequenas manchas se encontram principalmente na fronteira zonas ripárias/encosta, dispersos entre áreas de VH, principalmente nas entradas de afluentes, enquanto as maiores manchas margeiam os canais fluviais, esses com valores mais elevados para CAI e menores para ENN. O sexto conjunto (6) tem mais de 80% de similaridade, sendo formado pelas maiores manchas, com valores altos para PROX (acima de 240) e bem próximos a outros (máximo de 27 m) (manchas 28, 29, 30, 31, 32, 33 e 34). Essas são manchas de interesse quando se trata da integridade da paisagem na zona ripária, pois estão dispostos ao longo do curso d'água, formando cordões de vegetação, com áreas nucleares relativamente extensas.

O índice de conectividade (CONNECT) das FR do Rio Pitangui foi igual a 3,56%. Para o Jotuba o valor de CONNECT foi igual a 7,89%.

Para as FR do Rio Jotuba (Tabela 8), as 10 manchas menores que 1,0 ha mostraram-se desprovidas de áreas nucleares. Essas áreas se encontram em situações diversas, evidenciado no desvio padrão das médias de PROX ($660 \text{ m} \pm 1762$) e de ENN ($125 \text{ m} \pm 147$). Das quatro manchas com área entre 1,0 e 9,9 ha, uma não apresentou área nuclear e duas com áreas nucleares menores que 0,2 ha. Quanto à proximidade das áreas, uma mancha apresentou-se completamente isolado (PROX = 0,0 e ENN = 580 m) e outros dois mais agregados, com PROX de 697 e 110 m e ENN de 23 e 41 m. A maior manchas da classe, com 6,3 ha dos quais 2,6 ha são nucleares, apresentou PROX de 8.330 m e ENN de 6 m.

As três manchas, com áreas entre 10,0 e 49,9 ha, possuem entre 2,6 e 7,5 ha de áreas nucleares, valores altos para PROX, entre 1.978 e 22.677 m e baixos para ENN, entre 6,0 e 13 m. Das duas manchas maiores que 50,0 ha, a mancha com 53 ha possui 17,2 ha de área nuclear, PROX igual a 327 m e ENN de 4 m. A maior mancha de FR do Rio Jotuba, com 75,3 ha, dos quais 42,2 são áreas nucleares, obteve PROX de 11.139 m estando a 6 metros do vizinho mais próximo.

Tabela 8: métricas de área nuclear e conectividade das manchas de floresta ripária (FR) do Rio Jotuba no PPP. CLASSE= classes de tamanho das manchas em hectares; NP= número de manchas; dp=desvio padrão das médias das métricas; CORE=média da área nuclear; PROX=média do índice de proximidade; ENN=média da distância euclidiana do vizinho mais próximo.

CLASSE	NP	CORE (ha)	dp	PROX (m)	dp	ENN (m)	dp
< 1,0	10	0,00	0,00	660	1.762	125	147
1,0-9,9	4	0,72	1,27	2.285	4.042	163	279
10,0-49,9	3	7,98	4,53	12.490	10.353	9	4
> 50,0	2	29,70	17,71	5.733	7.646	5	1

Nas FR do Rio Jotuba, as manchas menores que 10 ha praticamente não apresentaram áreas nucleares, exceto uma com 40%. Quanto à proximidade de outras áreas, a grande maioria está a menos de 100 metros das manchas vizinhas, mas ocorrem áreas isoladas geograficamente, com mais de 300 metros da mancha vizinha e por consequência valor de PROX nulos. Essas manchas se encontram principalmente no limite das zonas ripárias/encosta dispersas entre áreas de VH, principalmente nas entradas de afluentes. As manchas maiores margeiam os canais fluviais, essas com valores mais elevados para CAI e menores para ENN, portanto com maior número de manchas vizinhas próximas que as menores.

A análise de agrupamento para as FR do Rio Jotuba (Figura 14) mostra quatro conjuntos distintos de manchas: (1) o primeiro é representado por uma única mancha (nº 12) com 2,0 ha sendo 3% de área nuclear, valor do índice de proximidade de 110 e vizinho mais próximo a 40 metros; (2) o segundo conjunto, com mais de 90% de similaridade, inclui manchas menores que 1,0 ha que não apresentam área nuclear e que apresentaram valores de PROX muito variado, mas com vizinhos mais próximos a menos de 100 metros (manchas 1, 3, 5, 7, 9, 10 e 11). Estas manchas representam ilhas na paisagem; (3) o terceiro conjunto engloba áreas menores que 3,0 ha que apresentaram vizinho mais próximo a menos de 100 metros e, por consequência, valor

de PROX nulos. Neste grupo, a maioria das manchas é semelhante em relação aos parâmetros avaliados, e o ponto de divergência consiste na presença de área nuclear (2, 4, 6, 8 e 13). Essas manchas menores em pontos específicos na paisagem podem desempenhar um papel fundamental para a conservação quando se trata da permeabilidade da matriz, pois podem servir como trampolins ao movimento de espécies entre áreas mais distantes, bem como conter comunidades distintas (METZGER; DÉCAMP, 1997; HILTY *et al.*, 2006); o quarto conjunto (4) tem 85% de similaridade, sendo representado pelas maiores manchas de FR do Rio Jotuba (manchas 14, 15, 16, 17, 18 e 19). Apresentam mais de 20% de área nuclear, os mais altos valores de PROX e baixos de ENN.

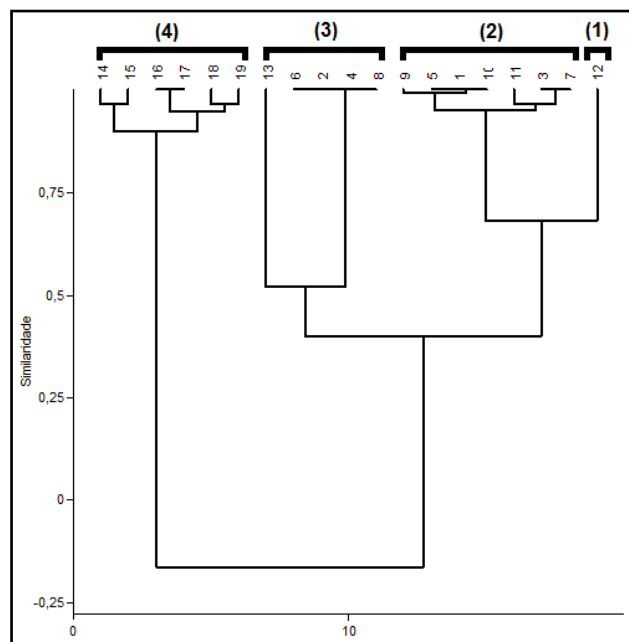


Figura 18: análise de agrupamento (cluster) para as manchas de FR do Rio Jotuba no PPP, com base na média das distâncias entre os membros de dois grupos, levando em conta o coeficiente de correlação de Spearman's Rho (corr. cofenética de 0,85).

A análise de Kruskal-Wallis para AREA e CAI entre as manchas de FR dos Rios Pitangui e Jotuba ($p = 0,9$) evidenciou que há diferenças entre as áreas e, se considerada a dissimilaridade na modelagem dessas áreas nas zonas ripárias, a ocorrência de manchas com formato mais isodiamétrico acontece de forma diferenciada em cada rio.

Em ambas as zonas ripárias as grandes manchas de FR frequentemente apresentam vizinhos bastante próximos enquanto as pequenas estão frequentemente mais isoladas. Para Bennet e Saunders (2010) e Hilty *et al.* (2006), as áreas naturais na paisagem se mantêm em equilíbrio dinâmico, onde as grandes áreas, com maiores

populações e comunidades, podem atuar como fonte de emigração para áreas menores, que suportam menor número de indivíduos e espécies, introduzindo material genético e recolonizando as pequenas manchas. Schierholz (1991) considera como sendo 10 ha o tamanho mínimo de manchas florestais viáveis à diversidade ecológica, desde que isodiamétricos. Nos cursos fluviais, no entanto, as manchas de FR mais extensas, portadoras de áreas nucleares maiores, são predominantemente mais alongadas. Wooster e DeBano (2006) chamam a atenção ao fato de que, em ambientes ripários, o comprimento das manchas florestais pode ser muito mais importante do que sua largura, levando em conta os fluxos longitudinais de matéria e energia.

