

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PRESIDENTE PRUDENTE
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE LICENCIATURA E BACHARELADO EM GEOGRAFIA

BRENO VASCONCELOS DE OLIVEIRA

**ANÁLISE ESPACIAL DOS REMANESCENTES FLORESTAIS DA REGIÃO DO
PONTAL DO PARANAPANEMA-SP (UGRHI-22) SOB A PERSPECTIVA DA
ECOLOGIA DA PAISAGEM**

PRESIDENTE PRUDENTE

2021

BRENO VASCONCELOS DE OLIVEIRA

**ANÁLISE ESPACIAL DOS REMANESCENTES FLORESTAIS DA REGIÃO DO
PONTAL DO PARANAPANEMA-SP (UGRHI-22) SOB A PERSPECTIVA DA
ECOLOGIA DA PAISAGEM**

Monografia apresentada ao Departamento de Geografia da Universidade Estadual Paulista, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharelado em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. José Mariano Caccia Gouveia

PRESIDENTE PRUDENTE

2021

O48a	Oliveira, Breno Vasconcelos de Análise Espacial dos Remanescentes Florestais da Região do Pontal do Paranapanema-SP (UGRHI-22) sob a Perspectiva da Ecologia da Paisagem / Breno Vasconcelos de Oliveira. -- Presidente Prudente, 2021 82 p. : tabs., mapas Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente Orientador: José Mariano Caccia Gouveia 1. Métricas da paisagem. 2. Fragmentos florestais. 3. Biogeografia.
------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Fac Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a minha admirável e querida namorada, Tamires. Talvez de início não soubéssemos que estaríamos um dia construindo uma vida juntos. Já hoje, a certeza que tenho é a de que não vejo futuro sem você ao meu lado. Obrigado por estar presente em minha vida desde o início dessa jornada; uma graduação longe dos pais, velhos amigos e de toda uma vida em nossa cidade natal que, como não poderia deixar de ser, foi também um percurso doloroso. Por sorte, sua existência sempre esteve ali, dando os cuidados, abraços, o tom e as cores de um tempo que sempre será lembrado.

Agradeço, também, a minha amorosa família: meus pais, todos meus avós, meus tios e tias, minha irmã, primos e toda a imensa árvore genealógica que eu dificilmente terei capacidade de aqui bem ramificar. Vocês são a base de minha existência. Obrigado pelos cuidados, pelo amor e pelo fato de sempre acreditarem em mim, mesmo quando tomei a decisão de por algum tempo me distanciar por conta dos estudos.

Agradeço aos meus incríveis amigos e parceiros, tanto de Cuiabá quanto de Presidente Prudente. Vocês são pura luz em minha vida.

Um especial agradecimento aos meus companheiros de música e profunda amizade, Gabriel, Dexter e Lucas (unidos, a Doce Fel!). Sempre foi a verdadeira realização de um sonho tocar com vocês. Obrigado por todos os bons (e também pelos difíceis) momentos que passamos juntos. Ao fim, e por tudo, tenho claro que fizemo-nos crescer muito enquanto pessoas.

Um enorme agradecimento ao meu orientador, Mariano, que persistiu em levantar minha moral quanto ela se encontrava quase afogada em meio acadêmico. Juntos, conseguimos. Obrigado pelos numerosos conhecimentos proporcionados pelas aulas da graduação e também pelas nossas conversas acerca deste trabalho. Também, agradeço a confiança e oportunidades oferecidas, em especial, a chance de realizar pesquisa científica junto ao coletivo CETAS de pesquisadores. E, para além de tudo, obrigado pela amizade e companheirismo durante todos esses anos – e, claro, a chance de experimentar a deliciosa CATAIA.

Meus mais sinceros agradecimentos aos colegas pesquisadores do coletivo CETAS. Agradeço pela minha inclusão, pelo auxílio nos momentos de dúvida, pela chance de poder prestar minhas humildes contribuições para com o projeto temático e pela chance de termos realizado trabalhos de campo com tantos pesquisadores de áreas tão distintas – uma valiosa atividade para um aluno de graduação.

Agradeço ao apoio prestado via processo nº 2018/17284-5, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

RESUMO

OLIVEIRA, B. V. de. **Análise Espacial dos Remanescentes Florestais da Região do Pontal do Paranapanema-SP (UGRHI-22) sob a Perspectiva da Ecologia da Paisagem**, SP. 2021. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia UNESP, Câmpus de Presidente Prudente (FCT-UNESP). Presidente Prudente, 2021. Orientador: Prof. Dr. José Mariano Caccia Gouveia.

Este trabalho objetivou traçar o panorama de qualidade ambiental dos remanescentes florestais da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Pontal do Paranapanema (UGRHI-22), situado no extremo oeste do estado de São Paulo. Para tanto, utilizamo-nos do banco de dados de informações geográficas disponibilizados pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS), trabalhando tais dados no contexto computacional do software ArcGis® 10.5. A análise empreendida tomou por base o conjunto de métricas referentes aos estudos de Ecologia da Paisagem, possibilitando, assim, a geração de resultados de natureza quantitativa referentes à estrutura da paisagem estudada. De maneira mais específica, os cálculos realizados buscaram identificar a área, forma, variabilidade, quantidade de bordas, situação das áreas centrais e a proximidade entre tais fragmentos – utilizando, para tanto, as extensões *Patch Analyst* e *V-LATE*. Inicialmente, foi realizado o tratamento das informações e geração do mapa dos fragmentos florestais da região para, em seguida, estabelecer a classificação destes fragmentos em quatro classes de tamanho e também para o contexto geral da paisagem (sem distinção de classes). Ao realizarmos os cálculos para os cinco contextos supracitados, pudemos obter resultados dissemelhantes, denotando condições ambientais díspares para cada classe observada. Ao todo, foram identificados 4.823 fragmentos florestais com tamanho igual ou superior a 1 ha, equivalendo a uma ocupação de 8,56% dos 1.233.389 ha do recorte em questão. O cálculo das métricas possibilitou tomarmos conhecimento da situação destes fragmentos, indicando que estes tendem a apresentar tamanhos reduzidos, formas irregulares, áreas centrais pouco abundantes e grandes distâncias entre seus vizinhos mais próximos. Também, constatamos que os maiores fragmentos representam as manchas de habitat mais bem conservadas; em detrimento aos fragmentos de menor porte, geralmente comprometidos pelo alcance de 50m dos efeitos de borda para o tipo de vegetação da região.

Palavras-chave: Métricas da paisagem, fragmentos florestais, uso e ocupação do solo, *Patch Analyst*, Pontal do Paranapanema – SP.

ABSTRACT

OLIVEIRA, B. V. de. **Spatial Analysis of Forest Remains in the Pontal Do Paranapanema-SP Region (UGRHI-22) From the Perspective of the Landscape Ecology**, SP. 2021. Monograph (Bachelor of Geography) - Faculty of Science and Technology UNESP, Campus of Presidente Prudente (FCT-UNESP). Presidente Prudente, 2021. Advisor: Prof. Dr. José Mariano Caccia Gouveia.

This work aimed to outline the environmental quality panorama of the forest remnants of the Water Resources Management Unit Pontal do Paranapanema (UGRHI-22), located in the extreme west of the state of São Paulo. For this, we use the database of geographic information provided by the Brazilian Foundation for Sustainable Development (FBDS), working with such data in the computational context of the ArcGis® 10.5 software. The analysis undertaken was based on the set of metrics related to the studies of Landscape Ecology, thus enabling the generation of results of a quantitative nature regarding the structure of the studied landscape. More specifically, the calculations performed sought to identify the area, shape, variability, number of edges, situation of the central areas and the proximity between such fragments - using, for that, the Patch Analyst and V-LATE extensions. Initially, the processing of information and map generation of forest fragments in the region was carried out in order to establish the classification of these fragments in four size classes and also for the general landscape context (without class distinction). By performing the calculations for the five contexts mentioned above, we were able to obtain dissimilar results, denoting different environmental conditions for each class observed. In all, 4,823 forest fragments with a size greater than 1 ha were identified, equivalent to an occupation of 8.56% of the 1,233,389 ha of the cut in question. The calculation of the metrics made it possible to become aware of the situation of these fragments, indicating that they tend to have reduced sizes, irregular shapes, little abundant central areas and great distances between their closest neighbors. Also, we found that the largest fragments represent the best-preserved habitat patches; to the detriment of smaller fragments, usually compromised by reaching 50m of the edge effects for the type of vegetation in the region.

Keywords: Landscape metrics, forest fragments, land use and occupation, Patch Analyst, Pontal do Paranapanema – SP.

RESUMEN

OLIVEIRA, B. V. de. **Análisis Espacial de los Remanentes de Bosque de la Región Pontal do Paranapanema-SP (UGRHI-22) desde la Perspectiva de la Ecología del Paisaje**, SP. 2021. Monográfico (Licenciatura en Geografía) - Facultad de Ciencia y Tecnología UNESP, Campus de Presidente Prudente (FCT-UNESP). Presidente Prudente, 2021. Asesor: Prof. Dr. José Mariano Caccia Gouveia.

Este trabajo tuvo como objetivo delinear el panorama de calidad ambiental de los remanentes forestales de la Unidad de Manejo de Recursos Hídricos Pontal do Paranapanema (UGRHI-22), ubicada en el extremo oeste del estado de São Paulo. Para ello, utilizamos la base de datos de información geográfica proporcionada por la Fundación Brasileña para el Desarrollo Sostenible (FBDS), trabajando con dichos datos en el contexto computacional del software ArcGis® 10.5. El análisis realizado se basó en el conjunto de métricas relacionadas con los estudios de Ecología del Paisaje, lo que permitió generar resultados de carácter cuantitativo sobre la estructura del paisaje estudiado. Más específicamente, los cálculos realizados buscaron identificar el área, forma, variabilidad, número de aristas, situación de las áreas centrales y la proximidad entre dichos fragmentos, utilizando para ello las extensiones Patch Analyst y V-LATE. Inicialmente se llevó a cabo el procesamiento de información y generación de mapas de fragmentos de bosque en la región con el fin de establecer la clasificación de estos fragmentos en cuatro clases de tamaño y también para el contexto general del paisaje (sin distinción de clases). Al realizar los cálculos para los cinco contextos mencionados anteriormente, pudimos obtener resultados disímiles, denotando diferentes condiciones ambientales para cada clase observada. En total, se identificaron 4.823 fragmentos de bosque con un tamaño mayor a 1 ha, equivalente a una ocupación del 8.56% de las 1.233.389 ha del corte en cuestión. El cálculo de las métricas permitió conocer la situación de estos fragmentos, indicando que suelen tener tamaños reducidos, formas irregulares, zonas centrales poco abundantes y grandes distancias entre sus vecinos más cercanos. Además, encontramos que los más grandes fragmentos representan los parches de hábitat mejor conservados; en detrimento de fragmentos más pequeños, habitualmente comprometidos por alcanzar 50 m de los efectos de borde para el tipo de vegetación de la región.

Palabras clave: Métricas de paisaje, fragmentos de bosque, uso y ocupación del suelo, Patch Analyst, Pontal do Paranapanema – SP.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Métricas de Ecologia da Paisagem geradas ao nível de classe pelo <i>Patch Analyst</i> para os fragmentos florestais.	49
Tabela 2 – Resultados das métricas de área em função das classes de tamanho.	58
Tabela 3 – Resultados das métricas de densidade, tamanho e variabilidade em função das classes de tamanho.	60
Tabela 4 – Resultados das métricas de borda em função das classes de tamanho.	62
Tabela 5 – Resultados das métricas de forma em função das classes de tamanho.	64
Tabela 6 – Resultados das métricas de área central em função das classes de tamanho. ..	66
Tabela 7 – Resultados das métricas de proximidade em função das classes de tamanho. .	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Pontal do Paranapanema (UGRHI-22).	42
Figura 2 – Localização das Unidades de Conservação da UGRHI-22.	45
Figura 3 – Fragmentos de cobertura vegetal arbórea remanescentes na UGRHI-22.	57
Figura 4 – Relação entre a proporção da área total ocupada por cada classe de tamanho e o número de representantes de cada uma destas classes.	58
Figura 5 – Representação de um mesmo fragmento sem destaque (à esq.) e com destaque (à dir.) de suas áreas centrais.	68

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	10
1.1	Objetivos	14
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos.....	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1	A Degradação do Bioma Mata Atlântica.....	15
2.2	Fragmentação Florestal no Estado de São Paulo.....	17
2.3	Biogeografia	20
2.4	Ecologia da Paisagem	25
2.4.1	Métricas de Área.....	28
2.4.2	Métricas de Tamanho e Variabilidade	30
2.4.3	Métricas de Borda	30
2.4.4	Métricas de Forma.....	32
2.4.5	Métricas de Área Central.....	33
2.4.6	Métricas de Proximidade	34
2.5	Sistemas de informações geográficas aplicados em análise ambientais.....	36
3	METODOLOGIA	38
3.1	Caracterização da área de estudo.....	41
3.2	Mapeamento dos fragmentos florestais.....	46
3.3	Análise dos fragmentos florestais com base nas métricas da paisagem	48
3.3.1	Métricas de Área.....	50
3.3.2	Métricas de Tamanho e Variabilidade	50
3.3.3	Métricas de Borda	52
3.3.4	Métricas de Forma.....	52
3.3.5	Métricas de Área Central.....	53
3.3.6	Métricas de Proximidade	55
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
4.1	Análise dos fragmentos florestais com base nas métricas da paisagem	56
4.1.1	Métricas de Área.....	58
4.1.2	Métricas de Tamanho e Variabilidade	60
4.1.3	Métricas de Borda	61
4.1.4	Métricas de Forma.....	63
4.1.5	Métricas de Área Central.....	65
4.1.6	Métricas de Proximidade	69
5	CONCLUSÕES	72
6	REFERÊNCIAS	76

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O processo de apropriação e ocupação das terras que hoje compõem a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema (UGRHI-22); inicialmente através da extração madeireira, depois, a cultura cafeeira e algodoeira, a pecuária e, mais recentemente, o cultivo extremamente quimificado de cana-de-açúcar em grandes extensões; resultou na supressão quase total da cobertura vegetal original, restando atualmente um restrito percentual de pequenos e dispersos fragmentos (LEITE, 1998; SÃO PAULO, 1998).

O vertiginoso crescimento populacional urbano no Brasil entre as décadas de 1960 e 1980, processo este possibilitado pelo direcionamento de investimentos por parte do Estado em indústrias, infraestrutura, energia e transportes, modelaram a lógica de ocupação do território nacional. O êxodo rural, processo fortemente alimentado pela propaganda de uma melhor vida nas cidades, pelas promessas de desenvolvimento do campo pautado na mecanização da produção e na concentração de terras, foi reflexo direto dessa remodelação das frentes de investimento do Estado em seu território.

Conforme Gómez (2006, p. 185):

O discurso da Revolução Verde estava repleto de uma perspectiva ocidental sobre a ciência, o progresso e a economia, que deviam promover-se (impor-se, se for preciso) nos países do chamado Terceiro Mundo. Em consonância com a teoria da modernização, que era o modelo de desenvolvimento próprio desses anos [...] a Revolução Verde identificava no Terceiro Mundo uma série de carências que deviam ser satisfeitas, à base de aumentar quantitativamente os bens e os serviços. Ao mesmo tempo, essa febre produtivista, que em teoria beneficiaria os países pobres, servia tanto para aumentar a produção de matérias-primas baratas, destinadas às agroindústrias do denominado Primeiro Mundo que as beneficiavam, incrementando seu valor, como para aumentar a produção de maquinário e insumos químicos desses países ricos que vendiam para os países pobres.

Com o avanço nada cauteloso no que se refere à preservação ambiental, e com a legitimação desse modo de apropriação do espaço por parte do Estado brasileiro, a lógica que se estabeleceu no país – e que segue até os dias atuais – ocasionou perdas ecológicas irreversíveis, já que o processo de modernização das atividades agropecuárias visava tão somente o binômio produção e produtividade, sem levar em conta todas as repercussões sociais e ambientais carregadas por este modelo (MATOS & PESSÔA, 2011).

THOMAZ JR. (2009, p. 61), referindo-se à instalação das práticas agrícolas modernas, salienta que

[...] As variações de lugar para lugar, na adoção/sofisticação de formas regressivas, nas relações de trabalho, na subordinação de camponeses e médios produtores à sistemática oligopólica, evidenciam toda a indiferença do capital com o meio ambiente, por meio das práticas destrutivas e degradantes que, juntos, impactam profundamente nas formas de uso/exploração do território.

A leitura do processo histórico do último século demonstra que, no âmbito do estado de São Paulo, os governantes locais não apenas incorporaram uma lógica de ocupação do território desprovida de quaisquer intencionalidades conservacionistas, como também, em muitos casos, se opuseram àqueles que se posicionavam a favor da conservação (LEITE, 1998). A ideologia representada pela grande maioria dos governos estaduais do século passado, desdenhosa em relação aos pontuais anseios populares e científicos quanto ao avanço do desmatamento do principal bioma do estado, demonstrou que o destino das matas da nova frente de ocupação do extremo oeste não diferiria do destino das localizadas na porção leste. Não faltaram casos de grilagem e concessão de títulos de terra ilegalmente adquiridos pela corrupção dos agentes públicos na região, o que relegou intentos como a criação de reservas florestais de autoria de Fernando Costa (Governador de São Paulo de 1941 a 1945) na região do Pontal do Paranapanema a apenas mais um capítulo solapado pela frente desenvolvimentista (LEITE, 1998).

A partir da revisão bibliográfica pertinente, e levando em conta a realidade ambiental que se expressa na região, optamos pela utilização do arcabouço de técnicas propiciado pelos estudos de Ecologia da Paisagem. Tal arcabouço confere uma competente ferramenta de leitura/análise da qualidade ambiental dos remanescentes florestais ao nível da escala de análise proposta, sendo capaz de fornecer índices relativos à estrutura espacial destes fragmentos em uma esfera individual e também de seu conjunto – possibilitando, assim, a identificação de fatores que determinam e regulam a ocorrência de suas relações biogeoquímicas.

O emprego da Ecologia da Paisagem a partir de uma perspectiva ecológica – ocorrido em meados da década de 1980 – incorporou uma importante teoria surgida ainda na década de 1960, a Teoria da Biogeografia de Ilhas. Tal teoria, proposta pelos autores MacArthur & Wilson (1967) se tornou, imediatamente a partir de sua publicação, o paradigma que regeu os estudos acerca do estabelecimento de

populações animais e vegetais em ilhas oceânicas, debruçando-se sobre a leitura do fenômeno da colonização de espécies tomando como base uma parcela territorial delimitável. Segundo esta teoria, a riqueza de espécies de uma ilha estará sujeitada ao equilíbrio dinâmico entre imigrações e extinções locais, bem como ao seu grau de isolamento e da própria emanação de indivíduos de um continente (TOWNSEND, 2010).

Apesar da teoria supracitada haver surgido tendo como objeto de estudo as ilhas oceânicas, sua aplicabilidade pôde ser transmutada, incluindo os habitats terrestres não uniformes, descontínuos. Dessa forma, populações isoladas uma das outras - graças à fragmentação de seu habitat -, puderam também ser compreendidas como objeto de estudo da Biogeografia de Ilhas. No entanto, pelo fato de as populações animais e vegetais desses fragmentos estarem suscetíveis às perturbações de origem antrópica de seu entorno, a discussão realizada pela teoria da Biogeografia de Ilhas não fora direcionada para este campo de análise e, portanto, não incorporava alguns fenômenos importantes para a compreensão do funcionamento ecológico dos fragmentos (e.g., o efeito de borda) (VIANA, TABANEZ, MARTINEZ, 1992).

No contexto dos anos posteriores ao surgimento da teoria, ciências originadas nas décadas anteriores – como a Ecologia da Paisagem – ganharam novo fôlego devido à aplicabilidade de modelos pautados na obra de McArthur & Wilson e, também, à inserção de novas variáveis para a análise da realidade espacial dos remanescentes florestais (METZGER, 2001). Também, é cabido mencionar o importante papel dos avanços tecnológicos referentes aos computadores pessoais e as formas de aquisição de imagens a partir de satélites, possibilitadores de análises de estrutura da paisagem em escalas espaciais tanto mais detalhadas, quanto mais amplas.

Os dados quantitativos adquiridos referentes aos remanescentes florestais da UGRHI-22 - possibilitados pelo acesso ao banco de dados da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS) e manipulados através de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) - possibilitaram a visualização do arranjo espacial destes fragmentos ao longo da área de estudo, evidenciando a predominância, em números absolutos, de pequenos e dispersos fragmentos ao longo da paisagem. Essa realidade aponta a importância e a urgência de se avaliar a qualidade ambiental, as

pressões e os riscos a que estão submetidos tais fragmentos, seu potencial ecológico e capacidade de regeneração e expansão, além de sua importância como banco genético e fonte de serviços ecossistêmicos.

