

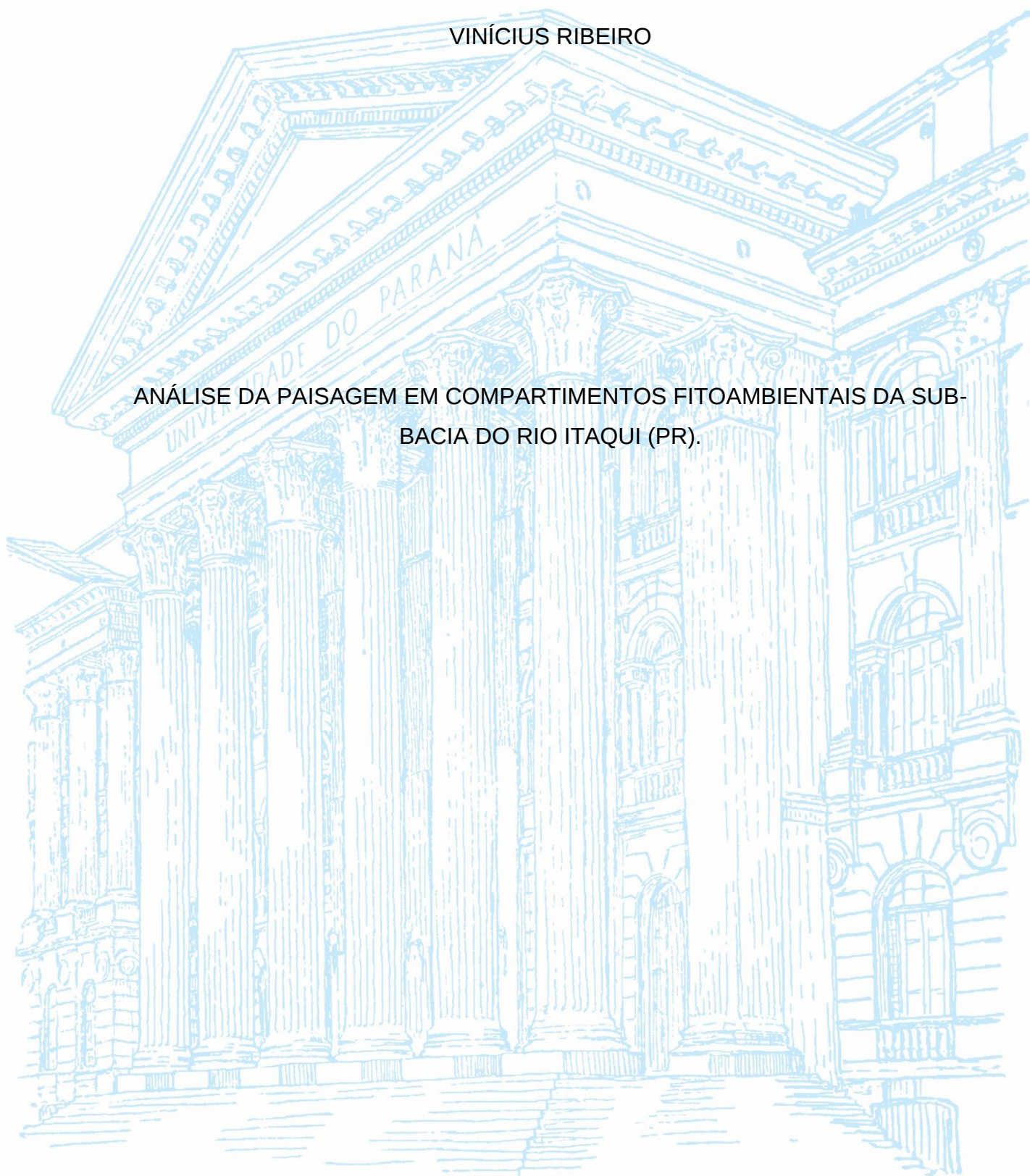
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VINÍCIUS RIBEIRO

ANÁLISE DA PAISAGEM EM COMPARTIMENTOS FITOAMBIENTAIS DA SUB-  
BACIA DO RIO ITAQUI (PR).

CURITIBA

2022



VINÍCIUS RIBEIRO

ANÁLISE DA PAISAGEM EM COMPARTIMENTOS FITOAMBIENTAIS DA SUB-  
BACIA DO RIO ITAQUI (PR).

TCC apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Luiz Cosmo.

CURITIBA

2022



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

## PARECER

Defesa nº 291

A Banca Examinadora, instituída pelo Colegiado do Curso de Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir **Vinícius Ribeiro** em relação ao seu Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **Análise da paisagem em compartimentos fitoambientais da subbacia do Rio Itaquí (PR)**, é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** na Disciplina ENGF010 - Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Florestal, condicionada a entrega da versão final corrigida.

Prof. Dr. Tomaz Longhi Santos  
1º. Avaliador

Prof. Dr. Christopher Thomas Blum  
2º. Avaliador

Prof. Dr. Nelson Luiz Cosmo  
Orientador - Presidente da Banca

Curitiba, 06 de maio de 2022.

Prof. Dr. Allan Libanio Pelissari  
Vice-Coordenador do Curso de Engenharia Florestal em exercício



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus e à minha família por me proporcionarem as condições necessárias para que eu pudesse estudar desde cedo. Em especial, agradeço ao meu falecido vô Antônio, que por meio de suas atitudes e gestos, me compartilhou muito sobre as maiores virtudes da vida. Com muito carinho, também agradeço o apoio dos meus pais e da minha irmã que me acompanharam em boa parte dos estudos. Por último, mas ainda mais importantes, agradeço o apoio incondicional que tive nos últimos anos de universidade, da minha companheira Victória e de meu filho Leonardo.