No Rio Pitangui apenas as três manchas maiores que 50 ha apresentam áreas nucleares maiores que 10 ha, porém dispostas de forma descontínua, interligadas por corredores. Para Metzger (2010) o tamanho mínimo de uma mancha viável para populações é bastante variável, descartando a existência de um valor único, e apontando para áreas extensas para conservar a integridade de um sistema ecológico. Entretanto, dados conclusivos acerca do tamanho ecologicamente viável para a diversidade em ambientes ripários são escassos, e se considerar o tamanho e a integridade estrutural das manchas de FR dos Rios Pitangui e Jotuba, nesta escala de análise, é possível inferir que essas áreas oferecem boas condições para a conservação.

Os índices de proximidade e de conectividade demonstram a proximidade entre manchas distintas, considerando uma distância funcional. De acordo com o valor de CONNECT para as áreas de FR dos rios, é baixa a frequência dos pontos de ligação entre as áreas na paisagem, levando em conta um raio de 100 metros como funcional para a conectividade. Espera-se um valor relativamente baixo para as paisagens ripárias, sendo que as manchas vizinhas se encontram, sobretudo, no sentido longitudinal ao canal fluvial, com pontos de ligação concentrados nas extremidades de manchas alongadas. Em virtude da conformação espacial linear das zonas ripárias, os pontos de conexão no sentido longitudinal são de extrema importância para a integridade estrutural e funcional desse ambiente.

As 17 manchas menores que 1,0 ha de VH do Rio Pitangui (Tabela 9) apresentaram médias para índice PROX de 147 m (± 318) e ENN de 57 m (± 37). As 33 manchas com tamanhos entre 1,0 e 9,9 ha encontram-se em condições bastante diversas com médias para PROX foi de 318 m (± 634) e para ENN, de 63 m (± 46), demonstrando haver grande variação na disposição espacial das áreas, umas mais próximas e outras mais isoladas.

As oito manchas que têm entre 10,0 e 49,9 ha obtiveram médias de PROX de 287 m (± 342) e ENN de 89 m (± 160). As três manchas maiores que 50 ha, apresentaram valores baixos para PROX (75 m ± 87) e ENN (39 m ± 17).

Tabela 9: métricas de conectividade das manchas de vegetação hidrófila (VH) do Rio Pitangui no PPP. CLASSE=classes de tamanho das manchas em hectares; NP= número de manchas; dp=desvio padrão das médias das métricas; PROX=média do índice de proximidade; ENN=média da distância euclidiana do vizinho mais próximo.

CLASSE	NP	PROX (m)	dp	ENN (m)	dp
< 1,0	17	147	318	57	37
1,0-9,9	33	318	634	63	46
10,0-49,9	8	287	342	89	160
> 50,0	3	75	87	39	17

As manchas menores que 10 ha obtiveram valores variados para os índices avaliados, mostrando alta divergência entre a disposição espacial das áreas, onde ocorrem tanto manchas agregadas quanto dispersas, embora a maioria se encontre a menos de 100 metros do vizinho mais próximo. As manchas maiores que 10 ha apresentaram vizinhos a menos de 100 metros, exceto um, com PROX nulo e vizinho mais próximo a 480 metros.

Os desvios padrão das distâncias e proximidade das classes de tamanho evidenciam a grande variabilidade na disposição espacial das manchas, com áreas muito isoladas e outras mais agregadas, independentemente do tamanho.

Pela análise de agrupamento das manchas de VH do Rio Pitangui (Figura 15) é possível distinguir seis conjuntos. O primeiro conjunto (1), com 75% de semelhança, é composto por manchas de tamanhos variados, entre 0,8 e 17 ha, com disposição espacial distintas (manchas 14, 17, 18, 24, 32, 42, 43, 45 e 53). Há manchas com valores de PROX nulos e vizinhos a mais de 100 metros, que configuram ilhas, e manchas com vizinhos a menos de 100 metros, portanto, com mais chances de conectividade; o segundo conjunto (2), com 80% de semelhança, também apresenta manchas com tamanhos variados, de 3 a 110 ha, mas que apresentam valores de PROX menor que 5 m e vizinhos a menos de 100 metros (manchas 29, 35, 59 e 60); o terceiro conjunto (3) é muito similar, sendo formado por manchas maiores que 20 ha com valores de PROX entre 100 e 1000 m e vizinhos a menos de 100 metros (manchas 54, 55, 56, 57 e 61); o quarto conjunto (4) é composto por manchas de tamanho muito similar, com áreas entre 2,0 e 15,0 ha que apresentam valores de PROX superiores a

100 m e vizinhos a menos de 100 metros (manchas 26, 30, 33, 34, 38, 40, 44, 46, 47, 48, 49, 50 e 51); o quinto conjunto (5), com similaridade de 85%, apresenta manchas com tamanhos variando entre 1,0 e 35,0 ha e valores de PROX menores que 50 m, a menos de 100 metros dos respectivos vizinhos (manchas 20, 22, 23, 25, 27, 28, 31, 36, 37, 39, 41, 52 e 58); e o sexto conjunto (6), com 85% de similaridade, é formado pelas manchas menores que 1,0 ha que se encontram a menos de 100 metros dos vizinhos, mas demonstram valores bastante variados para PROX (entre 2 e 1000 m) (manchas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 19, 21).

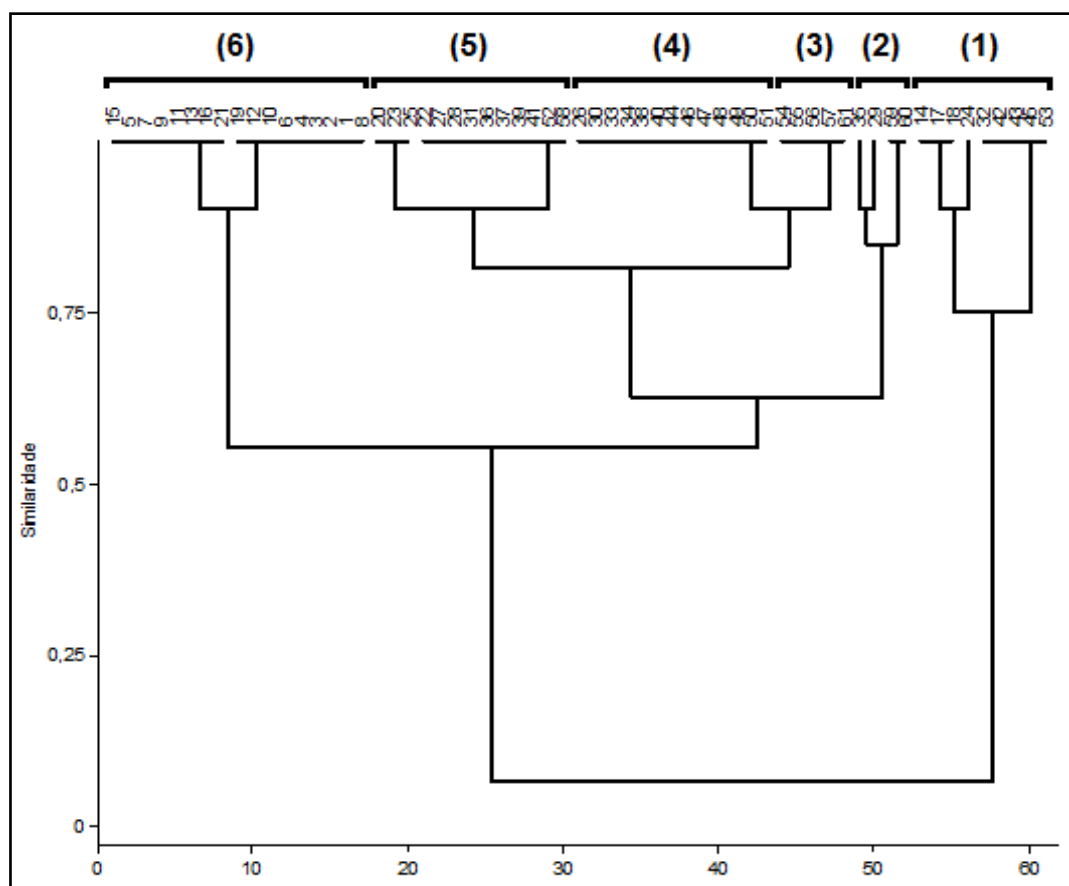


Figura 19: análise de agrupamento (cluster) para as manchas de VH do Rio Pitangui no PPP, com base na média das distâncias entre os membros de dois grupos, levando em conta o coeficiente de correlação de Spearman's Rho (corr. cofenética de 0,84).