Seja pela necessidade de realizar uma atualização do cenário ecológico da região, seja pela capacidade de elencar as potencialidades de recuperação de interações ecossistêmicas dos/entre os fragmentos remanescentes, este trabalho compreende a severa modificação da paisagem natural da região e, portanto, lança mão de uma abordagem metodológica capaz de expressar dados quantitativos acerca dos fragmentos florestais da região para, mais adiante, realizar uma respectiva análise embasada na ciência Biogeográfica.

A análise dos resultados possibilitará a verificação de nossa hipótese inicial de que o recorte espacial em questão apresenta uma pequena parcela de vegetação nativa, com uma proeminência de fragmentos de tamanho pequeno, formas mais irregulares quão menores forem seus tamanhos, que se encontram significativamente distantes entre si e que constituem um numeroso campo amostral.

Dessa forma, o presente trabalho busca a manipulação e organização de dados quantitativos pertinentes à análise do estado de qualidade ambiental dos remanescentes florestais da UGRHI-22. Tais informações poderão oferecer subsídios a projetos de restauração ecológica, apontando áreas e metodologias mais adequadas ao investimento dos escassos recursos financeiros disponíveis, bem como ao estabelecimento de normas e diretrizes que visem a redução das pressões exercidas sobre eles.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Com base na manipulação dos dados espaciais de vegetação fornecidos pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, realizar um conjunto de cálculos de estrutura espacial pertinentes a Ecologia da Paisagem, objetivando a caracterização dos fragmentos florestais remanescentes da UGRHI-22.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar a análise do mapa de remanescentes florestais localizados na UGRHI-22.
- Identificar a complexidade estrutural dos fragmentos florestais da região com base na interpretação de seus valores intrínsecos de área, forma, borda, área central e proximidade.
- Fornecer uma análise acerca do arranjo espacial e da fragilidade dos fragmentos florestais que compõem o mosaico da paisagem da UGRHI-22 do ano de 2013.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A Degradação do Bioma Mata Atlântica

O estabelecimento das atividades e assentamentos humanos ao longo da história do bioma Mata Atlântica remete há aproximadamente 11 mil anos, período no qual a densa floresta certamente pouca utilidade despertava aos olhos dos primeiros humanos que ali chegaram atraídos pela megafauna do cerrado, não fosse pela capacidade de prover sombra e recursos provenientes dos rios, como água e peixes. Porém, as descobertas antropológicas de assentamentos humanos referentes a esse período histórico indicam que as primeiras interações envolvendo o homem e a floresta se deram a partir de sua derrubada através da queimada, possibilitando a captura de animais que habitavam as copas das árvores e a abertura de terreno para investidas de caças ou de vistoria do terreno (DEAN, 1996).

A relação com a floresta se alterou de modo que, por motivos ainda não bem esclarecidos, os grandes herbívoros do cerrado entraram em declínio, levando os povoados humanos a migrarem para as franjas florestais costeiras. Ao encontrarem subsídios a partir da pesca, coleta de mariscos, ainda parcialmente da caça, e também a partir do gradual incremento do conhecimento sobre as plantas da floresta – como alimentos, medicamentos, tinturas, etc. – os seres humanos que nessa região se estabeleceram iniciavam a construção de um modo de vida milenar que só fora interrompido pela chegada do homem europeu (DEAN, 1996).

O definitivo adentramento e estabelecimento em região florestada se deveu ao desenvolvimento da prática da agricultura, que impunha ao bioma uma forma mais agressiva de ocupação do solo. As queimadas ainda se constituíam como a tônica na supressão das matas, parcialmente auxiliadas pela derrubada manual. Técnicas que “limpavam” o terreno para a plantação de culturas agrícolas como a mandioca e o milho - fertilizadas pelas cinzas da derrubada -, em associação aos solos muito bem desenvolvidos devido à sua anterior cobertura, possibilitavam um cultivo de safras por um período mais prolongado do que, por exemplo, os solos do cerrado. Tal modelo de lavoura ficou conhecido como *itinerante* ou *de derrubada* (DEAN, 1996). Apesar dessa segunda experiência ainda provocar danos à fisionomia florestal, a prática permitia, após o declínio da produtividade das safras e o consecutivo abandono da área, a reconstituição natural da floresta em moldes basicamente idênticos aos que ocorreriam após qualquer processo de supressão/perturbação de origem natural.

As capoeiras – áreas de regeneração de vegetação secundária antes utilizadas para a agricultura – representavam o equilíbrio existente entre o processo de exploração do solo pelo homem e o alívio temporal para que essa área retornasse, mesmo que parcialmente, à sua condição original. Ao longo dos milhares de anos de assentamento humano nas costas do continente, a prática da agricultura também foi empregada, o que pressupõe algum nível de desequilíbrio da vegetação em relação à sua condição original já no momento da chegada da nova sociedade humana a estas terras (DEAN, 1996).

Inevitavelmente com a chegada do homem europeu às matas do Novo Mundo, um capítulo de devastação de cunho deliberadamente mais utilitarista foi escrito na longínqua história do bioma Mata Atlântica. Inicialmente com teor puramente extrativista, através da exploração da espécie vegetal *Paubrasilia echinata* (Pau-brasil), valorizada pela capacidade de prover um tingimento de cor avermelhada, e contando com o ingênuo auxílio (se assim pudessem o futuro prever) dos nativos dessas terras, o homem europeu iniciou o processo de expatriação da floresta que, atualmente, se encontra altamente modificada e fragilizada pelas nocivas atividades de cunho antrópico.

PINTO *et al.* (2012) estimam que, no momento da “descoberta” do Brasil, a Mata Atlântica recobria uma área equivalente a 1.315.460 km², restando hoje apenas 12,4% da cobertura florestal original. Especificamente no estado de São Paulo, Ribeiro (2010) aponta que entre 11% e 16% da cobertura original remanesce “intacta” – sendo relevante frisar que, pelo fato de todos os remanescentes florestais da região experimentarem hoje, seja direta ou indiretamente, as influências de ações antropogênicas, torna-se impossível qualificá-los como “intactos”. Os dados da Fundação SOS Mata Atlântica (2018) apontam que restam atualmente apenas 12,4% da cobertura original do bioma no estado de São Paulo. O território do Pontal do Paranapanema – que engloba a UGRHI-22 –, não fugindo à tendência de estabelecimento predatório das atividades antrópicas, apresenta hoje não mais que 10,2% de cobertura florestal, em contraste aos 96% de 1945 (LEITE, 1998).

A primeira metade do século XX testemunhara o cerco final da Mata Atlântica. A expropriação privada de todo o território estava concluída. Povos tribais e sertanejos que haviam vivido, se não exatamente como protetores da floresta, pelo menos em equilíbrio temporário com ela, estavam reduzidos a trabalhar para aqueles cuja intenção era eliminá-la. A civilização urbana e industrial havia triunfado - seus tentáculos se espalhavam por toda parte, sua ânsia por combustível, madeira e outros recursos florestais se estendia por toda a Mata Atlântica (DEAN, 1996, p.278).

Com o avanço de invasores humanos sobre as matas virgens do novo mundo, que apenas pouco mais de um século após o início do processo de exploração das riquezas vegetais, já se demonstrara aos próprios colonizadores como uma atividade de inexorável finitude, o processo de galopante desflorestamento, iniciado pela costa continental e que adentrou o interior do território, se constituiu como premente desdobramento que determinou o atual estado do bioma Mata Atlântica DEAN (1996).

2.2 Fragmentação Florestal no Estado de São Paulo

A formação florestal de tipo vegetacional Estacional Semidecidual do Pontal do Paranapanema (IBGE, 2012) foi uma das últimas porções de vegetação nativa alcançada pela chegada das atividades antrópicas do último século. Em meados da década de 1910, acarretada pelo avanço das estradas de ferro e a necessidade do escoamento da produção agrícola, a instalação de aglomerados urbanos deu início ao episódio mais intensivo do processo de desflorestamento dessa região. Inicialmente a partir das cidades fundadas às margens das ferrovias e décadas depois a partir do estabelecimento de propriedades rurais mais distanciadas desses núcleos urbanos, os latifúndios produtores de grãos e de cabeças de gado usurparam o espaço da floresta nativa da região BITTENCOURT (1988).

O município de Assis, localizado à leste e a aproximadamente 120 km de Presidente Prudente, fundado em 1905 – 12 anos antes de Presidente Prudente - e inserido sobre uma mancha de cerrado, representa em termos históricos o alcance gradual das estradas de ferro que levaram à região os coronéis e grileiros de terras que definiram os rumos da ocupação humana da região. O objetivo dessa geração final de grileiros era novo: não mais estabelecer grandes fazendas, mas sim subdividir suas terras em lotes para venda a prestação a todos os interessados (DEAN, 1996).

A grilagem de vastos latifúndios, inevitavelmente, percorreu os caminhos premeditados pelos ciclos econômicos viáveis de cada década vindoura. Inicialmente, o vasto florestal da região do Pontal do Paranapanema teve sua supressão decorrida da simples necessidade de assentamento das instalações humanas – movimento que deu bases para o início da comercialização de madeira da região (SÃO PAULO, 1998).

No entanto, ao que concerne os limites territoriais da UGRHI-22, alguns intentos de caráter preservacionistas devem ser destacados. Nos anos de 1941 e 1942, respectivamente, foram criadas pelo então interventor federal no estado de São Paulo (à época, o equivalente ao governador do estado) as Reservas Florestais do 1º e 2º Perímetros de Presidente Venceslau, hoje conhecida como ‘Reserva Florestal do Morro do Diabo’, e Reserva Florestal do 13º Perímetro, também conhecida como Grande Reserva do Pontal (LEITE, 1998).

Apesar de tais ações políticas terem, aos olhos do presente, se mostrado ineficazes na contenção do avanço do processo de degradação ambiental da região, vale apontarmos que os maiores remanescentes florestais da atualidade se encontram inseridos dentro dos limites das reservas criadas pelo interventor Fernando Costa.

Até 1950, a ocupação da Alta Sorocabana deu-se apenas ao longo dos trilhos da ferrovia. Somente a partir desta década é que as frentes pioneiras começaram a se afastar do espigão da estrada de ferro, em direção às terras mais novas dos vales do rio do Peixe e do Paranapanema (LEITE, 1998, p.63).

Mais à frente, a intencionalidade de suprimir a floresta foi atrelada à abertura de descampados que pudessem dar lugar a novas lavouras de café; que posteriormente se converteriam em lavouras outras como de algodão e amendoim. Também, cabe ressaltar que a prática da pecuária esteve, em maior ou menor medida, sempre presente neste mais recente movimento de grileiros à região – o que constituiu mais uma atividade que, tradicionalmente, requeria a quase total supressão vegetal para seu estabelecimento (DEAN, 1996).

O processo de perda e fragmentação florestal no Pontal é relativamente recente, tendo iniciado cerca de 50 anos atrás. Em 1956, toda a região era praticamente um único contínuo florestal [...], com cerca de 78% de cobertura florestal, em 1965 esse número caiu para 38% e, em 1978, para 27%, e a partir de 1984, a proporção florestal atingiu níveis similares ao que se encontra hoje em dia (PAESE *et al.*, 2012, p. 15).

Atualmente, a já amplamente devastada floresta do Pontal encontra-se diante de mais uma página do processo de remodelação de uso e ocupação do solo: a abrupta chegada das altamente quimificadas monoculturas de cana-de-açúcar. O Zoneamento Agroambiental para o Setor Sucro Alcooleiro (ZAA), proposta elaborada pela Secretaria do Meio Ambiente e pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento do estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2009), visou a elaboração de um mapeamento determinando as áreas do estado mais adequadas para a instalação dessas atividades.

Tal zoneamento levou em conta apenas parâmetros edafoclimáticos (i.e., clima, solo e relevo) na atribuição das zonas de adequabilidade para o plantio; desconsiderando algumas características da região como a susceptibilidade à erosão, declividade, possibilidade de contaminação dos aquíferos e o risco de contaminação da população local via, por exemplo, pulverização aérea de agrotóxicos. Segundo a ZAA, a área da UGRHI-22 está parcelada entre “adequada com limitação ambiental”, “adequada com restrição ambiental” (referentes às zonas de amortecimento) ou mesmo “inadequada” (referentes às UCs).

Apesar do que é exposto pelo Plano de Manejo do Parque Estadual Morro do Diabo (SÃO PAULO, 2006), no capítulo que discorre sobre o zoneamento, no subcapítulo sobre a Zona de Amortecimento do Parque (referente à categorização “adequada com restrição ambiental” do ZAA), pode-se observar que as plantações de cana-de-açúcar que circundam o parque não obedecem à recomendação do Ministério Público, publicada no Diário Oficial do Estado em 14/12/2002 (p.50), sob número PGJ 870/2002, que embasa a criação da zona de amortecimento e exige que:

[...] os órgãos ambientais se abstenham de autorizar o emprego de fogo e agrotóxicos em práticas agrícolas, pastoris e florestais no raio de 1000 (mil) metros contados a partir dos limites do Parque, como medida mínima necessária para diminuir os impactos negativos resultantes das práticas rurais (SÃO PAULO, 2002).

A contemporânea realidade ambiental da UGRHI-22 está determinada sobremaneira pelo processo de derrubada da floresta nativa e consequente condição de insularidade dos remanescentes florestais como resultante desse processo. Tal processo (i.e., fragmentação) determina a própria capacidade de sobrevivência das espécies animais e vegetais dessa região, já que suas áreas de habitats sofreram (e ainda sofrem) uma nociva redução e/ou transformação de suas características

originais. Por conta da modificação da paisagem, essas espécies estão sujeitadas à uma diminuição do potencial de dispersão e colonização de novas áreas, o que é determinado pela própria existência de barreiras geográficas entre um habitat e outro - a exemplo de estradas, cultivos agrícolas, cidades, lagos artificiais, transposições de cursos d'água, etc.

Qualquer alteração da composição natural do uso e ocupação do solo poderá, mesmo que em alguma medida, se constituir como uma restrição ao trânsito de espécies entre manchas de habitat. Neste cenário de fragmentação florestal e decorrente alteração das características ambientais no percurso de um fragmento a outro, as características intrínsecas de cada espécie serão um fator determinante para o sucesso deste trânsito (FIGUEIRÓ, 2015).

Portanto, na ocorrência de um isolamento populacional restrito à uma pequena mancha de habitat, a capacidade deste fragmento sustentar determinadas funcionalidades de caráter ecossistêmico pode chegar a ser completamente comprometida; ocasionando o desaparecimento de espécies, desestabilização da cadeia trófica e das relações ecossistêmicas antes em funcionamento e, por fim, a redução da biodiversidade à nível local e mesmo regional - dado este ser um processo em curso no contexto de uma extensa paisagem.

2.3 Biogeografia

A Biogeografia, enquanto campo do saber situado na interface entre a Geografia Física e Geografia Humana, é caracterizada como uma ciência diagonal, isto é, que almeja a integração de saberes de diversas naturezas para alcançar a compreensão de seu objeto de estudo (BERTRAND, 1972). Por conta disso, no que se refere a adoção de métodos e instrumentos de análise, a Biogeografia possui a característica de ser empregada por uma gama de disciplinas científicas (e.g., Ecologia, Geografia, Biologia, Paleontologia, Medicina, etc.) (FIGUEIRÓ, 2015).

A Biogeografia é abordada, sob a ótica da ciência geográfica, de modo a realizar a análise da espacialização do seres vivos sobre a superfície terrestre, não deixando de lado o elemento humano – este capaz de alterar substancialmente intrincados arranjos ecossistêmicos nas mais diferentes escalas espaço-temporais; seja por meio da alteração das características bióticas, a exemplo do processo de derrubada de florestas caracterizadas como vegetação primária, seja pela alteração

das características abióticas do meio, a exemplo da contaminação de cursos d'água, reservatórios subsuperficiais, de solos, etc. via aplicação de agrotóxicos, fertilizantes e herbicidas.

Deste modo, especialmente ao que se refere à abordagem geográfica da Biogeografia, os estudos assentados nessa matriz metodológica estão especialmente preocupados em tratar da história evolutiva da formação das paisagens contemporâneas, a coevolução no tempo e no espaço dos elementos bióticos e abióticos, a estrutura e a composição da paisagem e sua inerente dialética com os próprios processos capazes de alterar substancialmente a estabilidade dos sistemas naturais – advindos de causas eminentemente naturais, antropogênicas e mesmo de uma conjunção das duas.

A Biogeografia é o estudo dos fatos e dos padrões de distribuição das espécies. É a ciência preocupada com onde os animais estão, onde as plantas estão e onde estes não estão. [...] a biogeografia faz mais do que perguntar quais espécies? E onde? Ela também pergunta por quê? E, o que é às vezes ainda mais crucial, por que não? (QUAMMEN, 1996, p.2, tradução nossa)¹.

O fenômeno da espacialização da vida na terra é uma temática estudada, ao menos ao que se refere à estruturação dos conhecimentos de maneira sistematizada pelas sociedades ocidentais, desde a Antiguidade, remontando a sociedade grega. Segundo Figueiró (2015), as discussões promovidas pelos filósofos gregos e a própria expansão do Império Romano ao longo do Mediterrâneo possibilitaram as primeiras coleções de dados associando as características entre clima e vegetação. Apesar de constituir um empreendimento atualmente considerado de caráter mais próximo ao científico, não foram essas as bases empregadas para o surgimento da primeira teoria biogeográfica.

Pelo fato de buscar explicar a espacialização das espécies na superfície da terra em sua totalidade (ainda que não totalmente conhecida), está contida no Livro do Gênesis do Antigo Testamento a primeira teoria biogeográfica. A discussão empreendida por uma sucessão de pensadores até fins do século XVIII tomou a forma

¹ Biogeography is the study of the facts and the patterns of species distribution. It's the Science concerned with where animals are, where plants are, and where they are not. [...] biogeography does more than ask Which species? And Where? It also asks Why? And, what is sometimes even more crucial, Why not?

de uma dicotomia na maneira de se explicar o fenômeno da dispersão (ou não) das espécies pelo globo.

De um lado havia o traducianismo, teoria pautada na concepção de que todos os seres vivos teriam se disseminado a partir de um único ponto da superfície terrestre. De outro, e surgida muito tempo depois (meados do séc. XVIII), a teoria Criacionista, que admitia não um único, mas múltiplos centros de criação distribuídos pelo globo. Como característica semelhante, ambas as teorias não deixavam de considerar o poder divino como o responsável pelo fenômeno da criação das espécies (FIGUEIRÓ, 2015).

A teoria Criacionista, ao se constituir como a mais atualizada base para a teoria biogeográfica, corroborou tanto para a superação de uma leitura biogeográfica de mundo fortemente pautada nos escritos bíblicos quanto para a institucionalização de uma forma de pensar cada vez mais sistematizada que desembocaria no surgimento dos pensamentos evolucionistas com os estudos de fisiologia vegetal de Pyrame de Candolle (1778-1841). Segundo Figueiró (2015, p. 37), “[...] De Candolle concluiu que essa distribuição [das espécies vegetais] se justificava tanto pela ação atual de fatores ecológicos quanto pela ação passada de fatores que já não mais atuavam.”

Admite-se que a Biogeografia encontra seu corpo de técnicas de coleta e análise de informações acerca da distribuição da vida no planeta através da expressiva contribuição do naturalista prussiano Alexander Von Humboldt (1769-1859). Humboldt, especialmente com a publicação de sua obra *Ensaio Sobre a Geografia das Plantas* (1805), promoveu rica discussão acerca dos mecanismos de regulação que determinavam a própria espacialização da vida vegetal sobre a superfície terrestre. Este autor foi quem propôs o conceito de Geobotânica ou Fitogeografia – que é a ciência que visa explorar justamente as relações existentes entre os componentes da paisagem (clima, solo, rocha, hidrografia, relevo, etc.) e a própria espacialização da vida vegetal em função destes.

Cabe mencionar que a proposta metodológica de Humboldt era fortemente conduzida pelo próprio movimento científico da época, de caráter naturalista, matemático-mecanicista, e romântico, buscando a unidade da natureza por meio do estudo da paisagem (FIGUEIRÓ, 2015). Deste modo, a ciência produzida por

Humboldt incorporava elementos até então pouco explorados, como a intensa utilização de mapas e representações dos perfis altitudinais e latitudinais da vegetação via linguagem artística, i.e., desenhos e pinturas produzidos à mão.

Apesar das contribuições de Humboldt serem consideradas pelo posterior processo de sistematização da ciência geográfica e sua consolidação como cátedra científica na França do século XIX pelas discussões promovidas por Vidal de La Blache (1845-1918) (MORAES, 1994), o processo de especialização das ciências transcorrido durante esse século relegou à Biogeografia uma trajetória cada vez mais biológica e fragmentada, afastando-se de sua compreensão holística dos elementos que compõe a paisagem (FIGUEIRÓ, 2015).