Também agradeço o apoio que tive de meus amigos, que me acompanharam desde a época de ensino fundamental e médio até os dias de hoje. Ainda, agradeço aos amigos formados na universidade, em especial os que percorreram essa jornada até o final junto comigo.

A UFPR, agradeço por toda a estrutura e materiais fornecidos, assim como os benefícios da PRAE/PROBEM que me auxiliaram ao longo da formação. Aos professores, agradeço ao esforço dedicado para que os conhecimentos fossem melhor absorvidos. Também destaco o apoio especial do meu orientador, Prof. Dr. Nelson Luiz Cosmo, que mesmo conhecendo a pouco tempo, buscou me orientar ao máximo, superando as minhas expectativas quanto ao conhecimento repassado.

Sou grato pelas entidades COPLAF e PET, vinculadas ao curso de Engenharia Florestal pela UFPR, as quais contribuíram para minha formação como profissional e como pessoa. Também sou grato pela oportunidade a mim concedida pela Cia Ambiental, empresa a qual venho trabalhando desde 2019, com o apoio fundamental de meus supervisores Thiago Augusto Meyer e Patrícia Maria Stasiak.

De modo geral, sou grato por todos que passaram por minha vida e contribuíram de alguma forma com minha formação. Muito obrigado!

## RESUMO

O Bioma Mata Atlântica abrange diversas formações vegetais, desde formações herbáceas a formações florestais com elevados índices de diversidade florística. Apesar da sua complexidade, estima-se que restam apenas 16,6% de suas áreas naturais conservadas no Brasil, representando o menor percentual apresentado entre os biomas brasileiros. O presente estudo tem como objetivo realizar estudos de ecologia da paisagem e fornecer parâmetros para o mapeamento de áreas frágeis na bacia do Rio Itaquí, considerado um importante afluente à direita do Rio Iguaçu. A microbacia contempla diferentes formações geológicas, abrangendo o primeiro e segundo Planalto paranense e, ainda, parte da APA da Escarpa Devoniana. Posto isso, o estudo se justifica pela importância da microbacia no contexto regional para garantia dos serviços ecossistêmicos prestados pela vegetação nativa remanescente. Foram objetivos específicos realizar a compartimentação ambiental da vegetação e avaliar a relação com grau de fragmentação observado. Ainda, os índices da análise de paisagem como conectividade, índices de área ou de borda são relacionados com potenciais fatores de degradação. Desse modo, também são indicadas as áreas mais relevantes identificadas pelas análises como essenciais para a preservação da biodiversidade e serviços ecossistêmicos na microbacia do Rio Itaquí. A metodologia do trabalho compreende a utilização de dados oficiais e processamento no software QGIS 3.20.3, sendo o mapa de uso do solo do IAT (2020) a principal fonte de estudo em que foram feitas as adaptações e análises de paisagem. A classe de Floresta Ombrófila Mista Aluvial apresentou os melhores índices de conectividade observados para solos aluviais, apesar de apresentarem os menores percentuais de cobertura da terra. Já a Floresta Ombrófila Mista Montana apresentou métricas de área superiores em todos os compartimentos avaliados, com melhores índices de conectividade e fragmentação em relevos declivosos.

Palavras-chave: Fragmentação e conectividade. Serviços ecossistêmicos. Mata Atlântica. Bacia do Rio Iguaçu.

## ABSTRACT

The Atlantic Forest Biome encompasses several plant formations, from herbaceous formations to forest formations with high levels of floristic diversity. Despite its complexity, it is estimated that only 16.6% of its natural areas are conserved in Brazil, representing the lowest percentage presented among Brazilian biomes. The present study aims to carry out landscape ecology studies and provide parameters for the mapping of fragile areas in the Itaquí River basin, considered an important right tributary of the Iguaçu River. The microbasin includes different geological formations, covering the first and second Paraná Plateau and also part of the Devonian Escarpment APA. That said, the study is justified by the importance of the microbasin in the regional context to guarantee the ecosystem services provided by the remaining native vegetation. The specific objectives were to carry out the environmental compartmentalization of the vegetation and to evaluate the relationship with the observed degree of fragmentation. Furthermore, landscape analysis indices such as connectivity, area or edge indices are related to potential degradation factors. In this way, the most relevant areas identified by the analyzes as essential for the preservation of biodiversity and ecosystem services in the Itaquí River microbasin are also indicated. The methodology of the work comprises the use of official data and processing in the QGIS 3.20.3 software, with the IAT land use map (2020) being the main source of study in which the adaptations and landscape analysis were made. The Floresta Ombrófila Mista Aluvial class presented the best connectivity indices observed for alluvial soils, despite having the lowest percentages of land cover. On the other hand, the Floresta Ombrófila Mista Montana presented superior area metrics in all evaluated compartments, with better connectivity and fragmentation indices in sloping reliefs.