Para as áreas de VH do Rio Jotuba (Tabela 10), as 19 manchas menores que 1,0 ha obtiveram índices relativamente baixos de PROX (66 m $\pm$ 153) e altos para ENN (70 m $\pm$ 71). Nas 21 manchas com tamanhos entre 1,0 e 9,9 ha as médias de PROX e ENN foram 197 m ($\pm$ 261) e 60 m ($\pm$ 570), respectivamente.

Das cinco manchas que têm entre 10,0 e 49,9 ha, uma encontra-se bem dispersa (PROX = 0,0 e ENN = 253 m) e outra mais próxima a outras manchas (PROX = 1.937 m e ENN = 18 m), enquanto os demais estão condizentes com a média (PROX = 474 m e ENN = 72 m). A única mancha maior que 50 ha de VH do Rio Jotuba, com 105 ha, encontra-se a 25 metros do vizinho mais próximo, com PROX igual a 518 m.

As manchas menores que 10 ha apresentam disposições espaciais variadas, a maioria a menos de 100 metros do vizinho mais próximo, portanto com mais chances de conectividade que outras manchas que se encontram a mais de 200 metros do vizinho mais próximo. As manchas maiores que 10 ha apresentaram vizinhos a menos de 100 metros, exceto uma, com PROX nulo e vizinho mais próximo a 250 metros.

Tabela 10: métricas de conectividade das manchas de vegetação hidrófila (VH) do Rio Jotuba no PPP. CLASSE= classes de tamanho das manchas em hectares; NP= número de manchas; dp= desvio padrão das médias das métricas; PROX= média do índice de proximidade; ENN= média da distância euclidiana do vizinho mais próximo.

CLASSE	NP	PROX (m)	dp	ENN (m)	dp
< 1,0	19	66	153	70	71
1,0-9,9	21	197	261	60	57
10,0-49,9	5	474	828	72	102
> 50,0	1	518	-	25	-

A análise de agrupamento para as VH do Rio Jotuba demonstrou três conjuntos (Figura 16). O primeiro conjunto (1), com mais de 75% de similaridade, é formado por manchas de tamanhos diversificados com disposição espacial variadas, uns com valor de PROX nulos e vizinhos a mais de 100, que representam ilhas na paisagem, e outros com PROX entre 0,0 e 1,0 e valores de ENN menores que 100, portanto, mais próximas e com maiores chances de conectividade com outras áreas (manchas 6, 7, 14, 22, 24, 28, 30 e 43); o segundo conjunto (2), com mais de 80% de similaridade, inclui as manchas maiores que 1,5 ha com vizinhos mais próximos a menos de 100 m e valores variados de PROX (manchas 25, 26, 27, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45 e 46); e o terceiro conjunto (3), também com mais de 80% de similaridade, é composto por manchas menores que 2,0 ha que apresentam valores de PROX menores que 100 e vizinhos mais próximos a menos de 100 metros (manchas 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23 e 29).

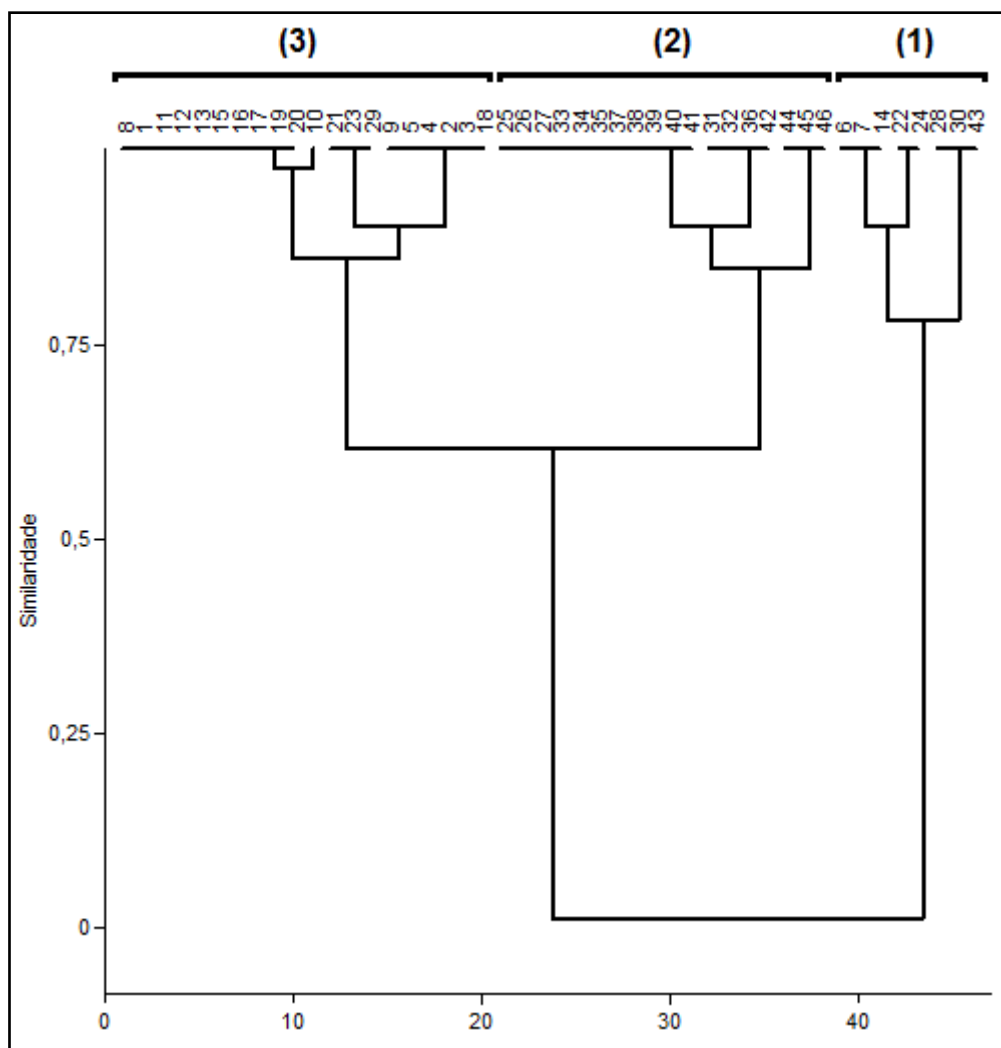


Figura 20: análise de agrupamento (cluster) para as manchas de VH do Rio Jotuba no PPP, com base na média das distâncias entre os membros de dois grupos, levando em conta o coeficiente de correlação de Spearman's Rho (corr. cofenética de 0,74).

Para as áreas de VH do Rio Pitangui, o índice CONNECT foi de 2,73%. Para o Rio Jotuba o índice CONNECT das áreas de VH foi de 4,15%.