Especialmente a partir da publicação da proposta da disciplina de Ecologia pelo biólogo alemão Ernst Heinrich Haeckel (1834-1919) na segunda metade do século XIX, a Biogeografia trilhou um caminho cada vez mais dissociado de uma discussão eminentemente geográfica. Sua abordagem estava geralmente atrelada às formulações da biologia e ecologia – e, portanto, carecia de uma discussão que ultrapassasse as fronteiras de tais ciências -, debruçando-se sobre a espacialização da vida de maneira descontextualizada das próprias dinâmicas exteriores à esta, mas que afetavam diretamente seu próprio arranjo e funcionamento (e.g., econômicas e culturais).

Conforme aponta Figueiró (2015), é somente no século XX que ocorrem as primeiras manifestações de um reencontro entre a Biogeografia e um estatuto geográfico de análise da paisagem, cabendo citar o surgimento da proposta ecossistêmica de Tansley (1935) e da Ecologia de Paisagem de Carl Troll (1939). Apesar de apresentarem em seu bojo um conjunto que indicava a possibilidade de integração dos elementos das paisagens naturais de modo a alcançar sua explicação, tais propostas acabaram por manter uma agenda de pesquisa preocupada apenas com o caráter distributivo das espécies (ZUNINO & ZULLINI, 2003).

A partir da década de 1960, ocorre o surgimento de algumas teorizações e propostas metodológicas que podem ser consideradas de alta relevância em termos de comportarem e contribuírem para uma rede de discussão tendo seu estatuto teórico atrelado à ciência geográfica. Cabe aqui citar a proposta geossistêmica discutida por Sotchava (1977;1978) e Bertrand (1972), e também propostas de

intervenção na realidade ancoradas na consideração dos saberes das populações tradicionais como a proposta do Bioregionalismo de Peter Berg (década de 1960) e também da Permacultura (discutida na Austrália a partir da década de 1970).

Pelo fato de reconhecermos o potencial da Ecologia da Paisagem em realizar uma formulação capaz de apreender o funcionamento das paisagens (i.e., naturais e/ou modificadas) inclusive em sua composição espaço-temporal e, também que sua aplicação esteja ainda hoje fortemente atrelada a uma visão biocêntrica por parte das ciências que empregam suas técnicas de análise sobre o espaço, buscaremos neste trabalho uma reaproximação entre o conjunto de técnicas da Ecologia da Paisagem e a leitura empreendida pelo campo da Biogeografia em seu estatuto geográfico.

2.4 Ecologia da Paisagem

Pode-se definir a Ecologia da Paisagem como a disciplina que estuda os padrões espaciais e como estes influenciam processos ecológicos em variadas escalas de análise (KUPFER, 2011). A Ecologia da Paisagem pode ser compreendida como “uma combinação de uma análise espacial da geografia com um estudo funcional da ecologia. [...] em que [...] a problemática central é o efeito da estrutura da paisagem (i.e., o padrão espacial) nos processos ecológicos (METZGER, 2001, p. 5). Para a realização dos estudos dos padrões espaciais de uma paisagem, faz-se imprescindível a utilização de ferramentas capazes de quantificar com precisão os padrões espaciais (METZGER *in* CULLEN, RUDRAN, VALLADARES-PADUA, 2012).

Os estudos da Ecologia de Paisagem centram sua atenção na forma como a configuração espacial afeta os processos ecológicos. Para tanto, a escala de análise adequada para o estudo pretendido estará sujeita tanto às características inerentes aos indivíduos bem como ao fenômeno estudado, isto porque diferentes organismos respondem às alterações ao seu redor de maneira diferente (METZGER, 2001).

Diferentemente das outras áreas da ecologia, a Ecologia da Paisagem também volta sua atenção para a influência das ações antrópicas sobre os ecossistemas, considerando tais processos como dotados de uma escala espaço-temporal (KUPFER, 2011). A escala da paisagem compreende uma escala intermediária entre a área de movimentação de um organismo e sua distribuição espacial ao nível de espécie. Portanto, é mais relevante buscar os limites escalares da paisagem em função do fenômeno estudado do que apenas por sua área (MCGARIGAL & MARKS, 1995).

O termo *Paisagem* tem seu emprego remetido a diversos momentos da história humana, havendo uma falta de consenso justamente pelo contexto e pela frequência com que era empregado. Metzger (2001), aponta que o termo foi primeiramente utilizado pela literatura, aparecendo no “Livro dos Salmos”, escrito por volta de 1000 A.C, possuindo como conteúdo poemas líricos do antigo testamento. Kupfer (2011), atribui a utilização do termo aos pintores de paisagem europeus do século XVI, que incorporavam em sua obra e concepção artística não somente os elementos físicos das paisagens, mas também os elementos humanos, tangíveis e intangíveis – como a cultura e os aspectos estéticos. O momento histórico em que o

termo foi utilizado pelos pintores de paisagens, porém, difere de acordo com cada autor – certamente em função da disseminação ou não para a ciência da época.

No “Livro dos Salmos”, a paisagem refere-se à bela vista que se tem do conjunto de Jerusalém, com os templos, castelos e palacetes do Rei Salomão. Essa noção inicial, visual e estética, foi adotada em seguida pela literatura e pelas artes em geral, principalmente pela pintura na segunda metade do século XVIII. Além do retrato real da beleza da natureza, os pintores e escritores pré-românticos e românticos, assim como os simbolistas e os impressionistas, retratavam também a paisagem como um reflexo da “paisagem interior”, dos sentimentos de melancolia e solidão (METZGER, 2001, p.2).

No campo científico, a *Paisagem* surge a partir da estética romântica naturalista de Alexander von Humboldt, no próprio momento da constituição da disciplina enquanto ciência, na Alemanha do Século XIX, empregado com um sentido de “característica total de uma região terrestre” (METZGER, 2001, p.2). Ao longo do desenvolvimento da utilização e significação do conceito dentro das ciências, seu emprego foi variado. Inicialmente muito focados na descrição das formas físicas da superfície terrestre, por fim incorporaram a própria ação humana e suas consequências para o ambiente ao longo do tempo (SALGUEIRO, 2001).

O termo Ecologia da Paisagem foi introduzido pelo biogeógrafo alemão Carl Troll no final da década de 1930. Troll foi influenciado pela capacidade de visualizar a paisagem em uma escala de análise ampliada graças aos avanços tecnológicos da época como as fotografias aéreas, e também pelo avanço científico na compreensão dos ecossistemas (KUPFER, 2011). Metzger (2001, p.2) aponta que, na visão de Troll, a *Paisagem* “é a espacialidade, a heterogeneidade do espaço onde o homem habita”. Com o avanço dessa disciplina na Europa da década de 1970, seu campo de atuação fundiu-se ao interesse de outras disciplinas como os da geografia regional, planejamento de uso da terra, economia dos recursos, arquitetura de paisagens, entre outros (SCHREIBER, 1990 apud KUPFER, 2011).

Pelo fato de se constituir como uma disciplina relativamente nova, existem duas escolas de pensamento de Ecologia da Paisagem com origens distintas. A primeira abordagem, chamada de “abordagem geográfica”, surgiu com Carl Troll e pesquisadores do campo das ciências geográficas da Europa Oriental e da Alemanha. A segunda abordagem, chamada de “abordagem ecológica”, é mais recente, originada através das discussões de um workshop no estado de Illinois (Estados Unidos da América) na década de 1980, foi influenciada pelo campo de atuação de biogeógrafos

e ecólogos que buscavam a utilização da Teoria da Biogeografia de Ilhas (MacArthur & Wilson, 1967) como base teórica para o planejamento de reservas naturais em áreas continentais (METZGER, 2001).

Ao que se refere à “abordagem geográfica”, a Ecologia de Paisagem, segundo Metzger (2001), é caracterizada por três aspectos fundamentais: preocupação com o planejamento da ocupação territorial; estudo de paisagens fundamentalmente modificadas pelo homem; e, por fim, a análise de amplas áreas espaciais. O mesmo autor afirma que a disciplina se diferenciava por se apresentar como uma macroecologia, isso pelo fato de a escala espacial utilizada condizer com a dimensão e o alcance dos fenômenos estudados.

A ecologia de paisagens, desta forma, é menos centrada nos estudos bio-ecológicos (relações entre animais, plantas e ambiente abiótico), e pode ser definida como uma disciplina holística, integradora de ciências sociais (sociologia, geografia humana), geo-físicas (geografia física, geologia, geomorfologia) e biológicas (ecologia, fitossociologia, biogeografia), visando, em particular, a compreensão global da paisagem (essencialmente “cultural”) e o ordenamento territorial (METZGER, 2001, p. 3).

Pelo outro lado, “abordagem ecológica”, utilizando-se das tecnologias propiciadas pelos avanços tecnológicos de seu tempo (e.g., imagens adquiridas através de satélites e manipulação de dados através de computadores pessoais), direciona seu foco para os elementos naturais da paisagem, buscando compreender as relações existentes entre os processos ecológicos e o próprio arranjo espacial das unidades analisadas. Nesta abordagem, não há uma preocupação em se ater às macroescalas, isso pelo fato de os fenômenos estudados por vezes necessitarem de um enfoque espacial mais próximo, sujeitando-se principalmente ao organismo e ao fenômeno em questão (METZGER, 2001).

Na “abordagem ecológica”, apesar de focar mais as unidades “naturais”, mais uma vez a ecologia de paisagens situa-se na escala correta para responder aos principais problemas ambientais, tanto relacionados à fragmentação de habitats quanto ao uso inadequado dos solos e da água (METZGER, 2001, p.7).

As “métricas da paisagem” ou “índices da paisagem” são uma forma de quantificação dos padrões espaciais de uma paisagem (i.e., a estrutura da paisagem). Tais métricas separam-se entre os índices de composição (ou de fisionomia) e os de disposição (ou de configuração). Os índices de composição referem-se às unidades que compõem a paisagem, qual sua composição, sua área, sua diversidade. Os índices de disposição buscam evidenciar o arranjo espacial das unidades de análise,

seu grau de fragmentação, de isolamento, a conectividade das manchas de unidades semelhantes, bem como sua área e formato. A escala de análise poderá variar em função daquilo que se busca caracterizar, partindo desde o nível da mancha (como um fragmento florestal), passando pelo nível de uma das unidades da paisagem (o conjunto de corpos d'água, o conjunto de fragmentos florestais, o conjunto de áreas de pasto), chegando até ao nível da paisagem como um todo (diversidade, riqueza, conectividade das unidades (METZGER in CULLEN, RUDRAN, VALLADARES-PADUA, 2006; MCGARIGAL & MARKS, 1995).

Uma paisagem pode possuir um mosaico de manchas, cada uma dessas pertencendo à uma unidade da paisagem. A matriz pode ser definida como a unidade da paisagem mais proeminente e, portanto, a que desempenha o papel principal no funcionamento desta paisagem (FORMAN & GODRON, 1986). A exemplo da situação da UGRHI-22, perceberemos que a matriz dessa área de estudo divide-se entre as áreas de plantação de cana-de-açúcar e as áreas de pasto.

Para a realização análise espacial dos fragmentos florestais da UGRHI-22, serão abordadas a seguir as métricas da paisagem que consideramos mais adequadas em termos de traduzirem a qualidade ambiental de tais fragmentos. Cabe salientar que tais métricas são baseados em cálculos estatísticos elaborados por diversos autores ao longo da história da disciplina de Ecologia de Paisagem - cada uma destas métricas voltadas para uma finalidade específica em termos análise espacial -, e que tiveram sua utilização centralizada e automatizada por meio de softwares como o FRAGSTATS® - capazes de fornecer resultados passíveis de análise ao nível das manchas, das unidades da paisagem, e também da paisagem como um todo (MCGARIGAL & MARKS, 1995).

2.4.1 Métricas de Área

As Métricas de Área são caracterizadas como medidas de configuração da paisagem capazes de apresentar dados numéricos relativos à composição do mosaico de manchas da paisagem. Tais métricas possuem a capacidade de expressar desde o tamanho individual das manchas, até a composição espacial da paisagem em valores absolutos e relativos. Pelo fato de as subsequentes Métricas da

Paisagem dependerem dos valores das Métricas de Área, estas constituem-se como ponto basal para a análise espacial da paisagem.

O tamanho das manchas (i.e., fragmentos florestais, no caso desse estudo) representa um profícuo ponto de partida na compreensão de um fenômeno estudado. O valor absoluto da área de cada fragmento constitui uma importante base de análise do ponto de vista do nível das relações ecológicas que este é capaz de sustentar em seu interior. No mesmo sentido, a abrangência espacial desses fragmentos em relação aos outros tipos de manchas (e.g., pastagem, massas d'água, silvicultura) apresenta um importante indicador de sua possível insularidade ou conectividade.

Segundo Viana, Tabanez, Martinez (1992), a Teoria da Biogeografia de Ilhas apresentou um corpo de conhecimento teórico dotado de modelos descritivos e preditivos da diversidade biológica em função do tamanho das ilhas. Por consequência, este corpo teórico fundamentou também o desenvolvimento dos estudos relativos à Ecologia da Paisagem.

A Teoria da Biogeografia de Ilhas aponta para uma redução no número de espécies em função da diminuição da superfície das ilhas e de seu isolamento espacial com seus pares. O isolamento espacial refere-se à quantidade de habitats semelhantes à uma especificada distância. A pouca expressividade espacial das ilhas também prevê uma baixa capacidade de colonização de espécies originárias de outras ilhas, o que está diretamente ligado à diversidade biológica e à dinâmica espacial entre estas ilhas. Segundo os mesmos autores, a redução de tamanho de fragmentos florestais pode resultar no declínio das populações, na perda da biodiversidade e na não sustentabilidade dos fragmentos (MACARTCHUR & WILSON, 1967; MCGARIGAL & MARKS, 1995).

De forma mais específica, são consideradas Métricas de Área: Área de cada fragmento; área da classe; área total da paisagem; porcentagem da paisagem; índice de similaridade da paisagem e índice de maior fragmento (MCGARIGAL & MARKS, 1995).

2.4.2 Métricas de Tamanho e Variabilidade

As Métricas de Densidade, Tamanho e Variabilidade são consideradas como medidas de configuração da paisagem. Estas métricas possibilitam a leitura de valores relativos ao tamanho dos fragmentos individuais, mas também a leitura da estrutura espacial da paisagem – formada pelas variadas classes de uso e ocupação.

Segundo Kupfer (2011), a estrutura espacial configura um elemento de análise primordial para a compreensão das teorias populacionais arranjadas em paisagens heterogêneas. Cabe mencionar o surgimento de novas teorias preocupadas com a importância da conectividade dos habitats em paisagens fragmentadas, a exemplo da teoria das metapopulações – fundamentadas, é claro, pelo corpo teórico oferecido pela Teoria da Biogeografia de Ilhas. O número de subpopulações tem a capacidade de influenciar a dinâmica e a persistência da metapopulação (i.e., um conjunto de populações habitando manchas de habitat de uma paisagem fragmentada e que interagem entre si). Paralelamente, a quantidade de manchas de habitat possui o potencial de alterar a estabilidade da interação entre espécies, o que se reflete no funcionamento das cadeias tróficas e, por fim, no funcionamento do ecossistema (GILPIN & HANSKI, 1991 apud MCGARIGAL & MARKS, 1995; KAREIVA, 1990 apud MCGARIGAL & MARKS, 1995).

São consideradas como Métricas de Densidade, Tamanho e Variabilidade: Número de fragmentos; Densidade dos fragmentos; Tamanho médio dos fragmentos; Desvio padrão do tamanho dos fragmentos e Coeficiente de variação de tamanho dos fragmentos.

2.4.3 Métricas de Borda

As Métricas de Borda possuem como intuito a aquisição de valores referentes as bordas dos fragmentos, avaliando a razão perímetro/área (FORMAN & GODRON, 1986). A importância dos valores das bordas dos fragmentos para a análise de qualidade ambiental destes está atrelado ao denominado “Efeito de Borda” que, em síntese, afirma que todo fragmento florestal ou área de preservação tende a se deteriorar a partir de seus limites externos (GOUVEIA & PAES, 2017). Essa deterioração ocorre por conta de diversas pressões, tais como excesso de insolação,

ventos, perda de umidade e entrada de espécies invasoras nocivas (VIANA, TABANEZ, MARTINEZ, 1992).

Segundo Murcia (1995), os efeitos de borda são resultantes da interação entre dois ecossistemas adjacentes, havendo uma intensificação à medida que tais classes de ocupação se diferirem em composição. As Métricas de Borda podem ser enquadradas como métricas de configuração da paisagem, estando relacionadas a ocorrência ou não de diversos fenômenos ecológicos. É importante salientar que as métricas de borda só podem ser melhor interpretadas quando em conjunto com outras métricas da paisagem, como as Métricas de Forma e Área, e também pela justaposição das classes de ocupação. Para efeito de análise, conforme um fragmento florestal apresente bordas mais complexas, mais propenso estará seu interior a sofrer pressões externas (MCGARIGAL & MARKS, 1995).

O Efeito de Borda tenderá a ser mais intenso no limite dos fragmentos, e menos intenso no adentrar de seu interior. Viana, Tabanez, Martinez (1992), apontam que, para as espécies vegetais, os efeitos de borda podem ser diretos (e.g., alterações microclimáticas) ou indiretos (e.g., alteração na interação com dispersores de sementes, polinizadores e surgimento de cipós). Com o aumento da luminosidade nas bordas dos fragmentos, há o surgimento de espécies pioneiras, o que decorre em um novo estágio de sucessão ecológica desta área (LEWIS, 1984 apud VIANA, TABANEZ, MARTINEZ, 1992).

Bordas com alto contraste (e.g., fragmento florestal encontrando uma matriz de cultura agrícola) podem reduzir ou impossibilitar a capacidade de organismos encontrarem recursos nos arredores de seu habitat. A porosidade (ou permeabilidade) entre as classes deve ser considerada a partir da capacidade de determinada espécie transitar ou se dispersar através desses habitats destoantes (MCGARIGAL & MARKS, 1995).

Rodrigues (1998), ressalta que os fragmentos florestais estão geralmente margeados por campos agrícolas e/ou pastagens. Assim, pelo fato de as culturas agrícolas geralmente possuírem reduzida altura e biomassa, a incidência de raios solares sobre a borda do fragmento ocorre de forma lateral. O mesmo autor indica que a radiação solar se apresenta como a causa primária dos efeitos de borda em fragmentos florestais, o que determina a ocorrência de alguns padrões identificáveis

em florestais tropicais: existência de um gradiente composto entre umidade e luminosidade, em que a luminosidade se apresenta alta na borda e baixa no interior, e a umidade se apresenta baixa na borda e alta no interior; densidade vegetal aumenta mais próxima da borda e reduz quanto mais longe dela; quanto mais velha for a borda, mais notável será a diferença da composição de espécies com a de seu interior.

Como Métricas de Borda, podemos citar: Perímetro do fragmento; Total de bordas da Classe; Densidade de borda; Índice de contraste de borda; Índice de contraste do total de bordas; Índice de contraste de bordas médio; Índice de contraste de bordas médio com peso de área e Densidade de bordas com peso de contraste (MCGARIGAL & MARKS, 1995).

2.4.4 Métricas de Forma

Outro parâmetro que torna possível compreender as pressões exercidas sobre um fragmento é o de sua **forma (design)**. De acordo com Viana, Tabanez, Martinez (1992), a utilização da razão borda/interior constitui importante parâmetro de análise devido sua capacidade de identificar a fração da área do fragmento florestal que se encontra sob efeito de borda. À título de exemplificação, se dois fragmentos apresentarem mesma área, e um deles apresentar sua forma mais recortada, o de forma mais regular possuirá uma menor razão borda/área – o que é preferível. Deste modo, a complexidade da forma do fragmento é determinante para a magnitude das perturbações incidentes.

Para Mcgarigal & Marks (1995), o ponto-chave para a compreensão da relevância da forma dos fragmentos, em termos de sua capacidade de manutenção de processos ecológicos, se encontra no estudo do efeito de borda. Os mesmos autores apontam que maior parte das perturbações ocasionadas pelo processo de fragmentação florestal que incide sobre os organismos estão sempre atreladas direta ou indiretamente aos efeitos de borda.

Ademais, é notória a importância de se analisar os parâmetros forma e tamanho do fragmento de maneira conjunta, determinantes correlatos ao que concerne a manutenção de diversos processos ecológicos (e.g., migração de espécies animais entre fragmentos; colonização de espécies vegetais originárias de outros fragmentos; alteração nas características do habitat de determinadas espécies;

capacidade de suporte de populações) (KUPFER, 2011; MCGARIGAL & MARKS, 1995).

Malcolm (1994) apud Rodrigues (1998), aponta que a importância de se considerar o tamanho do fragmento para o entendimento da magnitude dos efeitos de borda se encontra no fato de que, no caso de um reduzido tamanho, o fragmento tenderá a acumular efeitos de bordas originários de outras faces de suas bordas. Portanto, um fragmento estará mais suscetível a erosão de sua diversidade biológica quanto mais complexa for sua forma e quanto menor for sua área.

Dentre as Métricas de Forma, podemos citar: Índice de Forma; Índice médio de forma dos fragmentos; Índice médio de forma com peso de área; Índice de forma da paisagem; Dimensão fractal; Dimensão fractal média dos fragmentos; Dimensão fractal média dos fragmentos com peso de área.