Keywords: Fragmentation and connectivity. Ecosystem services. Atlantic forest. Iguaçu River Basin.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – LOCALIZAÇÃO E FITOFISIONOMIAS NA SUB-BACIA DO RIO ITAQUI, AFLUENTE DO RIO IGUAÇU.....                                                        | 23 |
| Figura 2 – SOLOS PRESENTES NA SUB-BACIA DO RIO ITAQUI. ....                                                                                             | 24 |
| Figura 3 – BASE DE MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA DO RIO ITAQUI, CONFORME IAT (2020), ADAPTADA POR COLETE (2021), ABAIXO.....                  | 26 |
| Figura 4 – SOBREPOSIÇÃO DO MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO COLETE (2021) COM O SISTEMA VIÁRIO SUDERHSA (2004).....                                              | 28 |
| Figura 5 - MAPEAMENTO DAS PRINCIPAIS ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS NA BACIA DO ITAQUI. ....                                                               | 32 |
| Figura 6 – MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO PARA A SUB-BACIA DO RIO ITAQUI, TENDO POR BASE COLETE (2021) ADAPTADO DE IAT E DESCONTANDO-SE AS FAIXAS VIÁRIAS..... | 33 |
| Figura 7 – RECLASSIFICAÇÃO DE SOLOS ALUVIAIS PARA A BACIA DO ITAQUI, CONFORME PROPOSTO POR COLETE (2021).....                                           | 37 |
| Figura 8 - RECLASSIFICAÇÃO DE SOLOS PARA A BACIA DO ITAQUI, CONSIDERANDO A DELIMITAÇÃO DAS PLANÍCIES ALUVIAIS (SOLOS ALUVIAIS). ....                    | 38 |
| Figura 9 - RECLASSIFICAÇÃO DE FASES DE RELEVO, ADAPTADO DE IAT (2020).....                                                                              | 46 |
| Figura 10 – RELAÇÃO DOS ÍNDICES DE FRAGMENTAÇÃO PARA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA, POR COMPARTIMENTO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO ITAQUI – PR.....     | 49 |
| Figura 11 – RELAÇÃO DO ÍNDICE DE FRAGMENTAÇÃO EM ÁREAS VEGETADAS DA BACIA DO RIO ITAQUI - PR.....                                                       | 50 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Uso e ocupação do solo na sub-bacia do Rio Itaquí.....                                                       | 34 |
| Tabela 2 - Métricas de área e borda de vegetação nativa para a sub-bacia do Rio Itaquí. ....                            | 34 |
| Tabela 3 - Métricas de manchas para sub-bacia do Rio Itaquí.....                                                        | 35 |
| Tabela 4 - Índices de fragmentação para a sub-bacia do Rio Itaquí. ....                                                 | 36 |
| Tabela 5 - Métricas de área e borda em compartimentos do solo da bacia do rio Itaquí - PR. ....                         | 39 |
| Tabela 6 - Métricas de manchas em compartimentos do solo da bacia do Rio Itaquí - PR. ....                              | 42 |
| Tabela 7 - Índices de fragmentação da vegetação em diferentes compartimentos do solo, na bacia do rio Itaquí - PR. .... | 44 |
| Tabela 8 - Métricas de área e borda por fase de relevo, na bacia do Rio Itaquí – PR. ....                               | 46 |
| Tabela 9 – Métricas de manchas por fases de relevo na bacia do Rio Itaquí - PR. ..                                      | 47 |
| Tabela 10 - Índices de fragmentação por fases de relevo na bacia do Rio Itaquí - PR. ....                               | 48 |

## SUMÁRIO

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                    | <b>12</b> |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>                         | <b>14</b> |
| 2.1 PAISAGEM E SERVIÇOS ECOSSITEMICOS .....                  | 14        |
| 2.2 FATORES DE DEGRADAÇÃO E FRAGILIDADE AMBIENTAL.....       | 15        |
| 2.3 GEOTECNOLOGIAS E SUA APLICAÇÃO NA GESTÃO AMBIENTAL ..... | 16        |
| 2.4 MAPEAMENTO E USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....                 | 17        |
| 2.5 CRITÉRIOS DE ANÁLISE DA PAISAGEM .....                   | 18        |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                            | <b>22</b> |
| 3.1 ÁREA DE ESTUDO E FONTES DE INFORMAÇÃO.....               | 22        |
| 3.2 MÉTRICAS DE PAISAGEM .....                               | 28        |
| 3.2.1 Métricas de área e borda.....                          | 29        |
| 3.2.2 Métricas de manchas .....                              | 30        |
| 3.2.3 Índices de fragmentação .....                          | 31        |
| 3.3 ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS.....                         | 31        |
| <b>4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....</b>                   | <b>33</b> |
| 4.1 SUB-BACIA DO RIO ITAQUI .....                            | 33        |
| 4.1.1 Métricas de área e borda.....                          | 34        |
| 4.1.2 Métricas de manchas .....                              | 35        |
| 4.1.3 Índices de fragmentação .....                          | 35        |
| 4.2 COMPARTIMENTAÇÃO DA VEGETAÇÃO .....                      | 36        |
| 4.2.1 Métricas de área e borda.....                          | 39        |
| 4.2.2 Métricas de manchas .....                              | 40        |
| 4.2.3 Índices de fragmentação .....                          | 44        |
| 4.3 RELEVO.....                                              | 45        |
| 4.3.1 Métricas de área e borda.....                          | 46        |
| 4.3.2 Métricas de manchas .....                              | 47        |
| 4.3.3 Índices de fragmentação .....                          | 48        |
| 4.4 COMPARAÇÃO ENTRE COMPARTIMENTOS AMBIENTAIS.....          | 49        |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                          | <b>52</b> |
| 5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....               | 52        |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                      | <b>54</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O estado do Paraná possui aproximadamente 98,4% do seu território ocupado pelo bioma Mata Atlântica e 1,6% pelo bioma Cerrado (IBGE, 2019). Esses biomas são formados por diferentes formações vegetais, que apresentam uma complexidade relevante, desde formações herbáceas e arbustivas, até formações florestais com elevados índices de riqueza e diversidade florística (CAMPANILI e SCHÄFFER, 2010; RODERJAN *et al.*, 2002). Entretanto, boa parte dessas formações foram reduzidas significativamente, em comparação às suas áreas de abrangência originais (MAACK, 1981). Apesar da complexidade da mata atlântica, estima-se que restam apenas 16,6% de suas áreas naturais conservadas no Brasil, representando o menor percentual apresentado entre os biomas brasileiros.