Em ambos os rios, as áreas de VH apresentaram menores índices CONNECT que as FR. Essa condição é natural nas zonas ripárias avaliadas, onde as áreas de VH se estabelecem nas superfícies e bacias de inundação, formando um mosaico de manchas distanciadas e entremeadas por porções de FR, de vegetação mesófila, ou de áreas agrícolas. Entretanto, o valor do índice CONNECT para as florestas e para as áreas de vegetação hidrófila pouco varia em uma escala de 0 a 100.

4.3 Padrões das Paisagens Ripárias

Nos rios Pitangui e Jotuba, diferenças em número de polígonos, área total e disposição espacial entre VH e FR refletem os padrões dessas paisagens. As FR ocupam

a zona de talude, margeando o canal ativo do rio e meandros abandonados, com áreas frequentemente mais alongadas e com contorno mais complexo. A VH se estabelece em superfícies de inundação, controladas pela topografia e geomorfologia das áreas (Figura 21), portanto, com manchas mais isodiamétricas.



Figura 21: padrão de distribuição dos tipos de vegetação nas zonas ripárias. No Rio Jotuba, em primeiro plano observa-se um cordão florestal mesófilo, em terço inferior de encosta, seguido da vegetação herbáceo-arbustiva hidrófila (VH) na região de inundação, e ao fundo a zona de vegetação arbórea higrófila (FR) acompanhando o curso do rio.

Autora: Rosemeri Segecin Moro, 01/2011 (UTM: 603015 e 7239279).

Além de ambos os rios possuírem cerca de 60% de suas áreas ripárias ocupadas por várzeas, estas se distribuem por manchas contínuas, com mais de 10 ha (76% no Pitangui e 72,8% no Jotuba). Com relação às florestas ripárias, a proporção de manchas maiores que 10 ha também é alto (93,5% no Pitangui e 92,2% no Jotuba). Dessa forma, nas zonas ripárias de ambos os rios a fragmentação e a espacialização das áreas de FR e VH parece ser de origem natural (isto é, não antrópica), exceto em pontes e eventuais pontos de retificações de várzeas.

A Análise de Componentes Principais apontou, entre sete, dois fatores explicativos da distribuição das manchas de FR nas zonas ripárias - 81% no Pitangui e 78,4% no Jotuba. O primeiro componente é a área, responsável por 67,7% da variância no Pitangui e 64,3% no Jotuba, e o segundo é o valor do índice de proximidade (PROX), responsável por 13,3% da variância no Pitangui e 14,1% no Jotuba (Figuras 22 e 23).

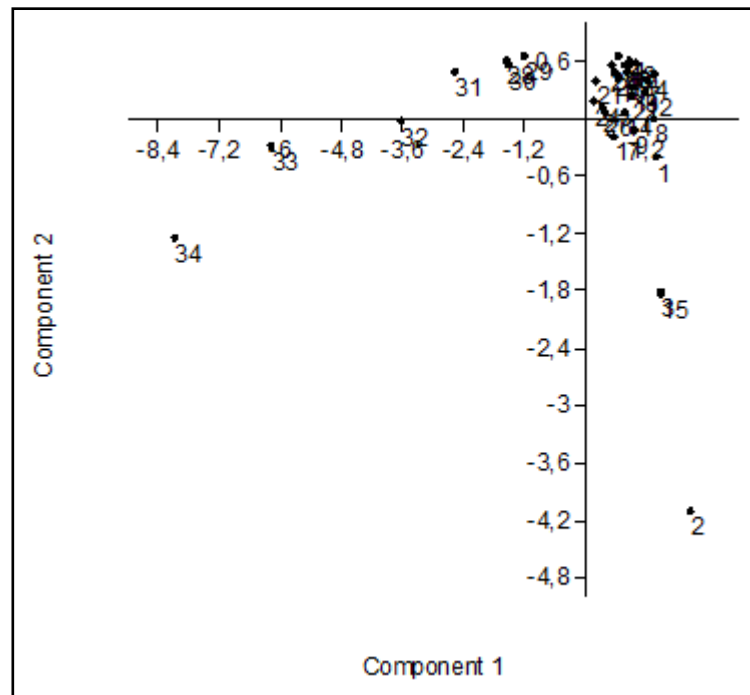


Figura 22: distribuição das FR do Rio Pitangui, no PPP, conforme área (Componente 1) e índice de proximidade (Componente 2). Manchas numeradas por ordem de tamanho.

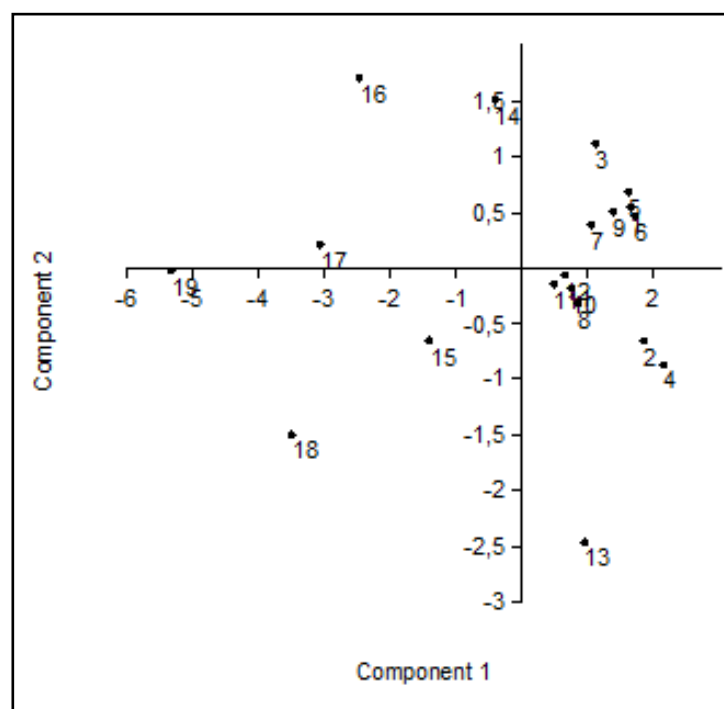


Figura 23: distribuição das FR do Rio Jotuba, conforme área (Componente 1) e índice de proximidade (Componente 2). Manchas numeradas por ordem de tamanho.

A comparação das distribuições nos dois rios, através do teste de Kruskal-Wallis envolvendo AREA ($p = 0,89$) e PROX ($p = 0,46$) evidenciaram que a distribuição espacial das manchas de FR é diferente em cada rio. As diferenças em número, tamanho

e disposição espacial das florestas ripárias nos rios se devem a particularidades de cada rio, como o tamanho e a conformação do leito, que interferem no padrão de ocupação dessas metacomunidades.

Para as áreas de VH, três componentes explicam 90% da distribuição de manchas no Pitangui e 87% no Jotuba. Dos cinco fatores avaliados, o mais importante é a área, com 49% no Pitangui e 47,7% no Jotuba, seguido pelo valor do índice de proximidade (PROX), com 26,1% no Pitangui e 24,9% no Jotuba, e pela distância do vizinho mais próximo (ENN), com 15,3% no Pitangui e 14,9% no Jotuba (Figuras 24 a 29).

O fato de a variação só poder ser explicada a partir da interação de um terceiro componente aponta para a maior complexidade causal de padrões nas áreas de VH em ambos os rios.