2.4.5 Métricas de Área Central

As Métricas de Área Central são medidas de configuração e de composição da paisagem. Área Central pode ser compreendida como a porção de determinado fragmento excluindo-se a área sob efeito de borda. A utilização da Área Central tem se demonstrado mais útil que a utilização apenas dos valores de área e forma dos fragmentos para a realização de análise de qualidade ambiental, muito pelo fato de ser uma métrica resultante destas duas, somando-se uma largura referente ao efeito de borda (Temple, 1986 apud MCGARIGAL & MARKS, 1995).

Assim como a forma dos fragmentos, os estudos ancorados na Área Central consideram a importância dos efeitos de borda para a saúde dos processos ecológicos. Segundo Murcia (1995), se os organismos de determinado fragmento ficarem expostos a área de influência dos efeitos de borda, alterando a variação natural intrínseca dos componentes de seu habitat, esta área poderá estar comprometida para sustentar as populações naturais pré-existentes. Se considerarmos que determinados fragmentos possuem, mesmo que com área relativamente considerável, formas estreitas e alongadas, a influência dos efeitos de borda poderá reduzir considerável e até totalmente sua área central (i.e., a porção de área do fragmento que continua sendo capaz de sustentar seus processos ecossistêmicos sem interferência da interação com a matriz circundante).

Pelo fato de haverem variadas formações florestais, estabelecidas em determinada parcela geográfica pelas propriedades pedológicas e climáticas da região, os estudos sobre a profundidade dos efeitos de borda buscam compreender a variação destes em função do tipo de vegetação e também de sua matriz circundante. Murcia (1995), aponta que a maioria dos estudos costumam apresentar resultados que indicam que os efeitos de borda diretos adentram por volta de 50m dos fragmentos. A mesma autora, porém, traz à mente que poucos utilizaram uma escala de análise precisa o suficiente para identificar alterações de acordo com cada ambiente analisado. Contudo, ao que se refere às florestas tropicais brasileiras, cabe mencionar os resultados obtidos em estudos realizados no bioma amazônico, identificando uma profundidade do efeito de borda atingindo os 50m (LOVEJOY *et al.*, 1986), 60m (KAPOS, 1989) e até 200m (LAURANCE & YENSEN, 1991).

Ao que se refere a Floresta Estacional Semidecidual, também foram realizados estudos buscando avaliar o alcance dos efeitos de borda sob fragmentos florestais localizados, por exemplo, nos estados Paraná (Primack & Rodrigues, 2001), São Paulo (Sampaio, 2011; Rodrigues, 2018), Minas Gerais (Vieira, 2016) e Pernambuco (Holanda *et al.*, 2010). No caso desse tipo de vegetação, os resultados apontaram que as alterações ocasionadas pela existência de bordas adentraram de 35m à 50m do interior dos fragmentos.

Como Métricas de Área Central, podemos citar: Área central; Total de área central da paisagem; Fração da paisagem ocupada por áreas centrais; Número de áreas centrais de cada fragmento; Densidade de áreas centrais; Índice de área central; Média das áreas centrais dos fragmentos, entre outros.

2.4.6 Métricas de Proximidade

A utilização das Métricas de Proximidade possibilita uma importante leitura de configuração da paisagem. Tais métricas buscam evidenciar o grau de isolamento dos fragmentos, que pode ser definido como a média das distâncias até seus vizinhos mais próximos Forman & Godron, (1986). Os mesmos autores ressaltam que o grau de isolamento dos fragmentos é afetado pela “porosidade” da vizinhança, isto é, o quão transponível (i.e., porosa) é a classe de uso e ocupação tangente ao fragmento à movimentação e/ou dispersão dos organismos.

O grau de isolamento dos fragmentos é considerado importante fator para se determinar seu 'tamanho efetivo', ou seja, a real capacidade de sustentar determinado grau de complexidade ecossistêmica em seu interior (Harris, 1984 apud Viana, Tabanez, Martinez, 1992). O 'tamanho efetivo', portanto, não dependerá apenas da distância entre fragmentos, mas também da porosidade da vizinhança, a distância de seu vizinho correlato mais próximo, a idade do processo de fragmentação, a existência (ou não) de corredores de passagem de biota e, também, das características da matriz – operando, inclusive, como barreiras físicas/químicas para a movimentação de determinadas espécies animais (e.g., polinizadores tentando transpor matriz agrícola com uso de agrotóxicos) (MCGARIGAL & MARKS, 1995; VIANA, TABANEZ, MARTINEZ, 1992).

O grau de isolamento de um fragmento pode afetar o influxo de animais, pólen e sementes e, portanto, a diversidade biológica e a dinâmica das populações de plantas e animais. Em regiões onde o processo de fragmentação já está muito avançado, como no oeste de São Paulo, a distância entre fragmentos é muito grande, dificultando a migração entre fragmentos (VIANA, TABANEZ, MARTINEZ, 1992, p. 2).

Por outra perspectiva, para considerarmos a capacidade de movimentação dos organismos pela diversificada composição espacial da paisagem, podemos considerar a 'conectividade funcional da paisagem' (TISCHENDORF & FAHRIG, 2000 apud KUPFER, 2011). Sob tal ótica, objetiva-se uma análise levando em conta tanto as características natas de cada espécie, quanto a composição e a disposição das manchas que separam seus habitats potenciais. Tal perspectiva lança luz sob a compreensão de que, para que haja uma troca de fluxos gênicos entre populações animais e vegetais isoladas entre si, os habitats não necessitam estar estruturalmente conectados para estarem funcionalmente conectados (KUPFER, 2011).

Metzger in Cullen, Rudran, Valladares-Padua (2012) e Tewksbury *et al.* (2002) apud. KUPFER (2011), exaltam o importante papel desempenhado pelos corredores ecológicos (ou de habitat); capazes de possibilitar a movimentação da biota entre manchas de habitat e, por consequência, possibilitar um incremento no banco genético das espécies. No mesmo sentido, a existência dos corredores também auxilia na redução dos riscos de extinção local, favorecem as recolonizações de fragmentos antes isolados, e por fim, contribuem para a prosperação de metapopulações. Apesar dos benefícios propiciados pelos corredores, cabe salientar o inconveniente destes serem, também, facilitadores do alastro de vetores e

perturbações como queimadas (METZGER in CULLEN, RUDRAN, VALLADARES-PADUA, 2006)

Dentre as Métricas de Proximidade, podemos elencar as seguintes: Índice de proximidade; Distância do vizinho mais próximo; Distância média do vizinho mais próximo; Desvio padrão do vizinho mais próximo; Coeficiente de variação do vizinho mais próximo;

2.5 Sistemas de informações geográficas aplicados em análise ambientais

O emprego dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) para e efetuação de análises ambientais está ancorado na necessidade de compreendermos de que modo o arranjo espacial dos diferentes elementos que compõem o ambiente são capazes de interferirem sobre a riqueza e a diversidade da fauna e flora (UEZU, 2006). Segundo Turner & Carpenter (1998) apud Pirovani (2010), os SIGs consolidaram-se como uma ferramenta essencial para o campo da ecologia da paisagem, atuando com a capacidade de quantificar e caracterizar no espaço e no tempo os padrões de uso e cobertura do solo das paisagens estudadas.

Para Albanez (2000), os SIGs são considerados sistemas computacionais utilizados no armazenamento e manipulação dos dados espaciais adquiridos, por exemplo, via sensoriamento remoto. Na visão de Uezu (2006), o sensoriamento remoto pode ser compreendido como a ciência (e até como a arte) de capturar informações da superfície terrestre sem que haja um contato direto com esta.

Segundo Albanez (2000), o desenvolvimento do primeiro SIG data da década de 1960, tendo sido desenvolvido por agências governamentais que necessitavam de uma ferramenta capaz de lidar com as cada vez mais insurgentes demandas referentes ao manejo ambiental e dos recursos naturais, de maneira geral. Ainda segundo a autora, foi só a partir da década de 1970 – graças aos avanços tecnológicos ligados a computação e a aquisição de imagens via satélite – que a tecnologia desses softwares avançou de maneira mais vigorosa, agregando cada vez mais usuários beneficiados pela propagação de tecnologias mais acessíveis e portáteis, principalmente ao que se refere ao período posterior a década de 1990.

Segundo Uezu (2006), as ciências cartográficas forneceram as bases para o processo de georreferenciamento à medida que conceitos como ‘sistema de

coordenadas geográficas e planas', 'projeção', 'Datum' e 'escala espacial' foram agregados a sua fundamentação teórica. Ainda segundo o autor, o sistema de referência geográfica (ou Datum) empregado em um projeto de georreferenciamento e de análise espacial é um referencial capaz de realizar a costura das informações referentes a uma localidade. Pela capacidade técnica de expressar e manipular informações espaciais via plataforma computacional, os SIGs conferem uma importante ferramenta para aqueles que detêm a possibilidade de interferir na tomada de decisões referentes a conservação ambiental (ALBANEZ, 2000).

A utilização de SIGs para o monitoramento da dinâmica da paisagem (i.e., a sucessão de modificações na composição e no arranjo espacial das paisagens tomando-se uma base temporal) é amplamente beneficiada pela disponibilidade de bancos de dados de imagens de sensoriamento remoto das décadas passadas. O efeito comparativo de imagens do passado e atuais possibilita, por meio da ecologia da paisagem, a identificação das modificações da estrutura da paisagem - podendo estas terem sido provocadas pela ação antrópica ou não. Dentre as perturbações antrópicas possíveis de serem identificadas através do monitoramento da dinâmica da paisagem estão: o desmatamento; as inundações; as queimadas; a expansão de centros urbanos e a exploração mineral (UEZU, 2006).

Dentre a ampla variedade de softwares tipificados como SIG's, o ArcGis® da empresa ESRI é o software mais utilizado pelos usuários, de acordo com a medição das licenças ativas (PIROVANI, 2010). Atualmente, este software encontra-se em sua versão 10.8, necessitando para sua utilização a aquisição de uma licença. O Fragstats® é um software de autoria dos autores Kevin McGarigal e Barbara J. Marks lançado no de 1995. É um software de domínio público, capaz de realizar mais de 50 cálculos de métricas da paisagem (VOLOTÃO, 1998).

Pelo fato do software Fragstats® ser executado de maneira independente a qualquer outro SIG, e também pela preferência dos usuários em utilizar e centralizar o tratamento dos dados em um único software, existem algumas extensões gratuitas capazes de serem executadas através do ArcGis®, cabendo citar as extensões *Patch Analyst* e *V-LATE*. De acordo com Lang & Blascke (2009) apud Pirovani (2010) p.26, "o *Patch Analyst* fornece essencialmente métricas do *Fragstats*®, porém em forma comprimida."

3 METODOLOGIA

No intuito de afinar as práticas metodológicas desta pesquisa para com os objetivos propostos, optamos pela utilização de interfaces teóricas distintas, porém complementares entre si. Ao buscar, por exemplo, o levantamento bibliográfico, documental, e também a manipulação de dados espaciais obtidos através do acesso a bancos de dados, esta pesquisa encarnou seu caráter exploratório. Porém, não se satisfazendo com o inegavelmente importante processo de levantamento e organização das informações, buscamos ir além. Pautando-nos, como explica Triviños (1987, p.112), em “uma precisa delimitação de técnicas, métodos, modelos e teorias que orientarão a coleta e a interpretação dos dados”, alcançaremos o caráter descritivo desta pesquisa, tornando-a uma pesquisa exploratório-descritiva.

Acerca dos estudos exploratórios Zikmund (2000) apud Oliveira (2011, p.21), esclarece que:

[...] são úteis para diagnosticar situações, explorar alternativas ou descobrir novas ideias. Esses trabalhos são conduzidos durante o estágio inicial de um processo de pesquisa mais amplo, em que se procura esclarecer e definir a natureza de um problema e gerar mais informações que possam ser adquiridas para a realização de futuras pesquisas conclusivas. Dessa forma, mesmo quando já existem conhecimentos do pesquisador sobre o assunto, a pesquisa exploratória também é útil, pois, normalmente, para um mesmo fato organizacional, pode haver inúmeras explicações alternativas, e sua utilização permitirá ao pesquisador tomar conhecimento, se não de todas, pelo menos de algumas delas.

Gil (1999), argumenta que “as pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis”. Portanto, é pelo fato de debruçar-nos sobre as obras e documentos que tratam da temática da constituição histórica e social de nosso recorte espacial em um primeiro momento; para então buscarmos a correlação e análise dos dados espaciais levantados a fim de denotar o panorama nessas terras hoje observado; que consideramos pertinente a utilização dessa interface que comporta uma abordagem exploratória e descritiva acerca de determinado objeto de estudo.

Pelo fato desta pesquisa fazer emprego da, conforme escreve Richardson (1999) apud Oliveira (2011, p.25), “quantificação tanto nas modalidades de coleta de informações quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas”, esta pode ser entendida como de natureza quantitativa. Tal natureza se evidenciará, mais adiante, através da utilização de técnicas estatísticas aplicadas à formulação de

tabelas com base nos levantamentos de dados realizados, ou mesmo através da própria utilização de fórmulas matemáticas que equacionam o valor das métricas da Ecologia da Paisagem com base nas variáveis de cada fragmento.

Para Triviños (1987), “a pesquisa qualitativa de tipo histórico-estrutural, dialética, parte também da descrição que intenta captar não só a aparência do fenômeno, como também sua essência”. Portanto, ao buscarmos as causas que originaram a problemática da fragmentação florestal da UGRHI-22 e, ainda segundo Triviños (1987), a explicação de suas relações, suas mudanças e, por fim, o esforço por intuir as consequências advindas de determinado fenômeno, este trabalho assume também uma natureza qualitativa.

Apesar dessa dupla natureza suscitar debates ainda hoje, pretendemos não nos atermos a dicotomias. A visão dessas duas naturezas como passíveis de complementariedade é justamente a que motivou a realização de um trabalho capaz de realizar a formulação de resultados de natureza quantitativa capazes de fornecer mais outros resultados – estes de natureza qualitativa – quando observados através de uma perspectiva socioambiental.

A partir do momento em que a pesquisa centra-se em um problema específico, é em virtude desse problema específico que o pesquisador escolherá o procedimento mais apto, segundo ele, para chegar à compreensão visada. Poderá ser um procedimento quantitativo, qualitativo, ou uma mistura de ambos. O essencial permanecerá: que a escolha da abordagem esteja a serviço do objeto de pesquisa, e não o contrário, com o objetivo de daí tirar, o melhor possível, os saberes desejados LAVILLE & DIONNE (1999, p. 43).

Para a realização deste trabalho, utilizaram-se duas formas de coleta de dados: pesquisa documental e pesquisa bibliográfica. A pesquisa bibliográfica é caracterizada pela utilização de materiais já elaborados, como livros e artigos científicos. Essa forma de coleta de dados proporciona um alcance maior da gama de fenômenos e de dados previamente estudados/levantados (GIL, 1999).

Na visão de Lakatos & Marconi (2003, p. 58), “a pesquisa bibliográfica é um apanhado geral sobre os principais trabalhos já realizados, revestidos de importância, por serem capazes de fornecer dados atuais e relevantes relacionados com o tema”. Deste modo, a utilização de livros e artigos científicos relacionados à temática deste trabalho constituiu-se como a principal fonte de informações para a compreensão dos acontecimentos transcorridos pelo processo histórico que, pela impossibilidade direta

do pesquisador de levantar informações do passado, puderam somente ser reconhecidos através da revisão bibliográfica (GIL, 1999).

Gil (1999) afirma que a pesquisa documental está pautada na utilização de dados e informações que, por muitas vezes, ainda não passaram por um tratamento analítico. Assim, pela necessidade da aquisição de informações referentes às políticas ambientais do Brasil e do estado de São Paulo, fizemos uso de fontes documentais de primeira mão (como arquivos de órgãos públicos, ofícios, regulamentos, leis, etc.) e também de segunda mão (relatórios de pesquisa e bancos de dados).

Para o desenvolvimento do estudo, optamos pela escolha de um conjunto de técnicas/métodos comprometidos ora com a abordagem qualitativa, ora com a quantitativa. No que se refere à abordagem qualitativa, adotamos o emprego das técnicas de análise e de interpretação sugeridas por Laville & Dione (1999), a saber: a técnica de emparelhamento, e a técnica histórica (método histórico).

A técnica de emparelhamento consiste na utilização de uma teoria base que sirva de modelo teórico para o fenômeno e o objeto estudado. O intuito dessa técnica é a validação da hipótese com base na comparação dos resultados obtidos frente a uma formulação teórica sistematizada; no nosso caso, pela ciência Biogeográfica. Já a técnica de análise histórica, objetiva realizar uma leitura dos acontecimentos históricos que se sucederam para alcançar o quadro atual do objeto estudado (LAVILLE & DIONE ,1999).

Assim, o método histórico consiste em investigar acontecimentos, processos e instituições do passado para verificar a sua influência na sociedade de hoje, pois as instituições alcançaram sua forma atual através de alterações de suas partes componentes, ao longo do tempo, influenciadas pelo contexto cultural particular de cada época LAKATOS & MARCONI (2003, p.107).

A técnica de análise de dados de caráter quantitativo pautou-se na utilização da estatística descritiva. A opção por essa abordagem visa integrar os resultados obtidos pela pesquisa com um universo mais amplo (i.e., os postulados da ciência Biogeográfica). A intenção é a de que, com a organização dos dados referentes aos parâmetros de análise de qualidade ambiental dos fragmentos florestais da UGRHI-22 em forma de tabelas, a interpretação se dará de maneira mais intuitiva, e a informação será transmitida de forma mais eficiente (LAVILLE & DIONE ,1999)

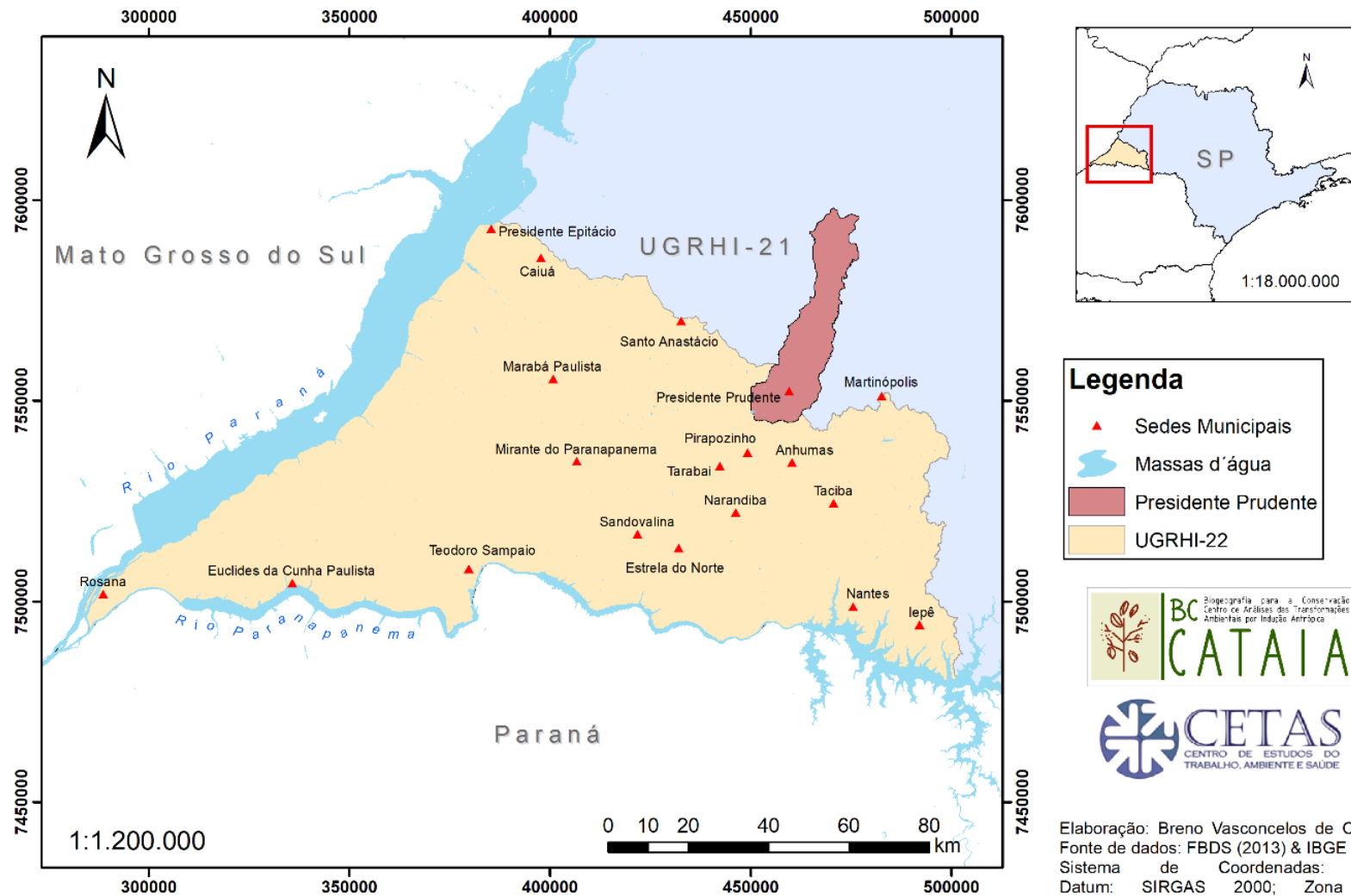
Segundo Lakatos & Marconi (2003), a utilização do método estatístico busca encontrar as relações existentes entre as variáveis estudadas. A este método, está atribuído a capacidade de redução de fenômenos sociológicos, políticos, econômicos

etc. em grandezas quantificáveis, possibilitando desde a geração até a manipulação estatística dos dados, por exemplo através de softwares.