As fitofisionomias paranaenses originais mais abrangentes em termos de área de cobertura são de Floresta Ombrófila Mista (FOM), Floresta Ombrófila Densa (FOD) e Floresta Estacional Semidecidual (FES). Já as fitofisionomias menos abrangentes, mas não menos importantes, são as de Estepe Gramíneo-lenhosa (campos naturais), Savana Arborizada (cerrado) e formações pioneiras, tais como várzeas, restingas e manguezais (RODERJAN *et al.*, 2002; VELOSO *et al.*, 1991). Historicamente os fatores de degradação causados pela antropização e alteração do uso e ocupação do solo avançaram sobre esses ambientes naturais (CORREIA *et al.*, 2013; BUSTAMANTE *et al.*, 2019).

Atualmente a fragmentação pode reduzir o tamanho dos fragmentos, inibir ou reduzir a migração e favorecer imigração de espécies exóticas para as bordas e interiores dos fragmentos de vegetação nativa (O eco, 2014). A fragmentação também é responsável pelo isolamento de habitats e pelo efeito de borda (Pires *et al.* 2006). Além de reduzir a biodiversidade, esses fatores impactam negativamente a prestação dos serviços ecossistêmicos, com redução nos benefícios diretos e indiretos que os ambientes naturais fornecem para a sociedade, tais como a regulação hídrica e climática, a polinização e o controle de pragas e doenças, entre outros (BUSTAMANTE *et al.*, 2019).

As informações espaciais disponibilizadas ao público sobre a vegetação nativa nem sempre possuem a delimitação precisa dos fragmentos, frequentemente necessitando de análises mais acuradas e eventuais ajustes e complementações (RODRIGUES, 2015), especialmente considerando a compartimentação ambiental e

fatores de fragmentação, como estradas municipais, faixas de servidão de linhas de transmissão, etc. Considerando a necessidade da elaboração de mapas que contemplem toda a população, a geração em escalas maiores acaba se tornando inviável, tendo em vista o cenário atual de tecnologia, tempo e recurso das instituições responsáveis. Portanto, se faz necessário o aprimoramento dessas informações disponibilizadas, para que sejam tomadas as devidas medidas de conservação ou reparação nos locais mais frágeis e ecologicamente vulneráveis. Nesse contexto, os estudos de paisagem são considerados elementares para classificação e comparação da vegetação e uso do solo a ser estudado (NUCCI, 2008).

No Paraná, o Instituto Ambiental do Paraná – IAT disponibilizou recentemente um mapa de uso do solo (IAT 2020), incluindo a delimitação da vegetação florestal e áreas de campos e pastagens (que incluem área de estepe). COLETE (2021) aprimorou a delimitação da vegetação nativa especificamente da bacia do rio Itaqui, utilizando as formas de relevo como critério de compartimentação da vegetação, a partir do mapeamento de uso do solo realizado pelo IAT (2020) e modelo digital de elevação – MDE (SUDERHSA, 2000).

A microbacia do Rio Itaqui, localizada nos municípios de Campo Largo e Araucária, contempla diferentes formações geológicas, abrangendo o primeiro e segundo Planalto paranenses, incluindo parte da APA da Escarpa Devoniana. O domínio do Complexo Gnáissico-migmático apresenta maior cobertura na microbacia, seguido pelas formações Capiru Grupo Açungui, Guabiotuba e Furnas, além de terraços aluvionares e aluviões atuais (EMBRAPA, 2008).

O presente trabalho tem como objetivo realizar análises de ecologia da paisagem e determinar áreas mais frágeis da bacia do Itaqui, importante afluente da margem direita do Rio Iguaçu, utilizando índices de conectividade, métricas de área e métricas de borda. Como objetivos específicos, o estudo pretende analisar o grau de fragmentação da vegetação nativa nos diferentes compartimentos fitoambientais e avaliar se estão relacionados com a distribuição da vegetação em diferentes tipos de solo. Desse modo, serão discutidos os principais fatores de fragmentação e conectividade da vegetação, para indicar as áreas mais frágeis identificadas pelas análises como essenciais para a preservação da biodiversidade e serviços ecossistêmicos na microbacia estudada.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 PAISAGEM E SERVIÇOS ECOSSITEMICOS

O conceito de paisagem surgiu no século XV nos Países Baixos e aplicava-se aos quadros que apresentam um pedaço da natureza (CORRÊA e ROSENDAHL, 2012). Apesar do conceito surgir apenas no século XV, a ideia já era notada desde a antiguidade (MAXIMIANO, 2004) e não pode ser definida apenas como um pedaço da natureza, visto que a natureza é uma unidade de um todo (SIMMEL, 1996). Independente das inúmeras discussões acerca do conceito de paisagem, ela não deve ser entendida unicamente como um pedaço da natureza que depende da perspectiva de cada observador, e sim como a interação dinâmica e aleatória entre os fatores bióticos, físicos e antrópicos que a definem como um conjunto único e inseparável em constante transformação (ZIMMERMANN *et al.*, 2017; BERTRAND, 2004; DANTAS *et al.*, 2015). Posto isso, a paisagem pode ser analisada através das ferramentas atuais da geotecnologia, devido a sua capacidade de proporcionar conforto psicológico e fisiológico à sociedade, para o entendimento das reais condições de cada região (BARROS *et al.*, 2008).