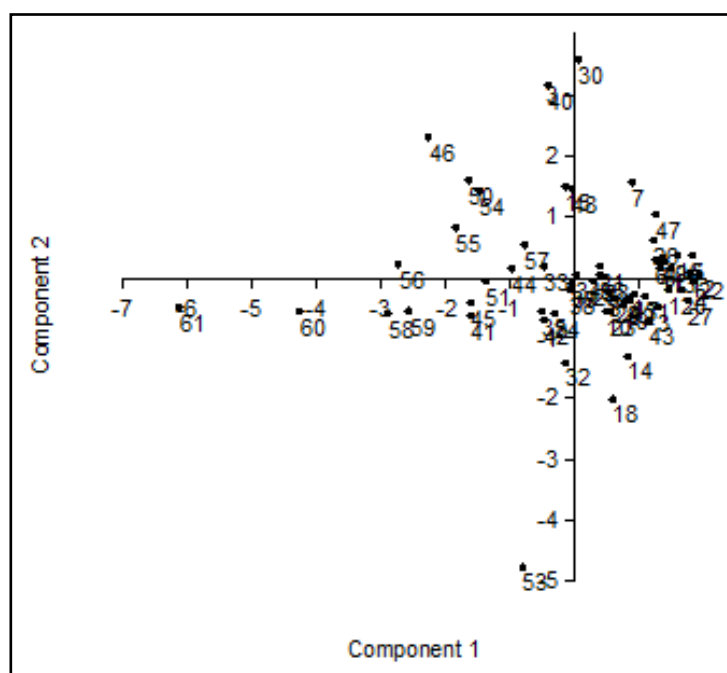


Figura 24: distribuição da VH do Rio Pitangui, no PPP, conforme área (Componente 1) e índice de proximidade (Componente 2). Manchas numeradas por ordem de tamanho.

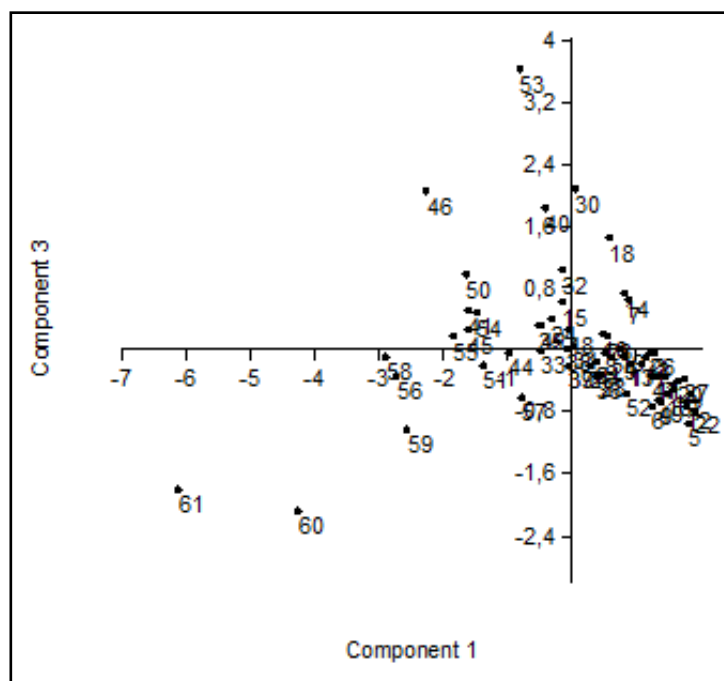


Figura 25: distribuição da VH do Rio Pitangui, no PPP, conforme área (Componente 1) e vizinho mais próximo (Componente 3). Manchas numeradas por ordem de tamanho.

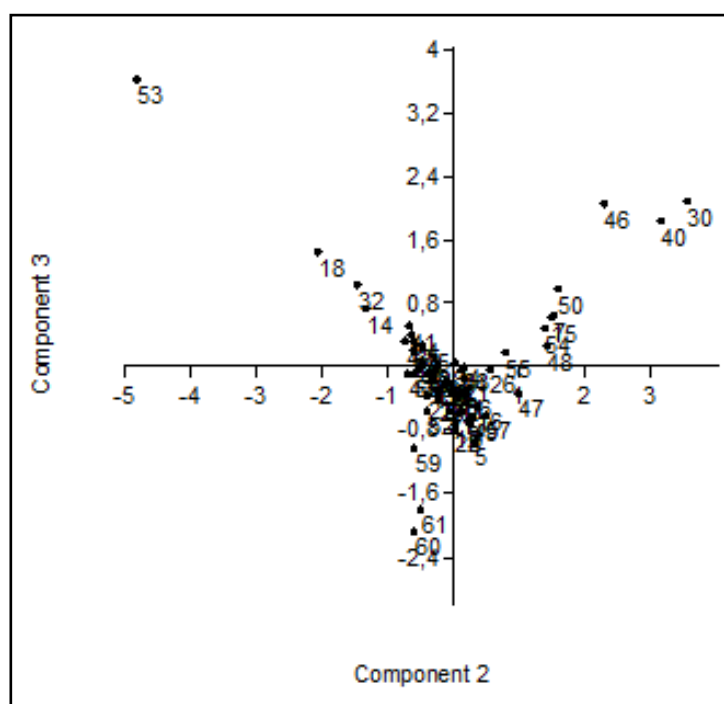


Figura 26: distribuição da VH do Rio Pitangui, no PPP, conforme índice de proximidade (Componente 2) e vizinho mais próximo (Componente 3). Manchas numeradas por ordem de tamanho.

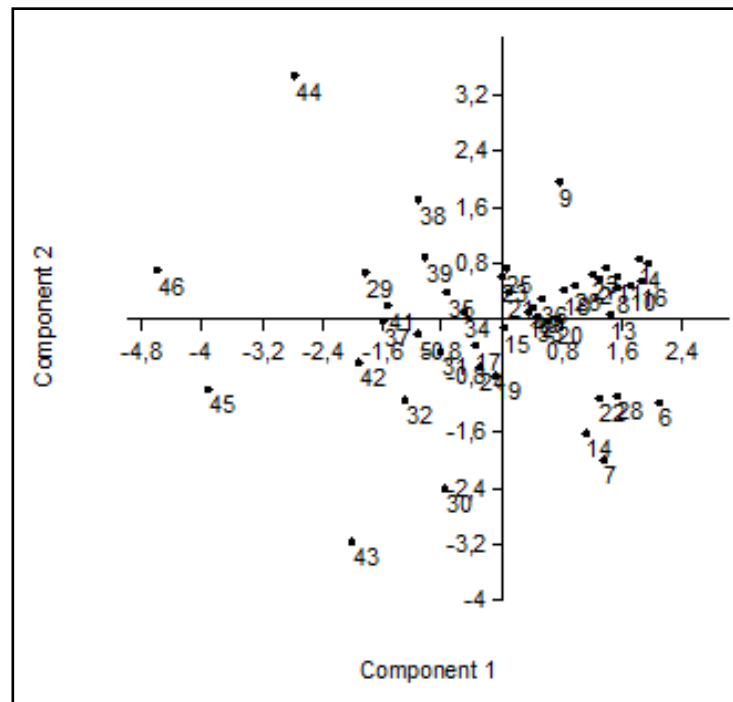


Figura 27: distribuição da VH do Rio Jotuba, conforme área (Componente 1) e índice de proximidade (Componente 2). Manchas numeradas por ordem de tamanho.

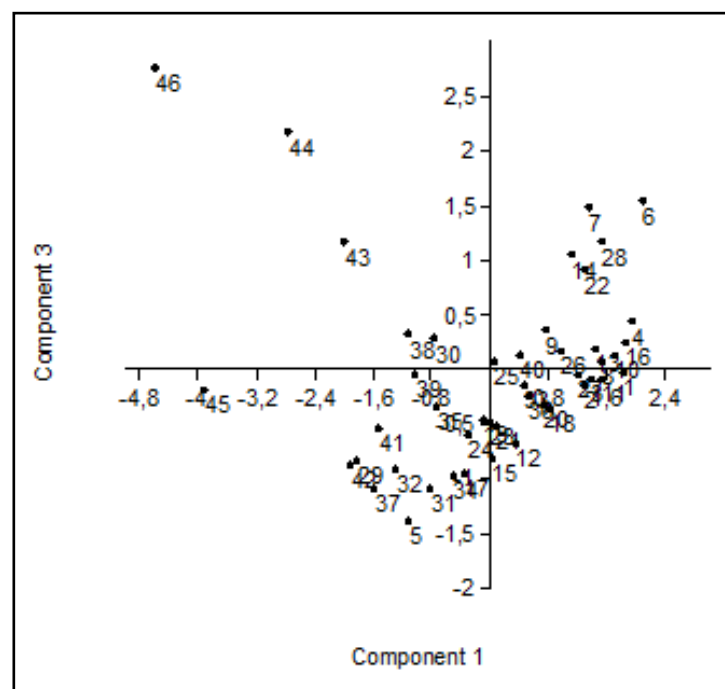


Figura 28: distribuição da VH do Rio Jotuba, conforme área (Componente 1) e índice de proximidade (Componente 2) e vizinho mais próximo (Componente 3). Manchas numeradas por ordem de tamanho.