3.1 Caracterização da área de estudo

Inserida no Território do Pontal do Paranapanema, no extremo oeste do Estado de São Paulo, a UGRHI-22 é umas das representantes das unidades de gerenciamento de recursos hídricos criadas pela Lei nº 9.034/1994 (SÃO PAULO, 1994) – substituída pela Lei nº 16.337/2016. Têm seus limites estabelecidos a norte pelo divisor de águas que a separa da UGRHI 21, à leste pela UGRHI 17, à sul pelo Rio Paranapanema, à oeste pelo Rio Paraná (Figura 1). Pelo fato deste recorte espacial não configurar uma única, mas sim um conjunto de sub-bacias hidrográficas, o Plano Integrado de Recursos Hídricos Paranapanema (2016) adota cinco Unidades de Planejamento Hídrico (UPHs), sendo elas: UPH Laranja Doce; UPH Pirapozinho; UPH Santo Anastácio; UPH Baixo Paranapanema M.D (margem direita): e Tributários Rio Paraná.

Figura 1 – Localização da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Pontal do Paranapanema (UGRHI-22).



Fonte: OLIVEIRA (2021)

A unidade abrange 26 municípios total ou parcialmente, a constar, Álvares Machado, Anhumas, Caiuá, Estrela do Norte, Euclides da Cunha Paulista, Iepê, Indiana, Marabá Paulista, Martinópolis, Mirante do Paranapanema, Nantes, Narandiba, Piquerobi, Pirapozinho, Presidente Bernardes, Presidente Epitácio, Presidente Prudente, Presidente Venceslau, Rancharia, Regente Feijó, Rosana, Sandovalina, Santo Anastácio, Taciba, Tarabai e Teodoro Sampaio.

Segundo os dados da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (2015), a população residente é de 417.395 habitantes, apresentando uma proporção de 91,8% de população urbana e 8,2% de população rural. A dinâmica econômica da região é ditada pelo seu elevado potencial agropecuário. A interdependência econômica entre os setores industrial e agrícola se expressa pela extensa ocupação agropastoril da região – composta por pastagem, e cultivos de cana-de-açúcar, milho e soja – que fornece os insumos para as usinas de açúcar e álcool e também para frigoríficos e abatedouros (CBH-PP, 2016). Segundo o Plano Integrado de Recursos Hídricos do Paranapanema (2016), as parcelas de uso e ocupação da terra se dividem entre pastagens (55,3%); culturas temporárias (25,2%), sendo o cultivo de cana-de-açúcar representante de 19,2% deste número; culturas permanentes (0,2%), como citros e café; silvicultura (0,6%); área urbanizada (0,9%); campestre (7,7%); corpos d'água (3,8%) e florestal (6,4%).

Inserida na bacia do Paraná, a UGRHI-22 está localizada sobre duas unidades aquíferas: Bauru e Serra Geral (SÃO PAULO, 2005). Possui como principais rios o Rio Santo Anastácio e afluentes, Rio Paranapanema (Baixo curso - Margem direita e afluentes), e Rio Paraná e afluentes, totalizando uma área total de drenagem de 12.333 km² (CBH-PP, 2016). Pelo elevado potencial hidráulico da unidade, estão instalados 5 empreendimentos de geração de energia elétrica, a constar, Usina Hidroelétrica (UHE) Eng.º Sergio Motta (Porto Primavera), UHE Rosana, UHE Escola Politécnica da USP (Taquaraçu), UHE Escola de Engenharia Mackenzie (Capivara) e Central Geradora Hidrelétrica Laranja Doce (CBH-PP, 2016).

Ao que se refere as características geológicas da região, as unidades litoestratigráficas aflorantes são constituídas por rochas sedimentares e ígneas, formadas durante a era mesozoica e também originadas a partir de depósitos sedimentares recentes (CBH-PP, 1999). Ainda segundo este relatório, a principal unidade litoestratigráfica é a pertencente ao grupo Bauru, abrangendo 93,6% da área da unidade, e contendo as formações geológicas Adamantina, Santo Anastácio e

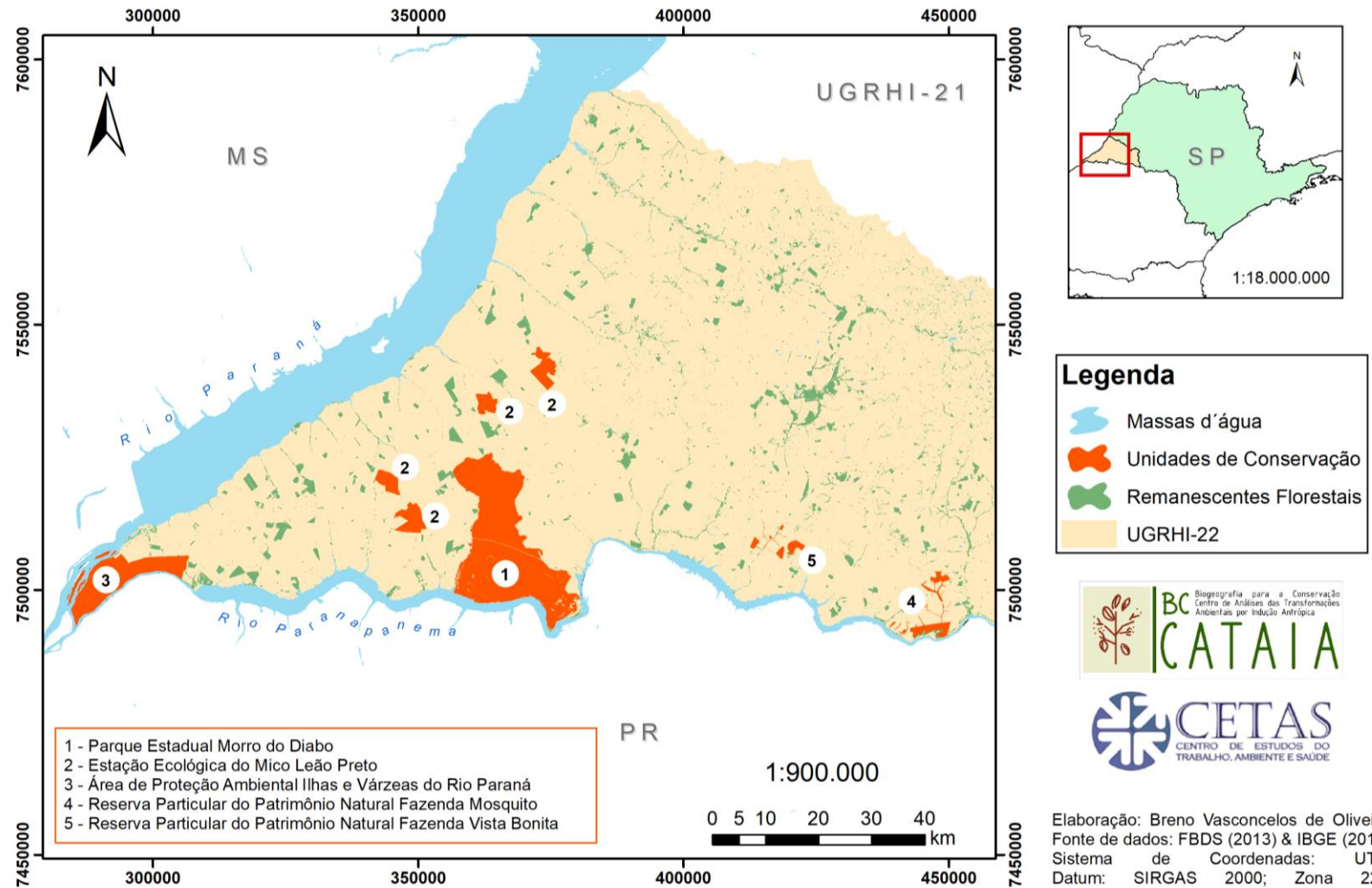
Caiuá. Em seguida se encontra a unidade litoestratigráfica grupo São Bento, abrangendo 4,3% da área, contendo uma única formação geológica, a Formação Serra Geral. Por fim, os Terrenos Cenozóicos ocupam uma parcela de 2,1% da região, composta unicamente por Sedimentos aluvionares.

De acordo com o mapa geomorfológico do estado de São Paulo (ROSS & MOROZ, 2011), a região do Pontal do Paranapanema, como um todo, está inserida no Planalto Ocidental; apresentando formas de relevo do tipo *colinas amplas, médias e baixas* de topo aplainado (CBH-PP, 1999). Originários das formações do grupo Bauru, os solos da região possuem como características a elevada concentração de areias, fertilidade natural baixa, boa permeabilidade e drenagem excessiva; havendo uma predominância dos Latossolos (SÃO PAULO, 2000; SÃO PAULO, 2006).

Segundo a classificação climática proposta pelo IBGE (2002), ocorrem na região os climas Quente-úmido, Subquente úmido e Subquente superúmido. São característicos os verões quentes, úmidos e chuvosos; e invernos secos com longos períodos de estiagem. Atuam na região as massas Tropical Atlântica, Equatorial Continental e Polar Atlântica. A pluviosidade anual varia entre 1.100mm e 1.400mm, com amplitudes de temperatura anuais partindo dos -3°C até 38°C, com média anual de 21°C (SÃO PAULO, 2000; SÃO PAULO, 2006).

Na região da área de estudo, há a ocorrência dos biomas Mata Atlântica (90%) e Cerrado (10%) (IBGE, 2004; CBH-PP, 2016). Segundo a base de dados do Inventário Florestal da Vegetação Natural do Estado de São Paulo do ano de 2010 (IF, 2010), a cobertura vegetal nativa ocupa apenas 8,5% da área total da região. Ainda segundo o inventário, a categoria Floresta Estacional Semidecidual é a predominante da região (6,8% da área da UGRHI-22), ocorrendo também as categorias Formação Arbórea/Arbustiva em Região de Várzea (0,9%) e Savana (0,8%).

Figura 2 – Localização das Unidades de Conservação da UGRHI-22.



Fonte: OLIVEIRA (2021)

De acordo com a organização dos dados do IF (2010) realizada pelo CBH-PP (2016), a vegetação nativa ocupa uma área de 1.000,32 km², contabilizando 8.084 fragmentos de vegetação, com tamanho médio de 0,12 km. Nesta região existem cinco Unidades de Conservação (UCs): o supracitado PEMD (33.845,33 ha); a Estação Ecológica do Mico Leão Preto (quatro fragmentos totalizando 6.680 ha); a Área de Proteção Ambiental Ilhas e Várzeas do Rio Paraná (apenas 13.280 ha inseridos na UGRHI-22); a Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Mosquito (2.195,9 ha); e a Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Vista Bonita (1.069,1 ha) (CBH-PP, 2016) (Figura 2).

3.2 Mapeamento dos fragmentos florestais

O mapeamento dos fragmentos florestais da UGRHI-22 foi realizado tomando como base o banco de dados de *shapefiles* disponibilizado pela FBDS. O projeto de levantamento da FBDS abrangeu boa parte do território nacional, gerando um conjunto de dados referentes ao uso e cobertura do solo por meio da fotointerpretação de imagens captadas por meio do conjunto de satélites RapidEye no ano de 2013. A escala de digitalização das feições utilizada pelo projeto foi de 1:10.000, o que representa uma análise de nível local e, portanto, apropriada para a identificação de alvos tipificados como formação florestal. A validação dos dados deste mapeamento atingiu uma acurácia de 95% (FBDS, 2CBH013). Para a manipulação dos dados espaciais e a realização dos cálculos de área e perímetro dos fragmentos, utilizamos o software ArcGis® em sua versão 10.5. A Manipulação da informação espacial e a geração de novos arquivos vetoriais foi realizada tomando como base a projeção UTM (Universal Transverse Mercator) e o Datum SIRGAS 2000.

Pelo fato do mapeamento da FBDS proporcionar um conjunto de arquivos vetoriais poligonais que abrangem seis classes de uso e ocupação separadas por limites municipais – e, inclusive, destacando os municípios pertencentes ao Território de Cidadania Pontal do Paranapanema -, utilizamos a ferramenta *merge* do ArcGis para remover os limites municipais a fim de possibilitar a interpretação do conjunto de dados espaciais a partir de um recorte superior ao municipal. Para a extração dos dados inseridos no recorte espacial referentes aos limites da UGRHI-22, utilizamos o *shapefile* advindo do trabalho realizado pelo Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC) do ano de 2011 (IGC, 2011), que realizou a delimitação

das UGRHIs do estado para a escala espacial 1/1.000.000. Para a realização da extração supracitada dos dados, utilizamos a ferramenta *clip* do ArcGis.

A próxima etapa realizada consistiu na utilização da função *calculadora de valores* da *tabela de atributos* do ArcGis, objetivando a aquisição dos valores de área dos fragmentos (ha) e de seu perímetro (m). Em posse de tais valores referentes à individualidade de cada fragmento inserido no recorte espacial sob análise, utilizamos a função *select by attributes*, capaz de discriminar quais polígonos devem ser identificados/selecionados – no caso deste trabalho, os intervalos de área (ha) dos fragmentos –, para finalmente exportar a determinada seleção identificada pelo software como um novo arquivo *shapefile*.

Com a finalidade de realizar uma caracterização dos fragmentos florestais não somente ao nível da totalidade da paisagem, distribuímos este conjunto amostral em quatro classes de tamanho. Com esse parcelamento, pudemos efetuar o cálculo das métricas da paisagem também para cada classe de tamanho - o que nos forneceu um total de cinco conjuntos de resultados passíveis de comparação entre si. Para tanto, cabe mencionarmos o critério utilizado para a classificação de fragmentos de tamanhos próximos aos limites das classes. Assim, o limite inferior da classe sempre irá incluir valores de tamanho iguais ou superiores ao seu próprio valor (*i.e.*, = ou > que x); ao passo que o limite superior da classe irá considerar apenas valores inferiores ao seu próprio valor (*i.e.*, < que x).

Para este estudo, adotamos a seguinte classificação com base no tamanho dos fragmentos florestais: pequenos (1 a 10 ha); médios (10 a 100 ha); grandes (100 a 1000 ha); e muito grandes (maiores que 1000 ha). Pelo fato de adotarmos o valor de 50 m para a criação do buffer representando o alcance do efeito de borda sobre os fragmentos, e no contexto de um círculo perfeito isso representar a presença de áreas centrais em fragmentos que contenham pelo menos 0,78 ha, adotaremos o valor de 1 ha (10.000 m²) como limite inferior do campo amostral dos fragmentos analisados.

3.3 Análise dos fragmentos florestais com base nas métricas da paisagem

O cálculo dos valores de área e de perímetro dos fragmentos da UGRHI-22 resultou no conjunto de resultados fundamental ao emprego das métricas da paisagem. Para a obtenção dos valores referentes às métricas da paisagem, utilizamos duas extensões: *Patch Analyst* em sua versão 5.2.0.16 e; *V-LATE* em sua versão 2.0 BETA.

Pelo fato das extensões que realizam as métricas da paisagem fornecerem, como mencionado anteriormente, um número de métricas reduzido em comparação ao software *Fragstats*, e também pelo entendimento por parte de seus desenvolvedores de que o conjunto de métricas por estas extensões fornecidas serem as principais para a realização dos estudos de ecologia de paisagem, adotamos um total de 16 (dezesesseis) métricas que consideramos serem capazes de fornecer os resultados almejados por este trabalho.

A fim de expressar a informação com maior clareza, realizamos a organização das métricas, suas siglas, unidades de medida e significados através da tabela que se segue:

Tabela 1 – Métricas de Ecologia da Paisagem geradas ao nível de classe pelo *Patch Analyst* para os fragmentos florestais.

Grupo	Sigla	Métrica	Unidade	Observação
Área	CA	Área da classe	Hectare (ha)	Somatório das áreas de todas as manchas ou fragmentos florestais presentes na área em estudo.
Densidade, tamanho e variabilidade	MPS	Tamanho médio da mancha	Hectare (ha)	Soma do tamanho das manchas dividido pelo número de manchas
	NUMP	Número de manchas	Adimensional	Número total de manchas na classe ou na paisagem.
	PSSD	Desvio padrão do tamanho da mancha	Hectare (ha)	Razão da variância do tamanho das manchas.
	PSCoV	Coefficiente de variação do tamanho da mancha	Porcentagem (%)	Desvio padrão do tamanho da mancha dividido pelo tamanho médio da mancha, multiplicado por 100.
Borda	TE	Total de bordas	Metro (m)	Extremidade total de todas as manchas. É a soma de perímetro de todas as manchas.
	ED	Densidade de borda	m/ha	Quantidade de extremidades relativas à área da paisagem.
Forma	MSI	Índice de forma médio	Adimensional	É igual a 1,0 quando todas as manchas forem circulares e aumenta com a crescente irregularidade da forma da mancha.
	AWMSI	Índice de forma de área média ponderada	Adimensional	Difere do MSI, porque manchas maiores terão maior peso que as menores.
Área Central	TCA	Área central total	Hectare (ha)	O tamanho total das manchas centrais.
	TCAI	Índice de área central total	Porcentagem (%)	Medida da quantidade relativa de área central na paisagem.
	CACoV	Coefficiente de variação de área central	Porcentagem (%)	Representa a variabilidade em tamanho das áreas centrais disjuntas em relação à área central média.
	CASD	Desvio padrão da área central	Hectare (ha)	Raiz da variância da média das áreas centrais.
	NCA	Número de áreas centrais	Adimensional	Número total de áreas centrais dentro de cada mancha ao nível de classe ou dentro da paisagem.
	MCA	Área central média	Hectare (ha)	O tamanho médio das manchas de área central.
Proximidade	MNN	Distância média do vizinho mais próximo	Metro (m)	A distância média do vizinho mais próximo é a média destas distâncias para classes individuais ao nível de classe e a distância média da classe vizinha mais próxima ao nível de paisagem.

Fonte: Adaptado de McGarigal e Marks (1995); PIROVANI (2010).

A seguir, apresentamos o conjunto de fórmulas de cada uma das métricas calculadas para a integralidade da paisagem e também para as classes de tamanho. O arranjo metodológico de apresentação dessas informações está pautado no trabalho realizado por Pirovani (2010).

3.3.1 Métricas de Área

a) Área da classe (CA)

$$CA = \sum_{i=1}^n C_i$$

Em que:

CA = soma das áreas de todas as manchas que pertencem a uma determinada classe, ha; e

C_i = área da i-ésima mancha correspondente à classe avaliada, ha.

3.3.2 Métricas de Tamanho e Variabilidade

a) Tamanho médio dos fragmentos (MPS):

Calculado com base na área total da classe e do número de fragmentos desta classe, obtendo-se a estimativa do tamanho médio para seus fragmentos.

$$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{\sum n_i}$$

Em que:

MPS = tamanho médio dos fragmentos, ha;

a_{ij} = área do fragmento i na classe j;

j = 1 a n número de fragmentos; e

n_i = número de fragmentos da classe.

b) Número de manchas (NUMP)

Quantifica o número de fragmentos existentes em cada classe ou paisagem.

$$NUMP = \sum n_i$$

Em que:

NUMP = número total de manchas ou fragmentos dentro de uma mesma classe ou paisagem; e

n_i = quantidade de manchas de uma classe se NUMP for a nível de paisagem ou uma mancha ou fragmento se NUMP for a nível de classe.

c) Desvio padrão do tamanho médio dos fragmentos (PSSD)

É uma medida de variação absoluta que expressa o quanto os valores observados variam em relação à sua média.

$$PSSD = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \left[a_{ij} - \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} \right) \right]^2}{n_i}}$$

Em que:

PSSD = desvio padrão do tamanho médio dos fragmentos, ha;

a_{ij} = área do fragmento i na classe j ;

$j = 1$ a n número de fragmentos; e

n_i = número de fragmentos da classe.

d) Coeficiente de variação do tamanho médio dos fragmentos (PSCoV)

É uma medida de variação relativa que quantifica a variação dos dados em função da média.

$$PSCoV = \frac{PSSD}{MPS} \times 100$$

Em que:

PSCoV = coeficiente de variação do tamanho médio dos fragmentos, %;

PSSD = desvio padrão do tamanho dos fragmentos, ha; e

MPS = tamanho médio dos fragmentos, ha.