Além dos inúmeros benefícios proporcionados pela paisagem, os ecossistemas, que se constituem como parte elementar da mesma, prestam diversos benefícios diretos ou indiretos às pessoas. Esses conceitos foram definidos e amplamente divulgados como serviços ecossistêmicos pela Avaliação Ecossistêmica do Milênio (COSTANZA *et al.*, 1997; MEA, 2005; TEEB, 2010). Os serviços ecossistêmicos contemplam serviços de suporte, serviços de provisão, serviços reguladores e serviços culturais (VEZZANI, 2015).

Os serviços de suporte ou apoio favorecem a formação do solo, os processos de fotossíntese e a ciclagem de nutrientes (VEZZANI, 2015; MEA, 2005; CARVALHO, 2015). Estes serviços também são necessários à produção dos outros serviços ecossistêmicos, incluindo a produção de oxigênio, ciclagem da água e provisão de habitat (JOLY *et al.*, 2019). Os serviços de provisão garantem o cultivo de alimentos, madeira, fibras, matérias primas e ainda fornecem águas subterrâneas e de superfície (VEZZANI, 2015). Quanto aos serviços de regulação, estes garantem a regulação do clima, redução de desastres naturais, a degradação de resíduos e ainda controlam doenças (FREITAS e MUÑOZ, 2017; Vezzani, 2015). Já os serviços culturais podem

ser definidos como os benefícios diretos ou indiretos não materiais obtidos como recreação, espiritualidade e conforto psicológico, bem como a diversidade cultural (FREITAS e MUÑOZ, 2017; VEZZANI, 2015).

## 2.2 FATORES DE DEGRADAÇÃO E FRAGILIDADE AMBIENTAL

A degradação do meio ambiente pode ser definida como um processo social provocado por fatores mundiais, como a economia, a política e a cultura, que impactam negativamente as diversas formas de vida (ARAUJO, 2018). O processo de ocupação do território brasileiro foi marcado pela fragmentação das florestas nativas pela conversão do uso do solo para culturas agrícolas, pastagens e as cidades (KAWAKUBO *et al.*, 2005). Além dessas atividades, o garimpo, a exploração florestal, construção de usinas hidrelétricas e a poluição industrial tiveram grande impactos nas formações aluviais.

Dentre os fatores que afetam a conservação da biodiversidade em fragmentos florestais Pinheiro e Viana (1998) destacam que os principais são o tamanho, a forma, o grau de isolamento, o tipo de vizinhança e seu histórico de perturbações. Fatores como o efeito de borda, a deriva genética e as interações entre plantas e animais estão relacionados com a degradação do ambiente, afetando a natalidade e mortalidade das plantas (PINHEIRO e VIANA, 1998). Segundo Rezende e Coelho (2015), nos grandes centros urbanos, outros fatores acarretam a degradação do meio ambiente como a inexistência de áreas verdes, loteamentos irregulares, criação de ilhas de calor, a impermeabilização do solo e concentração dos resíduos sólidos.

Para mitigar os impactos negativos decorrentes das ações humanas sobre os ambientes naturais, o mapa de fragilidade ambiental é uma das principais ferramentas adotadas pelos órgãos públicos para o zoneamento territorial (KAWAKUBO *et al.*, 2005). Desse modo, o planejamento de ocupação territorial deve considerar não apenas componentes socioeconômicos, mas ambientais, com destaque para áreas mais sensíveis às intervenções antrópicas (DONHA *et al.*, 2005). De acordo com ROSS (1994), o mapeamento de fragilidade deve cruzar informações do uso da terra e vegetação com demais informações dos solos, declividade e distância dos recursos hídricos. Ainda, segundo ROSS (1994) e Tricart (1977) o mapeamento deve considerar o processo de ocupação com base no desenvolvimento da sociedade baseando-se no conceito de Unidades Ecodinâmicas. A importância desse

mapeamento também é destacada por Vashchenko et al. (2007) para a delimitação de unidades de conservação e outras áreas legalmente protegidas. A proposta inicial de Ross (1994) foi complementada por Ross e Fierz (2017) com o destaque para as áreas de planícies inundáveis como áreas de fragilidade ambiental muito forte devido à instabilidade dos terrenos por inundações recorrentes.

## 2.3 GEOTECNOLOGIAS E SUA APLICAÇÃO NA GESTÃO AMBIENTAL

Atualmente as geotecnologias podem ser consideradas como ferramentas imprescindíveis para a tomada de decisões no planejamento e gestão ambiental (JÚNIOR, 2017; GARCIA & PINTO, 2005; ROSA, 2005). O uso das geotecnologias permite coletar, processar, analisar e ofertar informações com referência geográfica, utilizando-se de *softwares*, *hardwares* e *peoplewares* (JÚNIOR, 2017; AQUINO & VALLADARES, 2013; ROSA, 2005). Dentre as ferramentas amplamente utilizadas, destacam-se os sistemas de informações geográficas (SIG), cartografia digital, sensoriamento remoto e sistemas de posicionamento global (GPS) (ROSA, 2005).