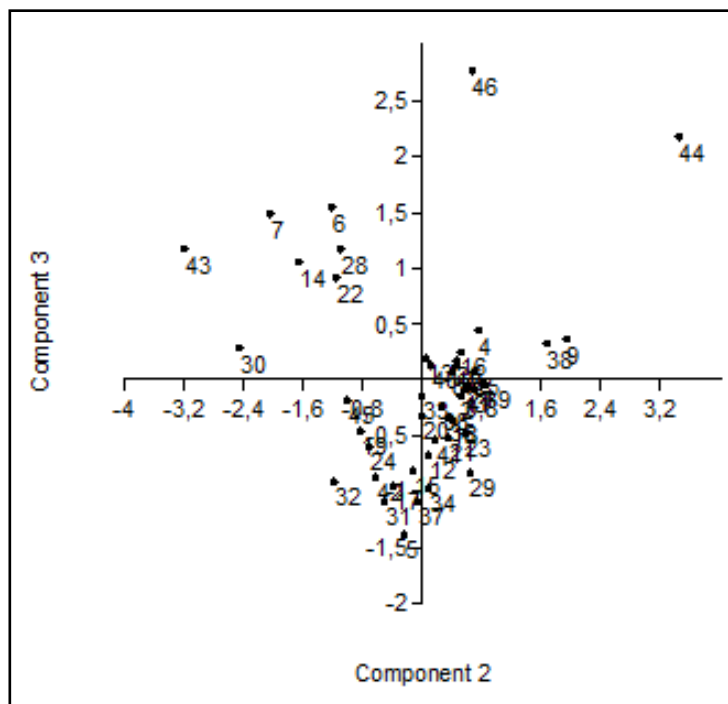


Figura 29: distribuição da VH do Rio Jotuba, conforme índice de proximidade (Componente 2) e vizinho mais próximo (Componente 3). Manchas numeradas por ordem de tamanho.

A comparação das distribuições das manchas de VH por AREA, nos dois rios, através do teste de Kruskal-Wallis, não apontou diferenças significativas ($p = 0,04$). Mas as distribuições devidas ao PROX ($p = 0,79$) e ENN ($p = 0,38$) apontaram uma distribuição espacial das manchas de VH diferenciada nos rios. Pode-se inferir que, ainda que possivelmente as UPs em ambos os rios respondam aos mesmos fatores na definição de tamanho de manchas, os processos de distribuição espacial (proximidade e isolamento) não são os mesmos.

A distribuição dos tipos de vegetação na zona ripária do Rio Pitangui obedece a um padrão que agrupa a maior parte dos polígonos de VH na margem esquerda devido à pouca declividade do terreno, favorecendo o extravasamento do leito. Desse modo, a maior parte da margem direita do rio pode ser enquadrada como de degradação, ou seja, retirada de sedimento, enquanto a esquerda é de agradação, ou seja, de deposição de sedimento. No Rio Jotuba, as áreas de VH se apresentam com maior regularidade nas duas margens da porção inferior do rio, próximo à represa, porém são bem menos freqüentes na porção superior do rio onde o relevo se diferencia e o leito corre encaixado, o que reduz frequência de áreas inundáveis.

Para Gregory *et al.* (1991), o mosaico da paisagem ripária influencia fortemente os padrões espaciais das comunidades vegetais. Dessa forma, as manchas de FR

representam, nesta escala de análise, metacomunidades formadas pela biocenose de FOMA - arbórea de dique marginal, e as áreas de VH comunidades herbácea de superfície de inundação. Assim, as comunidades que ocorrem nas áreas ripárias de ambos os rios são formadas preponderantemente pela heterogeneidade física do ambiente ripário com relação às áreas de interflúvio. A zona ripária do Rio Pitangui possui duas leves flexões à esquerda, no trecho superior e no trecho médio, e uma flexão para a direita próxima à foz na represa, controlada pelos sistemas de fraturas já mencionados no item 3.2.1. A zona ripária do Rio Jotuba flexiona quase que 180° à direita em seu trecho médio apresentando uma conformação semelhante a um semicírculo, quando contorna o afloramento do Granito Serra do Carambeí. Portanto, além de ser mais extensa, a zona ripária do Rio Pitangui apresenta-se mais retilínea.

Nos dois rios há um alargamento gradual das zonas ripárias à medida que se aproximam da área alagada da represa, mais notável no Rio Jotuba. Por consequência ocorrem manchas maiores, de VH principalmente, que podem apresentar maior diversidade de ambientes, e suportar maiores populações.

A fragmentação antrópica ocorre em proporções ínfimas considerando a área total.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a proporção entre FR e VH tenha se mostrado equivalente, o Rio Pitangui apresentou praticamente o dobro de áreas ripárias, com áreas de VH e FR mais extensas que o Rio Jotuba. As áreas de FR dos dois rios apresentam um grande número de manchas pequenas e poucas áreas mais extensas que apresentaram formato alongado, margeando o canal ativo do rio e meandros abandonados, controladas, sobretudo, por fatores geomorfológicos e edáficos. A distribuição espacial das áreas de FR é distinta nos dois rios, sem afetar entretanto o padrão de ocupação dessas comunidades vegetais, dispostas em manchas de contorno relativamente mais complexos que as áreas de VH.

Tanto as manchas de FR quanto as de VH de ambos os rios tem seus formatos mais irregulares e complexos à medida que a extensão de suas áreas aumenta. Mas a relação entre área e dimensão fractal é mais forte em FR, resultado do acréscimo no número de projeções nas manchas e também da espacialização dessas áreas que se modela de acordo com a deposição e consolidação de sedimentos a partir do canal fluvial.

Quase 60% da zona ripária dos Rios Pitangui e Jotuba é formada por áreas periodicamente inundáveis. As áreas de VH apresentaram-se dispostas mais isoladamente que as de FR em ambos os rios, com alta frequência de pequenas manchas, mas também com áreas maiores que 50 ha, com maior frequência no Rio Pitangui, demonstrando um padrão agrupado em áreas mais favoráveis. Essas áreas ocupam as superfícies e bacias de inundação dos rios, controladas principalmente pela topografia, entremeadas por projeções de manchas de FR ou ainda por áreas antropizadas.

No Pitangui, a VH se concentra na margem esquerda de agradação enquanto a margem direita, de degradação, sustenta uma FR em contato com a mesófila, quando presente. Isto significa que as comunidades das margens esquerda e direita não são necessariamente as mesmas devido a diferenças de gradiente, como eutrofização pelo pulso de inundações, temperatura e anaerobiose do solo, entre outras. Isto equivale a dizer que a paisagem ripária heterogênea do Pitangui é, em sua maior parte, funcionalmente diversa em relação à margem esquerda e direita. No Rio Jotuba, a VH distribui-se regularmente em ambas as margens no curso inferior; em contrapartida quase desaparece na porção superior onde as feições do terreno condicionam um leito encaixado. Nestas condições, pode-se dizer que na paisagem ripária homogênea

segmentada do Jotuba não há marcadas divergências funcionais laterais, como no Pitangui, e sim longitudinais.

O estudo evidenciou que os fluxos longitudinais são de grande importância para as comunidades de florista ripária e, para as áreas de vegetação hidrófila, os fluxos laterais, como as inundações, tem maior relevância. Esta abordagem quantitativa da paisagem ripária de parte da bacia do Rio Pitangui demonstrou a importância de se considerar a VH nas análises uma vez que possuem estreita relação com o leito do rio.