3.3.3 Métricas de Borda

a) Total de Bordas (TE)

O total de bordas representa a soma dos perímetros de todas as bordas dentro da classe ou paisagem.

$$TE = \sum_{i=1}^n e_i$$

Em que:

TE = soma de todas as bordas da classe ou paisagem, m; e

e_i = borda (perímetro) da i -ésima mancha.

b) Densidade de bordas (ED)

Representa a quantidade de bordas relativa à área da classe ou paisagem.

$$ED = \frac{TE}{CA}$$

Em que:

ED = densidade de bordas, m/ha;

TE = total de bordas, m; e

CA = área total da classe.

3.3.4 Métricas de Forma

a) Índice de forma média (MSI):

Expressa a forma média dos fragmentos da classe avaliada, em função da razão média perímetro/área de seus fragmentos, comparada a uma forma padrão. Quando se utiliza o formato vetorial ou de polígono para os mapas, a forma padrão é representada por um círculo, quando se utiliza o formato raster para os mapas, essa forma padrão se constitui em um quadrado. Dessa maneira, o índice de forma médio é igual a 1 quando todas as manchas ou fragmentos forem circulares (para polígonos)

ou quadrados (para raster) e aumenta com irregularidade de forma de mancha crescente.

$$MSI = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{0,25 p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}} \right)}{n_i}$$

Em que:

- MSI = índice de forma média;
- p_{ij} = perímetro do fragmento ij ;
- a_{ij} = área do fragmento i na classe j ;
- $j = 1$ a n número de fragmentos; e
- n_i = número de fragmentos da classe.

b) Índice de forma média ponderado pela área (AWMSI):

É calculado de maneira semelhante ao índice de forma média (MSI), no entanto a média é ponderada de acordo com a área dos fragmentos. Deste modo, os fragmentos de maior tamanho recebem um peso maior.

$$AWMSI = \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{0,25 p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}} \right) \times \left(\frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \right) \right]$$

Em que:

- AWMSI = índice de forma médio ponderado pela área;
- P_{ij} = perímetro do fragmento ij ;
- a_{ij} = área do fragmento i na classe j ; e
- $j = 1$ a n número de fragmentos.

3.3.5 Métricas de Área Central

Para a escolha do valor utilizado no cálculo dos buffers relativos ao alcance dos efeitos de borda na vegetação de nossa parcela de análise, tomamos como base os estudos de Primack & Rodrigues (2001), Sampaio (2011), Rodrigues (2018), Vieira (2016) e Holanda *et al.* (2010). Os resultados destes estudos apontaram que as perturbações ocasionadas pela existência de bordas adentraram até 50m o interior

dos fragmentos. Portanto, para a criação do buffer interno representando o alcance dos efeitos de borda, adotamos o valor de 50m.

a) Índice de área central total (TCAI):

Quantifica a porcentagem da classe ocupada com área central, após a retirada da faixa referente ao efeito de borda. Para os índices de área central, considerou-se uma faixa com largura de buffer de 50 m representando o efeito de borda. O TCAI é expresso pela fórmula:

$$TCAI = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}^e}{\sum_{j=1}^n CA} \times 100$$

Em que:

TCAI = índice de área central total, % (0-100);

a_{ij}^e = área interior do fragmento ij ; e

$j = 1$ a n número de fragmentos.

b) Número de fragmentos com área central (NCA):

Expressa o número de fragmentos que possuem área central para o efeito de borda considerado, após a retirada do efeito de borda, para cada classe. É determinado pela fórmula:

$$NCA = \sum_{j=1}^n n_{ij}^e$$

Em que:

NCA = número de fragmentos com área central;

n_{ij}^e = número de áreas interiores dos fragmentos; e

$j = 1$ a n número de fragmentos.

3.3.6 Métricas de Proximidade

a) Distância média do vizinho mais próximo entre fragmentos (MNN):

Quantifica a distância média de borda a borda entre os fragmentos de mesma classe, calculado pela fórmula:

$$MNN = \frac{\sum_{j=1}^n h_{ij}}{n'_i}$$

Em que:

MNN = distância média do vizinho mais próximo, m;

h_{ij} = distância (m) mínima do fragmento ij ao vizinho mais próximo de mesma classe; e

n'_i = número de fragmentos da classe i na paisagem, que tenham vizinho próximo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

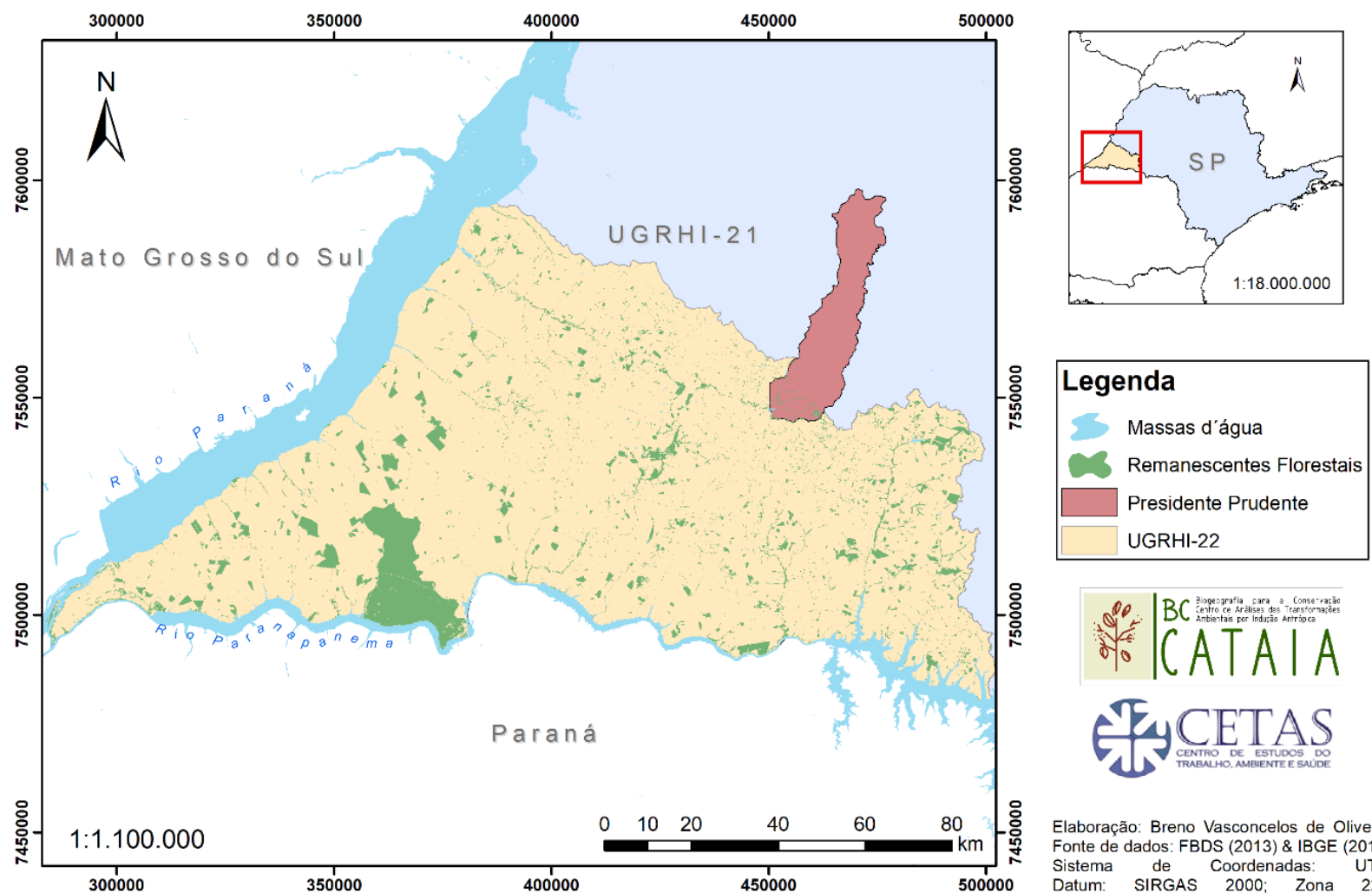
Neste capítulo, discorreremos acerca dos resultados obtidos a partir do emprego dos cálculos de estrutura espacial referentes a Ecologia da Paisagem sobre os remanescentes florestais da UGRHI-22. Para tanto, buscaremos a representação dessas informações, por exemplo, via tabulação dos resultados e também por meio de produtos cartográficos. Para além da apresentação dos resultados, agregamos, para cada tópico que se segue, discussões tratando de interpretar e evidenciar os valores de cada métrica referentes a estrutura espacial dos remanescentes da área de estudo.

4.1 Análise dos fragmentos florestais com base nas métricas da paisagem

De acordo com o levantamento realizado, pudemos identificar a presença de 4.823 fragmentos florestais de tamanho igual ou superior a 1 ha no recorte espacial referente a UGRHI-22 (Figura 3). A área total ocupada pelos fragmentos é de 105.578 ha, o que equivale a 8,56% da área total de 1.233.389 ha.

O maior fragmento contínuo identificado foi a porção sul do PEMD, com uma área de 20.465,23 ha, o que equivale a 45,01% do total da área de sua classe de tamanho (*i.e.*, fragmentos “muito grandes”). Cabe notar que o PEMD não é considerado um fragmento contínuo pelo fato da rodovia estadual SP-613 cortá-lo longitudinalmente mais ou menos em sua região central - um empreendimento que suprimiu 70 ha da área do parque no ano de 1970 (SÃO PAULO, 2006).

Figura 3 – Fragmentos de cobertura vegetal arbórea remanescentes na UGRHI-22.



Fonte: OLIVEIRA (2021)

4.1.1 Métricas de Área

Tabela 2 – Resultados das métricas de área em função das classes de tamanho.

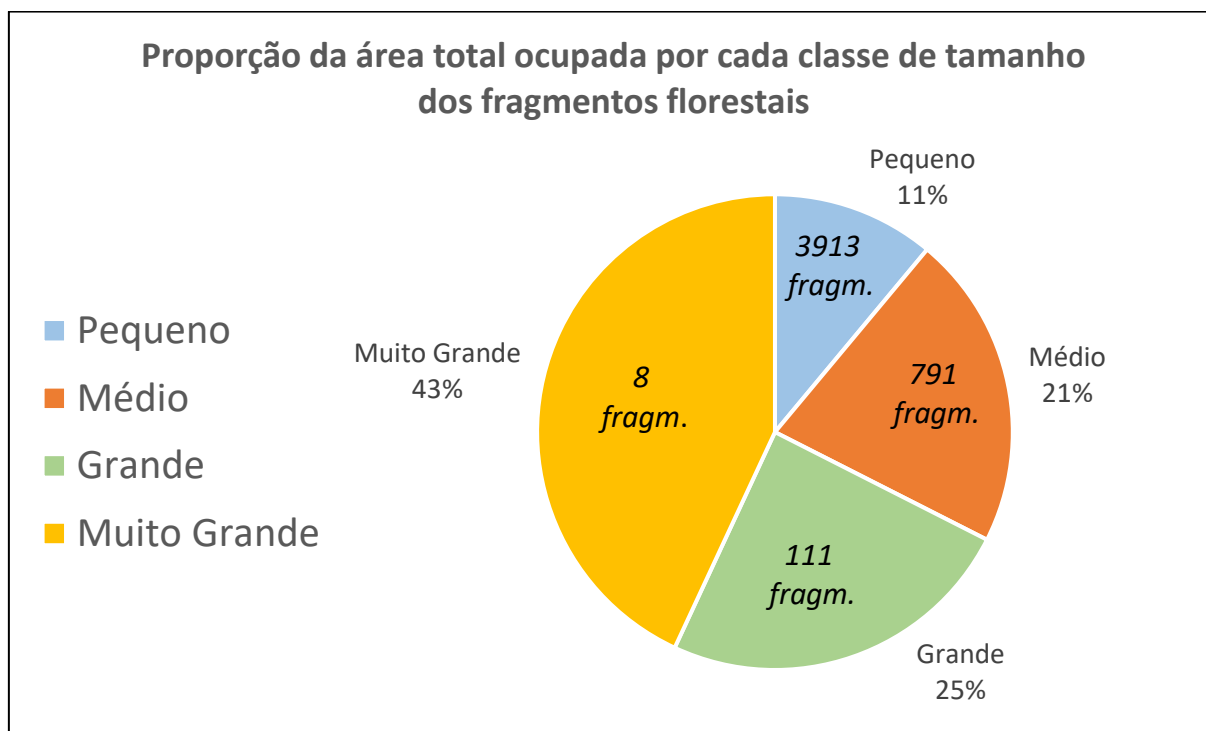
Grupo	Sigla	Unidade	Classes de Tamanho				Geral
			Pequeno (1 - 10 ha)	Médio (10 - 100 ha)	Grande (100 - 1000 ha)	Muito Grande (>1000 ha)	
Área	CA	Hectare (ha)	11.676,9	22.610,2	25.818,9	45.472,3	105.578

* CA (Área de todas as manchas da classe).

Fonte: O autor (2021)

Do número total de fragmentos identificados na UGRHI-22, 3.913 (81,13%) possuem tamanho entre 1 e 10 ha; 791 (16,4%) possuem tamanho entre 10 e 100 ha; 111 (2,3%) possuem tamanho entre 100 e 1000 ha; e apenas 8 (0,17%) possuem tamanho superior a 1000 ha. Tais dados evidenciam a proeminência de pequenos fragmentos na área de estudo, o que denota a realidade de uma paisagem altamente fragmentada.

Figura 4 – Relação entre a proporção da área total ocupada por cada classe de tamanho e o número de representantes de cada uma destas classes.



Fonte: OLIVEIRA (2021)

Ao distribuímos o número de fragmentos de cada classe em função da área ocupada pela classe (Figura 4), podemos identificar entre tais variáveis um padrão inversamente proporcional. Assim, apesar de a classe de tamanho de fragmentos “muito grande” conter apenas 8 representantes, estes somam o equivalente a 43% da área ocupada por fragmentos florestais da UGRHI-22. Ainda neste sentido, a classe de tamanho “grande”, que contém 111 representantes, ocupa uma área equivalente a 25% do total de todos os fragmentos somados. Obedecendo esta tendência, as classes de tamanho “médio” e “pequeno” representam, respectivamente, 21% e 11% da área total ocupada pelos fragmentos florestais desta paisagem.

Com base nesses dados, podemos avaliar a significativa contribuição em termos de cobertura vegetal provida pelos fragmentos de tamanho muito grande na paisagem estudada. Assim, apesar de se constituir como a classe de tamanho com menor número de fragmentos representantes, essa se destaca por conter os maiores e mais bem preservados habitats da UGRHI-22, a exemplo de fragmentos de quatro das cinco UCs da região (PEMD; Estação Ecológica do Mico Leão Preto; Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Mosquito; e Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Vista Bonita).

Em outro extremo, a classe de tamanho de fragmentos pequenos, apesar de conter com folga o maior número de representantes, representa também a classe com menor contribuição em termos de área de cobertura vegetal. Ainda que tais fragmentos constituam manchas de habitat altamente restritivos para a sustentação de um grande número de espécies – bem como de espécimes –, vale reafirmarmos a importância destas manchas para, por exemplo, a movimentação da fauna pela extensão da paisagem – servindo, assim, como *trampolins ecológicos* (MACARTCHUR & WILSON, 1967; MCGARIGAL & MARKS, 1995). Para além disso, os pequenos e médios fragmentos devem ser recordados por sua importância para a implementação de projetos como corredores ecológicos e também visando a regeneração da vegetação nativa e, portanto, das relações ecológicas dessas áreas.

4.1.2 Métricas de Tamanho e Variabilidade

De acordo com os resultados obtidos pelo conjunto de métricas tabulados (Tabela 3), podemos constatar que a classe de tamanho “Muito Grande” apresentou o valor de 5.684,04 ha para o conjunto com tamanho médio destes fragmentos. Ao analisarmos tal dado em conjunção ao valor do PSSD desta classe (7.097,57 ha), podemos avaliar que seus representantes apresentam uma alta variabilidade em termos de tamanho absoluto. Tal valor indica que, em média, os representantes dessa classe tendem a flutuar em tamanho de maneira significativa perante o valor da média de tamanho desta classe (*i.e.*, 5.684,04 ha). Ao analisarmos o valor obtido pelo PScov para esta classe (124,87%) podemos perceber que, dentre as quatro classes de tamanho analisadas, tal classe é a que apresenta a maior variação proporcional média em relação à média de tamanho desta classe – o que reitera a existência de uma significativa variação de tamanho entre os 8 representantes dessa classe.

Tabela 3 – Resultados das métricas de densidade, tamanho e variabilidade em função das classes de tamanho.

Grupo	Sigla	Unidade	Classes de Tamanho				Geral
			Pequeno (1 - 10 ha)	Médio (10 - 100 ha)	Grande (100 - 1000 ha)	Muito Grande (>1000 ha)	
Tamanho e variabilidade	MPS	Hectare (ha)	2,98	28,58	232,6	5.684,04	21,89
	NUMP	Adimensional	3.913	791	111	8	4.823
	PSSD	Hectare (ha)	2,1	19,84	149,92	7.097,57	372,35
	PScov	Porcentagem (%)	70,38	69,41	64,45	124,87	1.700,94

* MPS (Tamanho médio da mancha); NumP (Número de manchas); PSSD (Desvio padrão do tamanho da mancha); PScov (Coeficiente de variação do tamanho da mancha).

Fonte: O autor (2021)

No caso da classe de tamanho “Grande”, podemos aferir que o tamanho médio dos fragmentos resultou no valor de 232,6 ha, apresentando valores de PSSD (149,92 ha) e PScov (64,45%), que indicam que essa classe de tamanho, quando comparada à classe de tamanho anterior, possui uma menor variabilidade no tamanho de seus fragmentos. Ainda, as classes de tamanho “Médio” e “Pequeno” apresentaram valores de variabilidade proporcional (PScov) relativamente semelhantes aos da classe de tamanho “Grande” (respectivamente, 69,41% e

70,38%), o que indica que os fragmentos destas três classes de tamanho tendem a variar de maneira semelhante em torno do tamanho médio de seus fragmentos.

Por fim, ao analisarmos o contexto geral da paisagem (*i.e.*, a aplicação das métricas sem distinção de classes de tamanho), podemos perceber que o valor referente ao tamanho médio dos fragmentos (MPS) da UGRHI-22 é de 21,89 ha para um total de 4.823 fragmentos florestais. Tal valor se aproxima do valor do tamanho médio (MPS) dos fragmentos da classe de tamanho “Médio” (28,58 ha), indicando a representatividade dessa classe de tamanho perante o campo amostral considerado.

Em termos de variabilidade, o contexto geral apresenta o mais expressivo valor de PScov (1.700,94%) - o que indica uma variabilidade extremamente alta em termos de tamanho dos fragmentos em torno do tamanho médio aferido em associação ao igualmente expressivo número de fragmentos maiores que 1 ha computados (4.823). Em outras palavras, por meio da análise dos dados, podemos constatar que os fragmentos florestais da região tendem a variar enormemente em termos de área. Tais dados podem indicar a existência de uma pretérita paisagem florestada, hoje, altamente recortada.

4.1.3 Métricas de Borda

As métricas de borda ofereceram valores contrastantes entre as classes de tamanho de fragmentos analisadas (Tabela 4). De início, ao que se refere aos valores obtidos pela métrica do total de borda (TE), que indica o valor absoluto referente à extensão do total de bordas de cada classe de tamanho, podemos identificar uma relação inversamente proporcional ao tamanho destes fragmentos. Ou seja, constatamos que quanto menores os fragmentos, maior proporção perímetro-área são computadas. Ao analisarmos os valores referentes à métrica densidade de borda (ED), que permitem uma comparação entre as classes de tamanho mais pertinente devido à realização de uma normalização entre a extensão das bordas em função do tamanho (ha) desses fragmentos, podemos constatar a presença da mesma relação numérica de caráter inversamente proporcional existente na métrica anterior.

Tabela 4 – Resultados das métricas de borda em função das classes de tamanho.

Grupo	Sigla	Unidade	Classes de Tamanho				Geral
			Pequeno (1 - 10 ha)	Médio (10 - 100 ha)	Grande (100 - 1000 ha)	Muito Grande (>1000 ha)	
Borda	TE	Quilômetro (km)	5.244,69	4.235,89	1.978,70	761,57	12.220,80
	ED	m/ha	449,15	187,34	76,64	16,75	115,75

* TE (Total de bordas); ED (Densidade de borda).