O termo geoprocessamento, segundo Piroli (2010), pode ser entendido como um conceito mais amplo que utiliza dados de diversas fontes para o estudo e processamento de informações georreferenciadas. Segundo ROSA e BRITO (1996), o geoprocessamento é composto minimamente por quatro técnicas relacionadas às informações espaciais: I – Técnicas para coleta; II – Técnicas de armazenamento; III – Técnicas para o tratamento e análise; IV – Técnicas para o uso integrado.

As técnicas que podem processar as informações provenientes do sensoriamento remoto e GPS em SIGs possibilitam que diversas alternativas sejam avaliadas em conjunto, de modo eficiente e eficaz (BOLFE, 2006). Segundo Florenzano (2002), o sensoriamento remoto possibilita a obtenção de imagens e outros tipos de dados, através da reflexão ou emissão da energia da superfície terrestre, captada por um sensor distante.

Novo (1992) identificou diversas aplicações do sensoriamento remoto na avaliação ambiental, como a identificação da alteração da superfície líquida e monitoramento do uso e ocupação do solo. Já os SIGs são definidos como programas e processos de análise capazes de relacionar dados de interesse com sua posição geográfica através de coordenadas espaciais (PIROLI, 2010). Apesar da importância da tecnologia e seus avanços recentes, a complementação e verificação dos dados

em campo ainda se fazem necessárias para maiores precisões nos produtos elaborados (PIROLI, 2010).

## 2.4 MAPEAMENTO E USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

As principais fontes de informações das formações vegetais, da ocupação e do uso do solo atuais podem ser consultadas em sites oficiais de órgãos públicos e instituições vinculadas (IBGE, 2012; IAT, 2019; ITCG, 2009; SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2018), bem como em livros e materiais científicos renomados (MAACK, 2012; RODERJAN *et al.*, 2002; VELOSO *et al.*, 1991). Em 1968, o geógrafo Reinhard Maack descreve a vegetação paranaense pela primeira vez com detalhes técnico-científicos em sua obra “Geografia Física do Estado do Paraná”. Segundo Maack (1968), o Paraná possuía 83% do seu território coberto por matas nativas originalmente, até que em meados de 1930 estimou uma redução para 64%. Com o desmatamento em constante evolução, de 1960 a 1965 a área de mata virgem passou de 55.636 km<sup>2</sup> (27,7%) para 48.136 km<sup>2</sup> (23,9%).

Conforme os dados do Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra do Estado do Paraná, realizado pelo ITCG com imagens SPOT 5 - Paracidade ano 2005/2006, a cobertura de floresta natural do estado era de 29,3%. O Projeto MapBiomass, uma iniciativa multi-institucional que visa gerar mapas de uso e ocupação do solo anualmente, apresenta dados similares, mas ainda distintos, com 28,27% de cobertura de vegetação nativa no Paraná.

Alguns estudos apresentam valores mais baixos para a área de mata nativa conservada. Segundo o Serviço Florestal Brasileiro (2018), apenas 16% do território paranaense é ocupado por vegetação nativa. Entretanto esse mapeamento foi realizado com menor resolução espacial e em escala menor. Ainda, Sanquetta (2022) afirma que a cobertura florestal do Paraná é de 18%, sendo 10% de florestas em estágios avançados de conservação.

O mapa mais recente de uso e ocupação do solo disponibilizado pelo IAT (2020) apresenta que 29,12% do território paranaense é coberto por florestas, 0,16% formado por manguezais e 0,09% por restingas. O mapa possui 25,32% na classe de “Pastagem/Campo”, sem apresentar a distinção entre campos naturais, savanas e pastagem.

A partir da análise geral das informações acerca da vegetação remanescente no Paraná, pode-se observar que os estudos apresentaram valores distintos para o uso do solo, devido as diferentes técnicas para coleta dos dados, incluindo diferentes resoluções espaciais, escalas e datas. Para garantir maior representatividade das informações da vegetação em áreas menores, como na bacia do Rio Itaquí, devem ser considerados os mapas com maior escala, oriundos de imagens com maior resolução espacial. Ainda, tais informações podem ser aprimoradas considerando dados do uso do solo de outras fontes, como imagens de satélite atuais (MAXAR TECHNOLOGIES, 2022; CBERS, 2020), delimitação de estradas, além do cruzamento com dados físiográficos (geologia, geomorfologia, solos, hidrografia, etc.) e através da verificação em campo.

COLETE (2021), aprimorou a delimitação da vegetação nativa da bacia do rio Itaquí, utilizando as formas de relevo como critério de compartimentação da vegetação, a partir do mapeamento de uso do solo realizado pelo IAT (2020).

O Instituto Águas do Paraná disponibiliza dados geoespaciais de referência e temáticos para o Estado e para a bacia do Alto Iguaçu (SUDERHSA, 2000, 2007). Além das informações sobre as bacias e unidades aquíferas e hidrográficas do Paraná, são fornecidos dados georreferenciados em escala 1:10.000 para a hidrografia, uso do solo, geologia, geotecnia e altimetria da bacia do Alto Iguaçu. O Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná (DER-PR) também disponibilizou ao público a delimitação de rodovias e estradas do estado (DER-PR, 2011). As informações das estradas, ruas e acessos podem ser obtidas através do OpenStreetMap (OSM), projeto de mapeamento colaborativo e editável atualizado periodicamente.