O Rio Jotuba apresenta uma paisagem de várzeas mais fragmentada. Para efeitos de conservação relacionada à conectividade, a paisagem fluvial do Rio Pitangui parece reunir condições mais favoráveis à manutenção da biodiversidade do que no Jotuba.

As bordas representaram, em todas as UPs, sempre mais de 38% da área nas FR devido ao formato majoritariamente alongado dessas manchas. As áreas nucleares representaram mais de 35% das áreas de FR de cada rio.

As áreas de FR apresentaram mais pontos de ligação, de acordo com a metragem estipulada, que as de VH, evidenciado pelos índices de conectividade devido ao padrão de distribuição dessas áreas, porém a percentagem é baixa em ambos os rios. As áreas de FR também obtiveram índices de proximidade maiores e vizinhos mais próximos, em média, que as VH. Portanto, é possível concluir que as manchas florestais se encontram mais conectadas estrutural e funcionalmente que as áreas de vegetação hidrófila, uma vez que acompanham os canais fluviais.

O padrão de distribuição das áreas de FR e de VH é regular em ambos os rios. Enquanto as florestas ripárias margeiam os canais fluviais as fitocenoses hidrófilas se estabelecem nas superfícies e bacias de inundação.

Um aspecto importante desta análise da fragmentação e da conectividade das áreas naturais estudadas é o limite considerado para a zona ripária, englobando apenas a metacomunidade vegetal que ocorrem em áreas inundáveis. Deste modo, a continuidade das manchas de FR com áreas de floresta mesófila não foi levada em conta nas avaliações. Da mesma maneira, para as manchas contínuas com outras áreas semelhantes, as bordas, nesses pontos, não possuem os mesmos atributos que as bordas com áreas heterogêneas, como taxa de luminosidade e composição de espécies. Estudos envolvendo todas as comunidades vegetais da bacia podem revelar a situação da conectividade entre essas áreas naturais de interflúvio.

A fragmentação e a espacialização das comunidades vegetais nas zonas ripárias de ambos os rios teve origem natural, excluídas as intervenções como pontes e

retificações de várzeas. As análises foram conduzidas a partir de imagem do ano 2001 e, desde então tanto no Rio Pitangui quanto no Jotuba, o uso do solo para agricultura é intenso a partir das áreas inundáveis, onde pontos de retificação (drenos) em áreas hidromórficas modificam o terreno para uso agrícola. Assim, as faixas de vegetação remanescente às margens dos rios fortalecem o *status* de corredores ripários.

6. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C.G. de. **Análise Espacial dos Fragmentos Florestais na Área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná.** Ponta Grossa, 2008a. 72 p. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território), Universidade Estadual de Ponta Grossa.
- ALMEIDA, S.R. *et al.* Florística e síndromes de dispersão de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista em sistema faxinal. **Ambiência**, v. 4, n. 2, 2008b.
- ARIZPE, D.; MENDES, A.; RABAÇA, J.E. (Eds.). **Sustainable Riparian Zones: a Management Guide.** Generalitat Valenciana, 2008. 287 p.
- ATTANASIO, C.M. *et al.* Método para a identificação da zona ripária: microbacia hidrográfica do Ribeirão São João (Mineiros do Tietê, SP). **Scientia Florestalis**, n. 71, p. 131-140, Ago. 2006.
- AYRES, J.M. *et al.* **Os corredores ecológicos das florestas tropicais do Brasil.** Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 2005. 256p.
- BEIER P.; NOSS R.F. Do Habitat Corridors Provide Connectivity? **Conservation Biology**, v. 12, n. 6, p. 1241-1252, 1998.
- BENNETT, A.F.; SAUNDERS D.A. Habitat Fragmentation and Landscape Change. In: SODHI, N.S.; EHRLICH, P.R. **Conservations Biology for All.** Oxford, 2010. 360 p.
- BOGNOLA, I.A. *et al.* Caracterização dos solos do município de Carambeí, PR. EMBRAPA/CNPQ. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento.** Rio de Janeiro, n. 8, 2002.
- BRASIL. LEI FEDERAL Nº 4.771. Institui o novo Código Florestal. Brasília, 1965.
- CARMO, M.B.; MORO, R.S.; NOGUEIRA, M.K.F.S. A Vegetação Florestal nos Campos Gerais. In: MELO, M.S.; MORO, R.S.; GUIMARÃES, G.B. (Eds.). **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná.** Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2007. p. 99-104.
- CASTELLA, P.R.; BRITEZ, R.M. **A Floresta com Araucária no Paraná: Conservação e Diagnóstico dos Remanescentes Florestais.** Brasília: MMA, 2004. 236 p.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Nº 303. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente no Brasil. Brasília, 2002.
- CROOKS, K.R.; SANJAVAN, M. Connectivity conservation: maintaining connections for nature. In: CROOKS, K. R.; SANJAVAN, M. **Connectivity Conservation.** New York: Cambridge University Press, 2006.
- CRUZ, G.C.F. Alguns aspectos do clima dos Campos Gerais. In: MELO, M.S.; MORO, R.S.; GUIMARÃES, G.B. (Eds.). **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná.** Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2007. p. 59-72.
- CURCIO, G.R. **Relações entre Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Fitossociologia nas planícies fluviais do Rio Iguaçu, Paraná, Brasil.** Curitiba, 2006, 510p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), UFPR.

EMBRAPA. **Mapa de solos do Estado do Paraná**: escala 1:250.000: legenda. Org. Silvio Barge Bhering *et al.* Dados eletrônicos. Documentos v. 96. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 306p.

FASOLO, P.J. *et al.* Caracterização dos Solos do Município de Castro, PR. EMBRAPA/CNPS. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Rio de Janeiro, n. 9. 2002.

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

FORMAN, R.T.T. Some general principles of landscape and regional ecology. **Landscape Ecology**, v. 10, n. 3, p. 133-142, 1995.

FRANÇA, L.C.; MARINI, M.A. Teste do efeito de borda na predação de ninhos naturais e artificiais no Cerrado. **Zoologia**, Curitiba, v. 26, n. 2, p. 241-250, Jun. 2009.

GODOY, L.C. **Radioanomalias no Granito Serra do Carambé - PR e Possíveis Implicações no Uso e Ocupação do Solo**. Curitiba, 2010. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental), Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. 216p.

GONÇALVES, D. R. P. **Avaliação da qualidade das águas das sub-bacias do manancial de Alagados e sua relação com os diferentes sistemas de uso das terras**. Ponta Grossa, 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

GRANDO JR, E. *et al.* Campos Gerais: Norte e Sul. In: BILENCA, D.N.; MINARRO, F. **Identificación de áreas valiosas de pastizal (AVPs) em las Pampas y campos de Argentina, Uruguay y sur de Brasil**. Buenos Aires: FVSA, 2004. p. 206-209.

GREGORY, S.V. *et al.* An ecosystem perspective of riparian zones. Focus on links between land and water. **BioScience**, v. 41, p. 540-551, 1991.

HAMMER, O. **PAST**. Paleontological Statistics Version 2.00: Reference manual. Natural History Museum, University of Oslo. 1999-2010.

HILTY, J.A.; LIDICKER JR, W.Z.; MERENLENDER, A.M. **Corridor ecology**: the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation. Island Press. 2006. P. 323.

INNIS, A.; NAIMAN, R.J.; ELLIOTT, S.R. Indicators and assessment methods for measuring the ecological integrity of semi-aquatic terrestrial environment. **Hydrobiologia**, v. 422, n. 23, p. 111-131, 2000.

JONGMAN, R.H.G.; TER BRAAK, C.J.F.; VAN TONGEREN, O.F.R. **Data analysis in community and landscape ecology**. 10.ed. Cambridge (UK): Cambridge University Press, 2005.

KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F.B.; SOUZA, L.M.I. Consequências genéticas da fragmentação sobre populações de espécies arbóreas. **Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 65-70. 1998.

KOBIYAMA, M. Conceitos de zona ripária e seus aspectos geobiohidrológicos. In: I SEMINÁRIO DE HIDROLOGIA FLORESTAL: ZONAS RIPÁRIAS. Alfredo Wagner – SC, 2003. **Anais...** p. 43.