Fonte: O autor (2021)

Assim, podemos constatar que os menores fragmentos da UGRHI-22 são os que tenderão a apresentar maior quantidade de bordas, com uma proporção média de 449,15 metros de borda por hectare. Ainda neste sentido, as classes de tamanho de fragmentos médio e grande apresentam respectivamente os valores para ED de 187,34 m/ha e 76,64 m/ha, obedecendo a tendência de quanto maiores os fragmentos menores quantidades de borda estes tenderão a apresentar. Prosseguindo, a classe de tamanho de fragmentos muito grandes é a que apresenta a menor quantidade tanto absoluta quanto relativa de bordas quando em comparação às outras classes analisadas, com um valor médio de 16,75 m/ha para a métrica ED.

Portanto, apesar de os fragmentos de menor tamanho da UGRHI-22 apresentarem uma pequena contribuição em termos de área ocupada, estes, por outro lado, são os que apresentam a maior contribuição em termos de quantidade de bordas. No contexto real da paisagem analisada, verifica-se que um alto valor das métricas de borda explicita a existência de fragmentos com formas mais distantes de um círculo (o formato preferível em vias do fragmento estar menos propenso ao efeito de borda).

No que concerne à saúde do habitat das formas de vida animal e vegetal ali existentes, a maior quantidade de bordas decorrida de fragmentos com formas mais complexas pode se materializar como um fator limitante para a existência de determinados organismos (VIANA, TABANEZ, MARTINEZ, 1992). Tal fato decorre, por exemplo, dos níveis de tolerância de ordem fisiológica inerentes a estes organismos em associação as características alteradas das bordas (e.g., alterações microclimáticas, interação com espécies invasoras, poluição advindas de uma matriz antropizada, etc.) (MURCIA, 1995).

Por outro lado, algumas espécies podem se beneficiar da existência de bordas, a exemplo de espécies vegetais pioneiras e/ou de sub-bosque – melhor

adaptadas às condições microclimáticas alteradas dessa região dos fragmentos. Ainda, devemos levar em conta que, como apontam Gouveia e Paes (2017), os fragmentos tendem a se deteriorar a partir de seu limite externo e, portanto, quanto maior for sua relação perímetro-área mais suscetíveis tenderão a estar às perturbações externas.

Ao compararmos a densidade de borda (ED) do contexto geral da paisagem (115,75 m/ha) com a da classe de fragmentos muito grandes (16,75 m/ha), podemos constatar quão afastada se encontra essa classe da tendência geral da UGRHI-22. Tal valor tão abaixo das outras classes analisadas denota a importância da existência dos fragmentos de grande tamanho para a manutenção e sustentação da complexidade das relações ecológicas existentes em seu interior (GILPIN & HANSKI, 1991 apud MCGARIGAL & MARKS, 1995; KAREIVA, 1990 apud MCGARIGAL & MARKS, 1995), mas também em seus arredores – dado o fato de que são os maiores fragmentos que tenderão a armazenar os mais longevos e bem preservados bancos genéticos das espécies mais exigentes e, por consequência, mais ameaçadas da região .

4.1.4 Métricas de Forma

As métricas de forma são pautadas na realização de cálculos referentes à relação perímetro-área dos fragmentos. Para a realização desses cálculos, o software *Patch Analyst* – do mesmo modo que o faria o software *FRAGSTATS* (MCGARIGAL & MARKS, 1995) – toma como referência a forma de um círculo para representar o valor padrão de 1. Em outras palavras, quão mais próximo do valor 1 estiver um determinado fragmento, mais próximo ao formato de um círculo também este estará e; ainda neste sentido, quão mais distante do valor 1 estiver o fragmento, mais irregular será sua forma. Vale ressaltar que no caso das métricas MSI e AWMSI, os valores irão variar de 1 ao infinito.

A escolha pelo formato de um círculo, como já fora mencionado no capítulo que trata das métricas de Ecologia da Paisagem, se dá pelo entendimento deste formato representar a possibilidade com menor proporção perímetro-área possível (MCGARIGAL & MARKS, 1995). Assim, entre dois fragmentos com um mesmo valor de área, porém com formatos diferentes, será – em termos ecológicos – mais saudável o fragmento que apresentar a forma menos irregular, isto é, com formato mais

semelhante à de um círculo. Os fragmentos encontrados em meio natural ou antropizado tendem a apresentar formas pouco semelhantes à de um círculo, por tal razão a utilização de tais métricas de forma se configura como uma conveniente maneira de se comparar a sujeição de determinados habitats a determinadas perturbações (e.g., efeitos de borda).

Os dados obtidos (Tabela 5) apontam para uma tendência de que os maiores fragmentos apresentem, também, as formas mais irregulares (*i.e.*, menos circulares). Deste modo, a classe de fragmentos “Pequenos” é a que apresenta os fragmentos com formatos mais regulares, apresentando um Índice de forma médio (MSI) de 2,25. Obedecendo tal tendência, as classes de fragmentos “Médio” (MSI= 2,93) e “Grande” (MSI= 3,31) apresentam formas mais irregulares que as de sua classe antecessora. Por fim, a classe de fragmentos “Muito Grande” é a que possui os representantes com formas mais irregulares, apresentando um valor para MSI de 4,2.

Tabela 5 – Resultados das métricas de forma em função das classes de tamanho.

Grupo	Sigla	Unidade	Classes de Tamanho				Geral
			Pequeno (1 - 10 ha)	Médio (10 - 100 ha)	Grande (100 - 1000 ha)	Muito Grande (>1000 ha)	
Forma	MSI	Adimensional	2,25	2,93	3,31	4,2	2,39
	AWMSI	Adimensional	2,37	3,01	3,61	4,1	3,56

* MSI (Índice de forma médio); AWMSI (Índice de forma de área média ponderada).

Fonte: O autor (2021)

Ao comparamos tais valores aos da métrica seguinte (AWMSI), podemos perceber que, apesar desta segunda levar em consideração o tamanho dos fragmentos para a formulação do índice em questão, ainda assim, os valores pouco se alteram em relação à métrica anterior (MSI). Ou seja, por mais que o valor do índice tenha decrescido quanto maior for o fragmento, e também tenha este aumentado quanto menor o fragmento a tendência, anteriormente mencionada, de maior irregularidade dos fragmentos conforme maior seu tamanho ainda segue presente.

Para o contexto geral da paisagem, destacamos a significativa diferença entre MSI (2,39) e AWMSI (3,56). Tal diferença se deve ao fato de a segunda métrica levar em consideração a contribuição dos fragmentos de maior tamanho que apresentam formas mais irregulares (valores mais distantes de 1), elevando o valor do índice

quando em comparação ao da primeira métrica. Em todo caso, por conta de o valor estar bastante acima de 1, podemos constatar que os fragmentos da UGRHI-22 tendem a apresentar formatos pouco regulares.

Pudemos constatar que, diferentemente de uma hipótese inicial, os maiores fragmentos tenderam a apresentar formas mais irregulares que os menores fragmentos. Contudo, verificamos que outros estudos, como de Pirovani (2010) no estado do Espírito Santo e Oliveira (2011) em Minas Gerais, também encontraram resultados indicando fragmentos de maior tamanho possuindo formas mais irregulares em comparação aos menores.

Por fim, vale ressaltar que apesar de termos verificado que os maiores fragmentos são os que apresentam formas mais irregulares, devemos considerar que estes ainda são os que apresentam maior tamanho. Assim, apesar dos fragmentos menores terem apresentado formas mais irregulares, deve se levar em conta que a capacidade de penetração dos efeitos de borda sobre estes será mais significativa em termos de comprometimento de habitat. Neste sentido, mesmo no caso de os menores fragmentos apresentarem um fator de forma mais próximo de 1, seu tamanho reduzido será o principal determinante para a impossibilidade de sustentação de relações ecológicas mais adensadas e complexas. Por analogia, apesar de apresentarem formas mais irregulares, os maiores fragmentos terão seu interior menos afetado pelo alcance dos efeitos de borda (MACARTHUR & WILSON, 1967; MCGARIGAL & MARKS, 1995).

4.1.5 Métricas de Área Central

A área central dos fragmentos é constituída por sua porção interna excluindo-se a área afetada pelos efeitos de borda. A porção de área central é diretamente determinada pelo tamanho e formato do fragmento em questão, constituindo um indicativo mais apropriado de qualidade ambiental do que apenas seu tamanho (MCGARIGAL & MARKS, 1995).

Deste modo, determinados fragmentos poderiam apresentar tamanhos que indicassem uma boa probabilidade de sustentar determinadas relações ecológicas. Porém, ao levarmos em conta pretensos formatos alongados, poderíamos chegar à conclusão de que tais fragmentos não apresentam área central relevante (ou mesmo nenhuma) para tanto. Para verificarmos a porção de área central existente adotamos,

como mencionado no tópico 3.3.5, foi considerado o valor equivalente à penetração dos efeitos de borda de 50 m – representando o alcance destes no específico caso das florestas estacionais semidecíduas, conforme apontam Primack & Rodrigues (2001), Sampaio (2011), Rodrigues (2018), Vieira (2016) e Holanda *et al.* (2010).

Tabela 6 – Resultados das métricas de área central em função das classes de tamanho.

Grupo	Sigla	Unidade	Classes de Tamanho				Geral
			Pequeno (1 - 10 ha)	Médio (10 - 100 ha)	Grande (100 – 1000 ha)	Muito Grande (>1000 ha)	
Área Central	TCA	Hectare (ha)	673	9.231,65	18.415,2	42.364,2	70.684,1
	TCAI	Porcentagem (%)	9,24	28,53	60	89,26	79,87
	CACoV	Porcentagem (%)	171,36	217,23	219,6	555,42	2.206,67
	CASD	Hectare (ha)	0,72	10,66	82,87	2.451,02	383,71
	NCA	Adimensional	1.600	1.881	488	96	4.065
	MCA	Hectare (ha)	0,42	4,91	37,74	441,29	17,39

* TCA (Área central total); TCAI (Índice de área central total); CACoV (Coeficiente de variação de área central); CASD (Desvio padrão de área central); NCA (Número de áreas centrais); MCA (Área central média).

Fonte: O autor (2021)

O cálculo do conjunto de métricas de área central para a classe de pequenos fragmentos apontaram um valor de área central total (TCA) de 673 ha, o equivalente a apenas 9,24% da área total deste conjunto de fragmentos (TCAI). Portanto, tal dado expressa que 90,76% da área total do conjunto de fragmentos dessa classe (11.676,9 ha) encontra-se afetada pela penetração dos efeitos de borda (Tabela 6).

Ainda ao que se refere à classe de tamanho de pequenos fragmentos, foi encontrado o número de 1.600 áreas centrais (NCA) de um total de 3.913 fragmentos analisados, indicando que muitos dos fragmentos dessa classe não apresentam áreas centrais. Ao dividirmos a área central total (TCA) dessa classe pelo número total de áreas centrais (NCA), obtivemos o valor de 0,42 ha como área central média (MCA) – um valor que indica a existência de manchas de habitat muito pequenas e, portanto, altamente suscetíveis ao alcance das intervenções das matrizes que circundam estes pequenos fragmentos.

O desvio padrão de área central (CASD) para a classe de pequenos fragmentos indica uma variação absoluta média de 0,72 ha em relação à área central média (MCA) dessa classe, representando uma pequena variação e, portanto, um conjunto de áreas centrais de tamanho relativamente homogêneo. Tal homogeneidade pode ser confirmada pelo menor valor de CACoV (171,36%) encontrado dentre todas as classes verificadas. Porém, deve-se ressaltar que tal homogeneidade se deve, também, à menor amplitude de tamanho desta classe em relação às outras e, portanto, à existência de um campo amostral contendo representantes com tamanhos mais similares.

A classe de fragmentos de tamanho médio apresentou um total de 9.231,65 ha de área central total (TCA), o que representa uma contribuição quase 13 (treze) vezes superior ao da classe de fragmentos pequenos, mesmo tendo a primeira um menor número de representantes (791 fragmentos) que esta última (3.913 fragmentos). Ainda para esta classe, o valor de TCAI verificado foi de 28,53% - um valor virtualmente três vezes superior ao da classe anterior. Dentre todas as classes, esta foi a que apresentou maior contribuição em termos de número de áreas centrais (NCA=1.881).

A classe de fragmentos de tamanho médio apresenta um valor de área central média (MCA= 4,91 ha) superior à classe anterior, evidenciando a importância de se preservar a integridade ambiental destes exemplares, dado o fato de que as áreas centrais destes fragmentos devem apresentar condições favoráveis à manutenção e sustentação de relações ecológicas mais proeminentes. Por outro lado, o valor obtido da métrica CACoV (217,23%) indica que o tamanho das áreas centrais dessa classe tende a apresentar uma alta variabilidade em relação ao valor de tamanho médio das áreas centrais dessa classe. Em outras palavras, este valor indica que os representantes dessa classe apresentam tamanhos bastante acima e/ou abaixo do valor de MCA (4,91 ha); o que pode inferir a existência de numerosos fragmentos com área central superior ao do valor de MCA – o que vai ao encontro do que afirma Pirovani (2010).

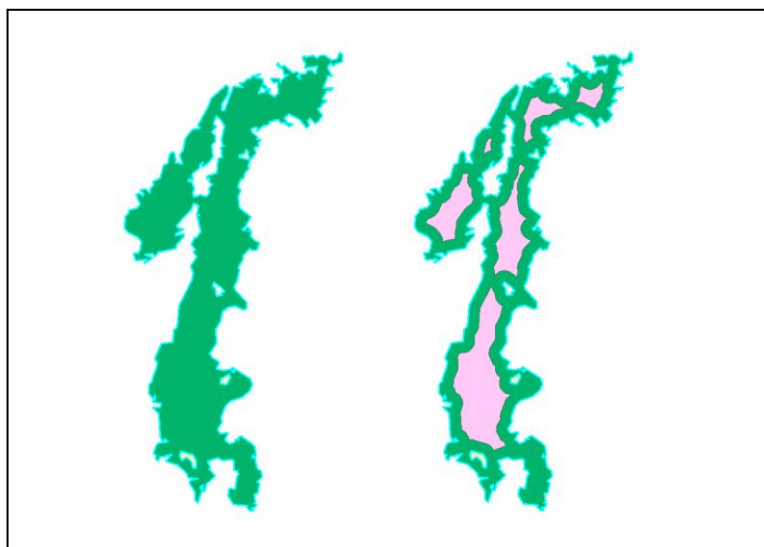
Ao analisarmos a classe de fragmentos grandes, obtivemos o valor de área central total (TCA) de 18.415,2 ha - o segundo maior valor dentre as classes analisadas -, representando uma porção total de 60% da área destes fragmentos com baixo nível de alteração devido as perturbações atreladas aos efeitos de borda. Analogamente, esta que apresenta o com segundo maior valor de área central média

(MCA= 37,74 ha), com uma variabilidade no tamanho das áreas centrais (CACoV= 219,6%) bastante semelhante ao da classe anterior.

A classe de fragmentos de tamanho muito grande apresentou os maiores valores de área central total (TCA= 42.364,2 ha) e de índice de área central (TCAI= 89,26%) dentre todas as classes analisadas. Dentre todos os contextos analisados (incluindo o contexto geral da paisagem), essa classe foi a que apresentou a maior proporção de área central em relação à área total ocupada pela somatória de fragmentos. Também, esta classe foi a que apresentou maior valor para CACoV (555,42%) dentre as quatro classes de tamanho, o que evidencia a existência de áreas centrais muito maiores e/ou menores que o tamanho médio de área central desta classe (MCA= 441,29 ha).

Vale ressaltar a numerosa presença de áreas centrais da classe de fragmentos de tamanho muito grande (NCA= 96), mesmo quando a mesma possui um total de apenas 8 (oito) representantes. Tais números representam uma proporção média de 12 áreas centrais por fragmento; constituindo, assim, a maior proporção média de áreas centrais por fragmento encontrada dentre todas as classes analisadas. Tal proporção pode ser explicada ao lembrarmos o fato desta classe ser a que apresenta formatos mais irregulares – fator que, somado ao grande tamanho destes exemplares, propicia a existência de numeras áreas centrais disjuntas dentro de um mesmo fragmento.

Figura 5 – Representação de um mesmo fragmento sem destaque (à esq.) e com destaque (à dir.) de suas áreas centrais.



Fonte: OLIVEIRA (2021)

Por fim, a realização dos cálculos referentes às métricas de área central do contexto geral da paisagem (*i.e.*, todos os fragmentos de tamanho igual ou superior a 1 ha) indicam que, da área total de cobertura florestal da UGRHI-22, em tese, 79,87% (TCAI) dessa área total não se encontra sobre influência dos efeitos de borda. Os fragmentos do recorte analisado apresentam um total de 4.065 áreas centrais (NCA) de um total de 4.823 fragmentos (Nump), com um tamanho médio de áreas centrais de 17,39 ha (MCA). O valor da métrica CACoV apontou para um coeficiente de variação dessas áreas centrais de 2.206,67%; valor que se explica por um numeroso e altamente diversificado campo amostral.

De maneira geral, verificamos que a proporção dos fragmentos configura uma variável determinante para o nível de comprometimento de habitat atrelado aos efeitos de borda. Neste sentido, os menores fragmentos tenderão a apresentar valores absolutos e também proporcionais de área central menores quando em comparação aos maiores fragmentos. Para além do tamanho, também vale ressaltar o papel da irregularidade das formas destes fragmentos; fato capaz desde gerar vários núcleos de áreas centrais até mesmo impossibilitar a existência destes dentro dos fragmentos.

4.1.6 Métricas de Proximidade

A métrica de distância média do vizinho mais próximo (MNN) auxilia no entendimento do grau de isolamento dos fragmentos analisados na paisagem. Ao compararmos as cinco situações analisadas, podemos verificar resultados significativamente diferentes (Tabela 7).

Tabela 7 – Resultados das métricas de proximidade em função das classes de tamanho.

Grupo	Sigla	Unidade	Classes de Tamanho				Geral
			Pequeno (1 - 10 ha)	Médio (10 - 100 ha)	Grande (100 - 1000 ha)	Muito Grande (>1000 ha)	
Proximidade	MNN	Metro (m)	357,92	909,96	2.706,79	12.880	229,93

* MNN (Distância média do vizinho mais próximo).

Fonte: O autor (2021)

Assim, a classe de tamanho de fragmentos pequenos apresentou o menor valor dentre as quatro classes estabelecidas, com uma distância média para o vizinho mais próximo redundando no valor de 357,92 m. A classe de tamanho dos fragmentos

médios apresentou um valor de MNN mais de duas vezes maior em relação à classe anterior, com 909,96 m. A classe de tamanho de fragmentos grandes, quando compara à classe anterior, apresentou um valor para MNN quase três vezes maior, com 2.706,79 m. Por fim, a classe de fragmentos muito grandes apresentou a maior distância média do vizinho mais próximo dentre todos os cenários analisados, com o valor de 12.880 m.

Ao considerarmos todos os fragmentos da paisagem da UGRHI-22, podemos identificar o menor valor para MNN entre todos os cenários analisados: 229,93 m. Podemos, portanto, verificar que os menores fragmentos tendem a se encontrar mais próximos entre si, diferentemente do caso dos fragmentos maiores. Tal tendência pode ser explicada por conta da representatividade numérica existente para cada classe. Portanto, pelo fato de a classe de fragmentos pequenos conter um número muito maior de fragmentos (3.913) quando comparada à de fragmentos muito grandes (8), seus representantes se encontrarão – como pode se verificar pela **Figura 3** – melhores distribuídos pela paisagem estudada; variáveis estas que determinam valores para MNN tão contrastantes.

De todo modo, a análise empreendida conclui que os fragmentos florestais da UGRHI-22 apresentam um grau de isolamento elevado. Por mais que os menores fragmentos tendam a apresentar menor distanciamento para seu vizinho mais próximo, estes, por si só, podem ser incapazes de sustentar certa complexidade de relações ecológicas em seu interior. Todavia, os pequenos fragmentos possuem a capacidade de funcionar como trampolins ecológicos entre ilhas de habitats de maior tamanho – estas, como demonstrado, geralmente muito distanciadas umas das outras –, prestando um serviço de manutenção da conectividade entre os fragmentos ao longo da paisagem ao diminuir o grau de isolamento entre estes (FORMAN & GODRON, 1986).

O trabalho de campo realizado para a construção desta pesquisa pôde oferecer informações de extrema relevância no que se refere aos constituintes do mosaico da paisagem da UGRHI-22. Dentre tais informações, pudemos identificar as matrizes dominantes dessa paisagem: extensas áreas de pastagens e monoculturas como a de cana-de-açúcar. Assim, ao contrapormos o dado obtido da distância média do vizinho mais próximo entre todos os fragmentos da paisagem com a realidade evidenciada de matrizes que formam um alto contraste para com um habitat florestal, podemos presumir que tal realidade se confere como limitante para a fluxo da biota

dessa região. Ora, se para algumas espécies animais determinadas matrizes podem constituir um fator que restringe seu deslocamento pela paisagem – como a exemplo de insetos ou pequenos mamíferos incapazes de transpor as plantações altamente quimificadas de cana-de-açúcar da região –, então estas matrizes estarão se constituindo como uma limitante à dinâmica existente entre os fragmentos (MURCIA, 1995).