## 2.5 CRITÉRIOS DE ANÁLISE DA PAISAGEM

As paisagens, de acordo com Forman e Godron (1986), possuem uma estrutura comum e fundamental, composta pelos elementos: fragmento, matriz e corredor. O fragmento ou mancha, nomeado em inglês como *patch*, ou por outros autores como ecótopo, biótopo, componente da paisagem, elemento da paisagem, célula da paisagem, site, entre outros termos, é definido como o elemento básico que forma uma paisagem (URBAN *et al.*, 1987 in VALENTE, 2001).

Para Forman e Godron (1986) os fragmentos são superfícies não lineares, que compõem a matriz e diferem do seu entorno, variam em tamanho, forma, tipo de

heterogeneidade e limites. Kotliar e Wiens (1990) acrescentam que os fragmentos possuem uma estrutura interna mas são dinâmicos e ocorrem em diferentes escalas do tempo e espaço (VALENTE, 2001).

A matriz é definida como o tipo de elemento com maior conectividade e que ocupa a maior extensão na paisagem, tendo maior influência no funcionamento dos outros ecossistemas (MCGARIGAL; MARKS, 1995). Em uma paisagem dominada por floresta nativa, por exemplo, com fragmentos de diferentes tipos (floresta nativa, cultura anual etc.), o elemento matriz será a floresta nativa. No que se refere aos elementos que constituirão uma matriz, Forman e Godron (1986) mencionam que a classificação dependerá da escala de investigação e do manejo que vem sendo aplicado.

Já os corredores, são definidos como faixas estreitas, naturais ou até mesmo antropizadas, que se diferenciam da matriz em ambos os lados. Segundo Farina (1998) a maioria das paisagens são divididas e unidas por corredores ao mesmo tempo. Os corredores são os grandes responsáveis pela conexão de fragmentos florestais naturais, aumentam a riqueza de espécies de animais em geral e contribuem para a dispersão das espécies arbóreas (Harris, 1984).

Para se obter uma relação entre padrões espaciais e processos ecológicos torna-se necessária a quantificação destes padrões, o que pode ser realizado através das “métricas de paisagem” ou “índices da paisagem” (METZGER, 2003). A análise de métricas da paisagem permite a avaliação descritiva da situação atual da estrutura da paisagem como um todo, permitindo a avaliação de dados como número de fragmentos, porcentagem de vegetação, tamanho médio dos fragmentos dentre outras características descritivas.

A estrutura da paisagem pode ser avaliada por diferentes índices ou métricas geralmente segregados entre os índices de composição e de disposição (BEZERRA, 2010).

Índices de área: A área é a medida da estrutura da paisagem elementar e mais difundida e, por isso, provavelmente a mais importante. A área total de uma classe é a soma de todas as áreas de manchas de uma determinada classe numa paisagem. O índice de área permite uma análise direcionada a espécies da fauna que necessitam de extensas áreas verdes para sobrevivência, ou da possibilidade de ocorrência de espécies vegetais clímax que necessitam de áreas maiores e melhor estruturadas (BEZERRA, 2010).

Índices de borda: Baseia-se na relação perímetro/área de fragmentos e permite avaliar comparativamente fragmentos de forma circular com fragmentos irregulares. Contribuem para comparar os efeitos de borda em fragmentos com áreas similares.

Índices de densidade e tamanho: Os índices de densidade e tamanho são importantes por caracterizarem os fragmentos (número de fragmentos, tamanho médio, densidade, total de borda, etc.) e por permitirem a classificação por grau de fragmentação, heterogeneidade de fragmentos ou outros aspectos relacionados aos fragmentos na paisagem (VOLOTÃO, 1998 *in* BEZERRA, 2010). Para Kapos (1989) apud Pirovani (2010) o tamanho do fragmento é um fator importante para a dinâmica populacional e os efeitos de borda podem diminuir ainda mais a área efetiva do fragmento para determinadas espécies (BEZERRA, 2010).

Índices de forma: Os remanescentes florestais apresentam vulnerabilidade devido à sua forma irregular, estando mais sujeitos ao efeito de borda. A ecologia da paisagem usa essas formas para obter informações sobre a dinâmica das espécies, em outras palavras, se a distribuição das espécies está ou não estável, expandindo-se ou em migração (FORMAN; GODRON, 1986 *in* BEZERRA, 2010). Permite realizar inferências do quanto o ambiente externo da matriz afeta ou pode afetar cada fragmento.

Índices de proximidade: A proximidade dos fragmentos influencia diretamente os processos de fluxo gênico, capacidade de migração de espécimes e grau de isolamento. Segundo Metzger (1997) a riqueza de espécies está marginalmente relacionada com a área dos fragmentos, porém está fortemente associada à proporção de mata numa vizinhança de 800 metros e à conectividade florestal dos fragmentos. As espécies respondem mais a características da paisagem (proporção de mata, conectividade) do que ao tamanho do fragmento, indicando que a permanência de algumas espécies nos fragmentos depende do tipo de entorno (BEZERRA, 2010) e a capacidade de conexão entre estes dentro da matriz.