KOZERA, C. *et al.* Composição florística de uma formação pioneira com influência fluvial em Balsa Nova, PR, Brasil. **Revista Floresta**, v. 39, n. 2, p. 309-322, 2009.

LANDEIRO, V.L.; MAGNUSSON, W.E. The Geometry of Spatial Analyses: Implications for Conservation Biologists. **Natureza & Conservação**, v. 9, n. 1, p.7-20, July 2011.

LIEBSCH, D.; MIKICH, S. B. Fenologia reprodutiva de espécies vegetais da Floresta Ombrófila Mista do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, n. 2, p. 357-391, 2009.

MALCHOW, E.; KOEHLER, A.B.; NETTO, S.P. Efeito de borda em um trecho de Floresta Ombrófila Mista, em Fazenda Rio Grande, PR. **Revista Acadêmica**, v.4, n. 2, 2006

McGARIGAL, K. *et al.* **FRAGSTATS**: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. 2002. Disponível em: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html> Acessado em: 20 nov. 11.

MELO, M.S.; GUIMARAES, G.B.; SANTANA, A.C. Fisiografia da bacia do rio Pitangui. In: GEALH, A.M.; MELO, M.S.; MORO, R.S. (Orgs.). **Pitangui, rio de contrastes**: seus lugares, seus peixes, sua gente. Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2010. Cap. 1, p. 11-21.

METZGER, J.P. Estrutura da Paisagem e Fragmentação: Análise Bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciência**, v. 71, n. 3-1, p. 445-462, 1999.

METZGER, J.P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v. 1, n. 1 e 2, p. 1-9, 2001.

METZGER, J.P. O Código Florestal tem base científica? **Natureza & Conservação**, v. 8, n. 1, p. 1-5, 2010.

METZGER, J.P.; DÉCAMPS, H. The structural connectivity threshold: an hypothesis in conservation biology at the landscape scale. **Acta Oecologica**, v. 18, n. 1, p. 1-12, 1997.

MILAN, E. **Fitossociologia de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, rio Jotuva, Carambeí – PR**. Ponta Grossa, 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

MINEROPAR - Minerais do Paraná S/A. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná**. Folhas Telemaco Borba e Ponta Grossa. Escala 1:250.000, Curitiba - Universidade Federal do Paraná. 2006. Disponível em: <http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=76> Acessado em: 07 jul. 2011.

MINEROPAR. Minerais do Paraná S/A. Mapeamento Geológico da Folha de Ponta Grossa (1:100.000). 2007. Disponível em: http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/mapeamento/Relatorio_Folha_Ponta_Grossa_2007.pdf Acesso em: 07 jul. 2011.

MIODUSKI, J. **Fitossociologia do estrato arbóreo de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial em ambiente de encosta, Rio Jotuba, Carambeí, PR.** Ponta Grossa, 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da bio-diversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos.** Brasília: MMA/SBF/CI, 2000. 40p.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros.** Brasília: MMA/SBF, 2002. 404 p.

MORO, R.F. **Regeneração natural da vegetação mesófila e higrófila em uma área ripária no Rio Jotuba, Carambeí - PR.** Ponta Grossa, 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

MORO, R.S. A vegetação dos Campos Gerais da Escarpa Devoniana. In: DITZEL, C. H. M.; SAHR, C. L. L. **Espaço e cultura: Ponta Grossa e os Campos Gerais.** Ponta Grossa: Editora da UEPG, 2001. p.481-503.

MORO, R.S. *et al.* Análise da vegetação nativa da bacia do Rio São Jorge. **Publicatio UEPG**, sér. Ciênc. Biol., Ponta Grossa, v. 2, n. 1, p. 33-56, 1996.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Tree**, v. 10, p.58-62, 1986.

PARANÁ. Secretaria do Meio Ambiente. **Paraná Biodiversity Project:** Curitiba, 2006.

PARANA. Resolução Conjunta IBAMA/SEMA/IAP nº 005, de 28/03/2008. Define critérios para avaliação das áreas úmidas e seus entornos protetivos, normatiza sua conservação e estabelece condicionantes para o licenciamento das atividades nelas permissíveis no Estado do Paraná.

PEREIRA, T.K.; MORO, R.S.; OLIVEIRA, E.D. Compartimentação prévia da paisagem do rio Pitangui, Ponta Grossa, Paraná. In: V SIMPÓSIO PARANAENSE DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA. Curitiba, 2010. p. 1-15. **Anais...**

PIVELLO, V.R. *et al.* Abundance and distribution of native and alien grasses in a “cerrado” (Brazilian savanna) biological reserve. **Biotropica**, v. 31, n. 1, p. 71-82, 1999.

QUEIROGA, J.L.; RODRIGUES, E. . Efeitos de borda em fragmentos de cerrado em áreas de agricultura do Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOLOGIA, 5, Porto Alegre, 2001. **Resumos...**

ROCHA, C.H.; WEIRICH NETO, P.H. Padrões de uso das terras e implicações ambientais. In: GEALH, A.M.; MELO, M.S.; MORO, R.S. (Orgs.). **Pitangui, rio de contrastes: seus lugares, seus peixes, sua gente.** Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2010. Cap. 2, p. 23-41.

RODRIGUES, E. Efeito de borda em fragmentos de floresta. **Cadernos da Biodiversidade**. v. 1, n. 2, p. 1-6, dez. 1998.

SBPC/ABC. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência / Academia Brasileira de Ciências. **O Código Florestal e a Ciência: Contribuições para o Diálogo.** São Paulo: SBPC, 2011. P. 124.

- SCHIEROLZ, T. Dinâmica biológica de fragmentos florestais. **Ciência Hoje**, v. 12, p. 22-29. 1991.
- TAYLOR, P.D.; FAHRIG, L.; WITH, K. A. landscape Connectivity: a return to the basics. In: CROOKS, K. R.; SANJAVAN, M. **Connectivity Conservation**. New York: Cambridge University Press, 2006.
- TURNER, M.G. Landscape Ecology: What Is the State of the Science? **Rev. Ecol. Evol. Syst.**, v. 36, p. 319-44. 2005.
- TURNER, M.G.; GARDNER, R.H.; O'NEILL, R.V. **Landscape Ecology: in theory and practice**. New York: Springer-Verlag, 2001. 404 p.
- UEPG / NUCLEAM. **Bacia hidrográfica do manancial Alagados**. Ponta Grossa, 2002. Relatório técnico (CD-ROM).
- VALENTIN, J.L. **Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. Rio de Janeiro: Interciência, 2000.
- VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123p. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBS%20-%20RJ/classificacaovegetal.pdf>. Acessado em: 07 jul. 2011.
- VOGT, P. **GUIDOS version 1.3: User Guide**. Joint Research Centre (JRC). Italia, p. 17, 2010.
- VOGT, P. *et al.* Mapping Functional Connectivity. **Ecological Indicators**, v. 9, p. 64-71, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.01.011>. Acessado em: 05 dez. 2011.
- WITH, K.A.; GARDNER, R.H.; TURNER, M.G. Landscape Connectivity and Population Distributions in Heterogeneous Environments. **Oikos**, V. 78, N. 1. p. 151-169. 1997.
- WOOSTER, D.E.; DEBANO, S.J. Effect of woody riparian patches in croplands on stream macroinvertebrates **Arch. Hydrobiol.**, v. 165, n. 2, p. 241–268, Feb. 2006.
- WORBOYS, G.L.; FRANCIS, W.L.; LOCKWOOD, M. **Connectivity conservation management: a global guide**. Earthscan, 2010. 382 p.
- ZILLER S.R.; GALVÃO, F. A degradação da Estepe Gramíneo-Lenhosa no Paraná por Contaminação Biológica de *Pinus elliotti* e *P. taeda*. Curitiba, PR. **Revista Floresta**, v. 32, n. 1, p.41-47, 2002.