Em outra perspectiva, a dispersão de sementes e a eventual colonização destas espécies se torna infrutífera dado o fato de serem poucas as chances de estas alcançarem um habitat que comporte sua existência. Ainda, mesmo que essas sementes possam vingar em uma paisagem alterada como uma pastagem – uma área facilmente alcançada pelo processo de dispersão de sementes pelo vento –, estas ainda serão combatidas pela manutenção humana sobre tais áreas, seja via aplicação de herbicidas, seja via extração manual.

5 CONCLUSÕES

Por meio do uso do banco de dados da FBDS e a realização dos cálculos das métricas da paisagem, os resultados obtidos permitiram representar a distribuição espacial dos remanescentes florestais da UGRHI-22 tanto a partir do mapa da espacialização dos fragmentos florestais quanto a partir dos resultados individuais de cada métrica. O banco de dados também proporcionou a realização dos cálculos referentes às métricas de Ecologia da Paisagem e, mais adiante, a tabulação e consequente análise desses resultados tanto em classes de tamanho quanto para o contexto geral da paisagem.

Os resultados obtidos apontaram a existência de um total de 4.823 fragmentos florestais com área igual ou superior a 1 ha no recorte espacial estudado (UGRHI-22). Ao realizarmos os cálculos para quatro classes de tamanho de fragmentos, verificamos que 81,13% dos fragmentos da região pertencem a classe de tamanho de pequenos fragmentos (1 - 10 ha). A classe de fragmentos de tamanho médio (10 - 100 ha) representa 16,4% do total de fragmentos; enquanto a classe de fragmentos de tamanho grande (100 - 1000 ha), apenas 2,3%. A classe de maiores fragmentos da região (> 1000 ha) contou com apenas 8 representantes, o equivalente a 0,16% do total.

Por outro lado, a contribuição em área de cada classe de tamanho seguiu uma tendência inversa. A classe de pequenos fragmentos correspondeu a apenas 11% do total da área de cobertura vegetal florestada da região; a de médios fragmentos correspondeu a 21%; a de grandes fragmentos, 25%; e, por fim, a de fragmentos muito grandes apresentou a maior contribuição de área florestada, com 43%. As 4 (quatro) UCs com as características de vegetação primária e avançado estágio de sucessão ecológica, encontraram-se na classe de tamanho de maiores fragmentos, o que explicita o valor de conservação dessas manchas de habitat para a biota da região. Fragmentos maiores possuem maior capacidade de suporte a populações animais e vegetais, comportando importantes bancos genéticos e, portanto, configurando-se como ecossistemas capazes de manter relações ecológicas e processos biogeoquímicos de maior complexidade e volume.

Quanto à forma, constatou-se a grande vulnerabilidade na maior parte desses fragmentos; dado que, apesar de os menores fragmentos apresentarem formas menos irregulares (mais próximas de um círculo) e, portanto, menor quantidade de

bordas, seu tamanho reduzido segue como um fator determinante para o comprometimento de grandes parcelas destes por conta da penetração dos efeitos de borda. Por outro lado, os maiores fragmentos, apesar de tenderem a possuir formas mais irregulares e, portanto, maior quantidade de bordas, têm a seu favor um valor de área que reduz o comprometimento proporcional dessas manchas de habitat, tornando-os menos vulneráveis.

Contudo, a associação dessas variáveis (*i.e.*, tamanho grande e forma irregular) demonstra a existência de várias áreas centrais dentro de um mesmo fragmento – situação menos preferível à existência de uma única área central. Ainda, as métricas de área central apontaram o comprometimento de 20,13% da área total dos fragmentos da região, o equivalente a 21.252,85 ha de área florestada sob alto efeito de borda.

As métricas de proximidade demonstraram que os pouco mais de 100 (cem) anos de ocupação humana de ascendência ultramarina, configuraram uma severa modificação das condições originais da paisagem da região. Em tempos pretéritos, a condição desse habitat era outra; com um vasto florestal altamente conectado e pulsante em termos ecológicos. Atualmente, o processo de fragmentação fez com que os já reduzidos exemplares - em número e área - da região se encontrem, também, em média, à uma distância de 229,93 m de seu vizinho mais próximo.

Para além da grande distância em termos de capacidade de movimentação da fauna e da dispersão de sementes, soma-se a isso a proeminência de pastagens e monoculturas utilizando-se de pesticidas e herbicidas para a manutenção dessas atividades – práticas estas que podem gerar situações de intransponibilidade para determinados organismos e, portanto, comprometer a conectividade entre fragmentos da paisagem.

Ainda ao que se refere à proximidade entre os fragmentos, observou-se que os menores fragmentos tendem a se encontrar mais próximos de outros do mesmo porte, ao passo que os maiores tendem a se encontrar muito distantes de outros exemplares de sua categoria – configurando a existência de grandes ilhas de habitat muito dispersas pela paisagem.

O movimento político-econômico que determina o mais recente *modus operandi* da relação homem-natureza na UGRHI-22 remete à publicação do Zoneamento Agroambiental para o Setor Sucroalcooleiro. Para o já precarizado panorama de qualidade ambiental dos fragmentos florestais e dos recursos hídricos

da região, a proliferação de práticas monocultoras altamente mecanizadas e quimificadas representa, mesmo a um curto prazo, um incremento na magnitude das perturbações que atingem a biota e as funções ecossistêmicas remanescentes.

Neste sentido, seja pela contaminação difusa de águas superficiais e subterrâneas (através dos químicos e fertilizantes); pela deriva técnica advinda da pulverização aérea sobre as lavouras alcançando fragmentos florestais; pela existência de um grande número de assentamentos rurais da região; presença de culturas de bicho-da-seda; pela inadequabilidade do solo da região em comportar lavouras intensivas devido à sua alta fragilidade a processos erosivos; ou mesmo pela somatória dessas tensões que perpetuam os conflitos entre os atores do campo, podemos inferir que o movimento político pretendido pelo ZAA não levou em consideração os aspectos socioambientais particulares da região.

No intuito de mitigar as consequências desse processo, faz-se imprescindível o cumprimento por parte dos proprietários de terras do que é disposto nos planos de manejo das Unidades de Conservação a fim de minimizar os impactos dessas lavouras sobre a floresta. E, analogamente, faz-se necessário o cumprimento do que é previsto pelo código florestal (lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012) e pela lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006 – que definem os critérios acerca das áreas de preservação permanente (APP).

O emprego de práticas agrícolas nocivas ao meio ambiente – consequência irresponsavelmente desconsiderada por governantes de todos os escalões no direcionamento e tomadas de decisões políticas – segue prerrogativas há séculos observadas neste país. Em vista disso, ressaltamos a cada vez mais urgente necessidade de as sociedades humanas adotarem do “princípio da precaução”, citado na publicação *The Rio Declaration on Environment and Development*.

A fim de proteger o meio ambiente, a abordagem da precaução deve ser amplamente aplicada pelos Estados de acordo com suas capacidades. Quando houver ameaças de danos sérios ou irreversíveis, a total falta de certeza científica não deve ser usada como razão para adiar medidas eficazes em termos monetários para evitar a degradação ambiental (RIO, 1992, p.3, tradução nossa).²

² In order to protect the environment, the precautionary approach shall be widely applied by States according to their capabilities. Where there are threats of serious or irreversible damage, lack of full scientific certainty shall not be used as a reason for postponing cost-effective measures to prevent environmental degradation.

Como medidas de mitigação, ressaltamos a importância e a necessidade do acréscimo de iniciativas almejando o incremento da conectividade dos fragmentos (*i.e.*, manchas de habitat) da região. Dentre as quais, podemos citar a criação de corredores de habitat e projetos de ampliação e/ou restauração de fragmentos florestais – empreendimentos capazes de salvaguardar espécies ameaçadas e de propiciar o enriquecimento de seu banco genético. Para tanto, torna-se imprescindível a ação coordenada entre o poder público, as esferas administrativas regionais, os donos de terras e, também, a população local; objetivando a construção de uma conscientização universalizada capaz de angariar fundos para a materialização das iniciativas supracitadas.

6 REFERÊNCIAS

ALBANEZ, A. C. M. P. **Caracterização dos Fragmentos Florestais a partir de Estudos de Ecologia da Paisagem para o Município de Ponte Nova**, MINAS GERAIS. Tese (*Magister Scientiae*) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2016.

ANDRADE, D. C. ROMEIRO, A. R. **Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano**. Texto para Discussão. IE/UNICAMP, Campinas, n. 155, fev. 2009.

ARCHELA, R. S.; THÉRY H. **Orientação metodológica para construção e leitura de mapas temáticos**, Revista Franco-brasileira de Geografia, 2008. Disponível em: <http://confins.revues.org/index3483.html>. Acesso em: 18 abril 2020.

BERTRAND, Georges. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. Tradução Olga Cruz – Caderno de Ciências da Terra. Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, nº13, 1972.

BITTENCOURT, M. R. **Presidente Prudente: A habitação de madeira e o desenvolvimento do Oeste Paulista**. Universidade de São Paulo Escola Politécnica, 1988.

BRASIL, **LEI Nº 11.428, DE 22 DE DEZEMBRO DE 2006**, Casa Civil. Brasília, 2006. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm. Acesso em: 05 ago. 2019.

BRASIL, **LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012**, Casa Civil. Brasília, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 05 ago. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **LEI Nº 11.428, DE 22 DE DEZEMBRO DE 2006**. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=641>. Acesso em: 05 ago. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **RESOLUÇÃO Nº 423, DE 12 DE ABRIL DE 2010**. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=628>. Acesso em: 05 ago. 2019.

BRASIL. **RESOLUÇÃO CONAMA nº 1, de 31 de janeiro de 1994**. Publicada no DOU no 24, de 3 de fevereiro de 1994, Seção 1, páginas 1684-1685.

CBH-Paranapanema. **Plano Integrado de Recursos Hídricos da Unidade de Gestão de Recursos Hídricos Paranapanema (PIRH) Relatório Final**. 2016.

CBH-PP. **Plano de Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema (UGRHI-22) 2016/2027**. 2016.

COSTANZA, R. *et al.* **The value of the world's ecosystem services and natural capital.** Nature 387.1997, p. 253-260.

DATA CETAS. **Mapa de Uso e Cobertura da Terra na UGRHI-22 – 2013.** 2018.

DEAN, W. **A ferro e fogo: A história e devastação da Mata Atlântica.** São Paulo, Companhia das Letras. 1996.

FBDS – Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. **Mapeamento de Uso e Cobertura do Solo do Estado de São Paulo na Escala 1:10.000,** 2013.

FIGUEIRÓ, A. S. **Biogeografia: dinâmicas e transformações da natureza.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

FORMAN, R. T. T; GODRON, M. **Landscape Ecology.** New York, John Willy e Sons, 619 p. 1986.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS (SEADE). Disponível em: www.seade.gov.br. Acesso em: 20 jul. 2015.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, período 2017-2018. Relatório Técnico** Disponível em https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2019/05/Atlas-mata-atlantica_17-18.pdf. Acesso em: 26 jun. 2020.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GÓMEZ M. J. R. **Desenvolvimento em (des)construção: narrativas escalares sobre o desenvolvimento territorial rural.** 2006. 434 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP, Presidente Prudente, 2006.

GOUVEIA, J. M. C.; PAES, J. B. X. Meio físico/biótico. *In*: NUNES, J. O. R. *et al.* **Atlas escolar ambiental de Presidente Prudente.** Presidente Prudente: UNESP, 2017, p. 83-104.

HANSKI, I. A. GILPIN, M. E. **Metapopulation Biology:** Ecology, Genetics, and Evolution. Ed. Academic Press, 1997, 512 p.

HOLANDA, A. C. *et al.* Estrutura de espécies arbóreas sob efeito de borda em um fragmento de floresta estacional semidecidual em Pernambuco. **Revista Árvore,** Viçosa, MG, v. 34, n. 1, p. 103-114, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Limites das Unidades Federativas do Brasil, publicado no Atlas Nacional do Brasil e validado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).** Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Acesso em: abr. 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. (Série Manuais Técnicos em Geociências).

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Biomas do Brasil e o Mapa de Vegetação do Brasil**. IBGE. 2004.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de clima do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. 1 mapa. Escala 1:5 000 000. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/tematicos.html>. Acesso em: abr. 2016.

IF - Instituto Florestal do Estado de São Paulo. **Inventário Florestal da Vegetação Natural do Estado de São Paulo**. São Paulo, 2010.

IGC – Instituto Geográfico e Cartográfico do estado de São Paulo. Mapa das Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos. São Paulo, 2011. Escala 1:1.000.000.

KAPOS, V. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. **Journal of Tropical Ecology**, Missouri, v. 5, n 2, p. 173-185, 1989.

KUPFER, J. A. Theory in Landscape Ecology and Its Relevance to Biogeography. In: MILLINGTON, A.C. *et al.* **The SAGE Handbook of Biogeography**. London: SAGE Publications Ltd, 2011. p. 57-54.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LAURENCE, W. F.; YENSEN, E. Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. **Biological Conservation**, California, v. 55, n. 1, 1991, p. 77-92.

LAVILLE, C e DIONNE, J. **A construção do saber: manual de metodologia de pesquisa em ciências humanas**. Belo Horizonte (MG): UFMG, 1999.

LEITE, J. F. **A ocupação do Pontal do Paranapanema**. São Paulo: Hucitec, 1998.

LEVINS, R. 1969. **Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control**. Bulletin of the Entomological Society of America 15: 237-240.

LOVEJOY, T. *et al.* Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. In: SOULÉ, M. E. (Ed). **Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity**. 1 ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1986, p. 257-285.

MACARTHUR, R.H. & WILSON, E. O. **The theory of island biogeography**. Princeton University Press, Princeton, 1967, 203p.

MATOS, P. F. PESSÔA, V. L. S. A Modernização da Agricultura no Brasil e os Novos Usos do Território. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro. - Ano 13, nº. 22, v. 2, 2º semestre, 2011, p. 290-322.

MCGARIGAL AND MARKS. **Fragstats: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Reference manual.** For. Sci. Dep. Oregon State University. Corvallis Oregon 59 p.+ Append. 1995.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. *In*: CULLEN, L. Jr.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (organizadores); SANTOS, A. J. dos. *et al. Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre.* Curitiba: Ed. Universidade Federal do Paraná 2006. p. 423-454.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, São Paulo, V1 (n1), novembro, 2001. Disponível em: <https://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/pt/abstract?thematic-review+BN00701122001>. Acesso em: 19 dez. 2021.

MORAES, Antonio Carlos Robert. Geografia. **Pequena história crítica.** [S.l: s.n.], 1994.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **TREE**, vol. 10, no. 2, fevereiro, 1995.

OLIVEIRA, L. T. **Caracterização da Fragmentação Florestal para Produção de Sementes no Entorno Capixaba do Parque Nacional do Caparaó.** Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro, 2011.

OLIVEIRA, M. F. de. **Metodologia científica: um manual para a realização de pesquisas em Administração.** Universidade Federal de Goiás. Catalão, 2011.

PAESE, A. *et al.* **Conservação da Biodiversidade com SIG.** São Paulo, Oficina de Textos. 2012, p. 240.

PINTO, L.P.; BEDÊ, L.C.; *et al.* “Vivem na Mata Atlântica”. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/nossas-causas/mata-atlantica/>. Acesso em 05 ago. 2019. *In*: SCARANO, F.R (org). **Biomass brasileiros: retratos de um país plural.** Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2012.

PIROVANI, D. B. **Fragmentação Florestal, dinâmica e ecologia da paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim, ES.** 2010. 121p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Programa de Pós – Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, 2010.

PRIMACK, R.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação.** Londrina: 2001. 327 p.

PRIST, P.R. Michalski, F. Metzger, J.P. How deforestation pattern in the Amazon influences vertebrate richness and community composition. **Landscape Ecol** **27**, 799–812 (2012). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10980-012-9729-0>. Acesso em 19 jan. 2021.

QUAMMEN, David. **The Song of the Dodo: Island Biogeography in an Age of Extinctions.** New York: Scribner, 1996.

RIBEIRO, M. C. **Modelos de simulação aplicados à conservação de paisagens fragmentas da Mata Atlântica brasileira**. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia. Tese de doutorado. 2010, p. 251.

RODRIGUES, Efraim. Efeito de bordas em fragmentos de floresta. **Cadernos de Biodiversidade**, v. 1, n. 2, p. 1-6, 1998.

RODRIGUES, M. M. **Avaliação da influência da matriz no efeito de borda em fragmentos de floresta estacional Semidecidual em Piracicaba-SP**. Dissertação (Mestre em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Piracicaba, 2018.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. MAPA GEOMORFOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], v. 10, p. 41-58, 2011. DOI: 10.7154/RDG.1996.0010.0004. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/53703>. Acesso em: 9 dez. 2020.

SALGUEIRO, T. B. Paisagem e Geografia. **Finisterra**, XXXVI,72, 2001, pp.37-53. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/26636815_Paisagem_e_geografia. Acesso em: 19 dez. 2021.

SAMPAIO, R. C. N. **EFEITO DE BORDA EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO**. Dissertação (Mestre em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Câmpus de Botucatu. Botucatu, 2011.

SÃO PAULO. **RESOLUÇÃO CONJUNTA SMA/SAA-006 DE 24 DE SETEMBRO DE 2009**. Altera o zoneamento agroambiental para o setor sucroalcooleiro no Estado de São Paulo. SP, 2009. Disponível em: https://www.udop.com.br/download/legislacao/meio/zoneamento/res_sma_conj_6.pdf. Acesso em: 28 jun. 2019.

SÃO PAULO. **DECRETO-LEI Nº 13.075, DE 25, DE NOVEMBRO DE 1942**, Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. São Paulo, 1942. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto.lei/1942/decreto.lei-13075-25.11.1942.html>. Acesso em: 05 ago. 2019.

SÃO PAULO. **LEI Nº 9.034, DE 27 DE DEZEMBRO DE 1994**. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. São Paulo, 1994. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1994/lei-9034-27.12.1994.html#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20o%20Plano%20Estadual,Pol%C3%ADtica%20Estadual%20de%20Recursos%20H%C3%ADricos>. Acesso em: 05 ago. 2019.

SÃO PAULO. **Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo**: escala 1:1.000.000: nota explicativa. São Paulo: DAEE Departamento de Águas e Energia Elétrica: IG-Instituto Geológico: IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo: CPRMServiço Geológico do Brasil, 2005.

SÃO PAULO. **Parque Estadual do Morro do Diabo: plano de manejo** / Secretaria de Meio Ambiente. Santa Cruz do Rio Pardo, SP: Editora Viena, 2006.

SÃO PAULO. PGJ 870/2002. Disponível em: http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/diario_oficial/publicacao_diario_oficial/deo_2002/Doe1412.htm. Acesso em: 05 ago. 2019.

SÃO PAULO. Pontal Verde: Plano de Recuperação Ambiental nos Assentamentos do Pontal do Paranapanema. – Nº 1 (jul. 1998). São Paulo: ITESP, 2ªed., 2000, 80p.

SIGRH (São Paulo) – Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Apresentação do Comitê de Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema, São Paulo**. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/>. Acesso em: 05 ago. 2019.

THOMAZ JR, A. **Dinâmica Geográfica do Trabalho no Século XXI**: (Limites Explicativos, Autocrítica e Desafios Teóricos). São Paulo, 2009. Tese (Livre Docência em Ciências Humanas) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

TOWNSEND, C. R. BEGON, M. HARPER, J. L. **Fundamentos em ECOLOGIA**. Porto Alegre. Ed. Artmed, 2010. – 3.ed. 576p.

TRIVIÑOS, Augusto Nibaldo Silva. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

UEZU, A. Uso do sistema de informações geográficas em Biologia da Conservação. In: CULLEN, L. Jr.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (organizadores); SANTOS, A. J. dos. *et al.* **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: Ed. Universidade Federal do Paraná 2006. p. 480-501.

UNITED NATIONS - UE; **MEA (Millennium Ecosystem Assessment)**. Ecosystem and Human Well-Being: a framework for assessment. Washington DC: Island Press. 2003.

UNITED NATIONS - UE; The United **Nations Conference on Environment and Development**, Agenda 21 – Resumo – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Rio de Janeiro, 3 a 14 de junho de 1992.

VIANA, V. M.; TABANEZ, J. A.; MARTINEZ, J. L. A. Restauração e manejo de fragmentos florestais. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, 1992, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: Instituto Florestal/Secretaria do Meio Ambiente, 1992. p. 400-406.

VIEIRA, L. M. G. **Efeito de Borda na Estrutura de Fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual de Diferentes Tamanhos na Bacia do Rio Paraopeba**, MG. Dissertação (*Magister Scientiae*) – Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários. Universidade Federal de Viçosa. Campus Florestal – UFV. Florestal, MG, 2016.

VOLOTÃO, C. F. S. **Trabalho de análise espacial: métricas do Fragstats**. INPE. São José dos Campos, 1998. 45 p.

ZUNINO, M.; ZULLINI, A. **Biogeografía**: La dimensión espacial de la evolución. México, D.F. Fondo de Cultura Económica, 2003.