Índice de conectividade: A avaliação quantitativa da paisagem caracteriza a complexa rede de conexões do meio, apresentando o grau de conectividade da paisagem como um todo, bem como a importância de cada nó dentro da mesma (PASCUAL-HORTAL; SAURA, 2006). Dentre os índices previstos, o índice Tamanho efetivo de malha ( $m - \text{Effective mesh size}$ ) é um índice estatístico que descreve o grau de conectividade da paisagem e também de cada fragmento. Avalia a conectividade

pelo grau de probabilidade de duas células sorteadas ao acaso estarem em um mesmo fragmento. A análise desses indicadores informa quais fragmentos são mais importantes para manter a conectividade funcional para os grupos da fauna e flora.

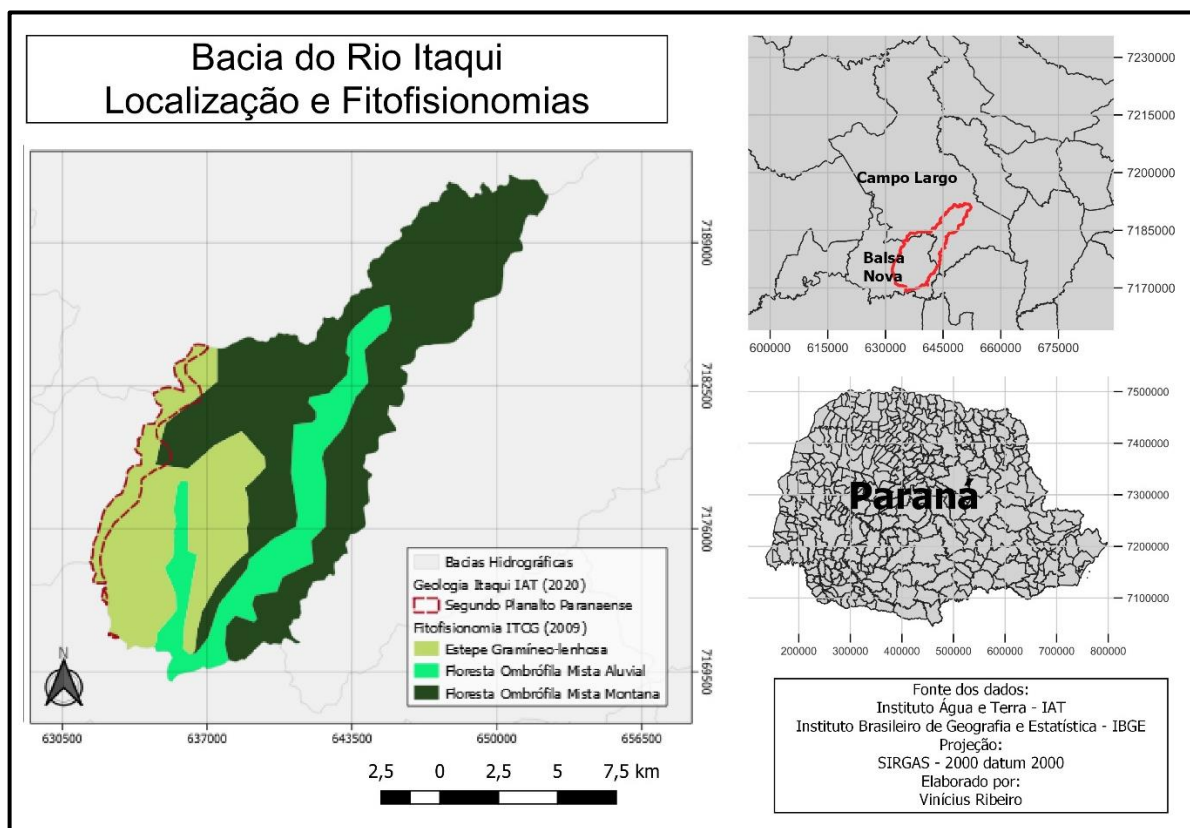
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO E FONTES DE INFORMAÇÃO

O presente estudo foi realizado para a sub-bacia do Rio Itaqui, localizada nos municípios de Campo Largo e Balsa Nova, no Estado do Paraná (Figura 1). A sub-bacia está inserida na bacia do Rio Iguaçu e abrange as fitofisionomias da Floresta Ombrófila Mista (Mata-de-araucária) e Estepe Gramíneo-Lenhosa (Campos naturais) (ITCG, 2009).

A Floresta Ombrófila Mista é uma unidade fitoecológica em que ocorre a predominância da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (pinheiro-do-paraná) sob espécies de Coniferales e Laurales (RODERJAN *et al.*, 2002). Devido ao domínio de gêneros primitivos como *Drymis*, *Araucaria* e *Podocarpus* observa-se uma ocupação recente através de refúgios alto-montanos (IBGE, 2012). Os campos naturais do Paraná contemplam o planalto das araucárias e coexistem com a mata de araucárias. Essa formação ocorre nas áreas mais altas do estado em que predominam formações herbáceas entremeadas por matas de galerias e capões (RODERJAN *et al.*, 2002). Devido a influência da altitude, essa formação tolera um período frio anual mais pronunciado de até 8 meses (IBGE, 2012). Algumas das principais espécies que predominam nos campos naturais são das famílias Poaceae, Asteraceae, Apiaceae, Cyperaceae, Lamiaceae, Verbenaceae e Polygalaceae (RODERJAN *et al.*, 2002).

Figura 1 – LOCALIZAÇÃO E FITOFISIONOMIAS NA SUB-BACIA DO RIO ITAQUI, AFLUENTE DO RIO IGUAÇU.



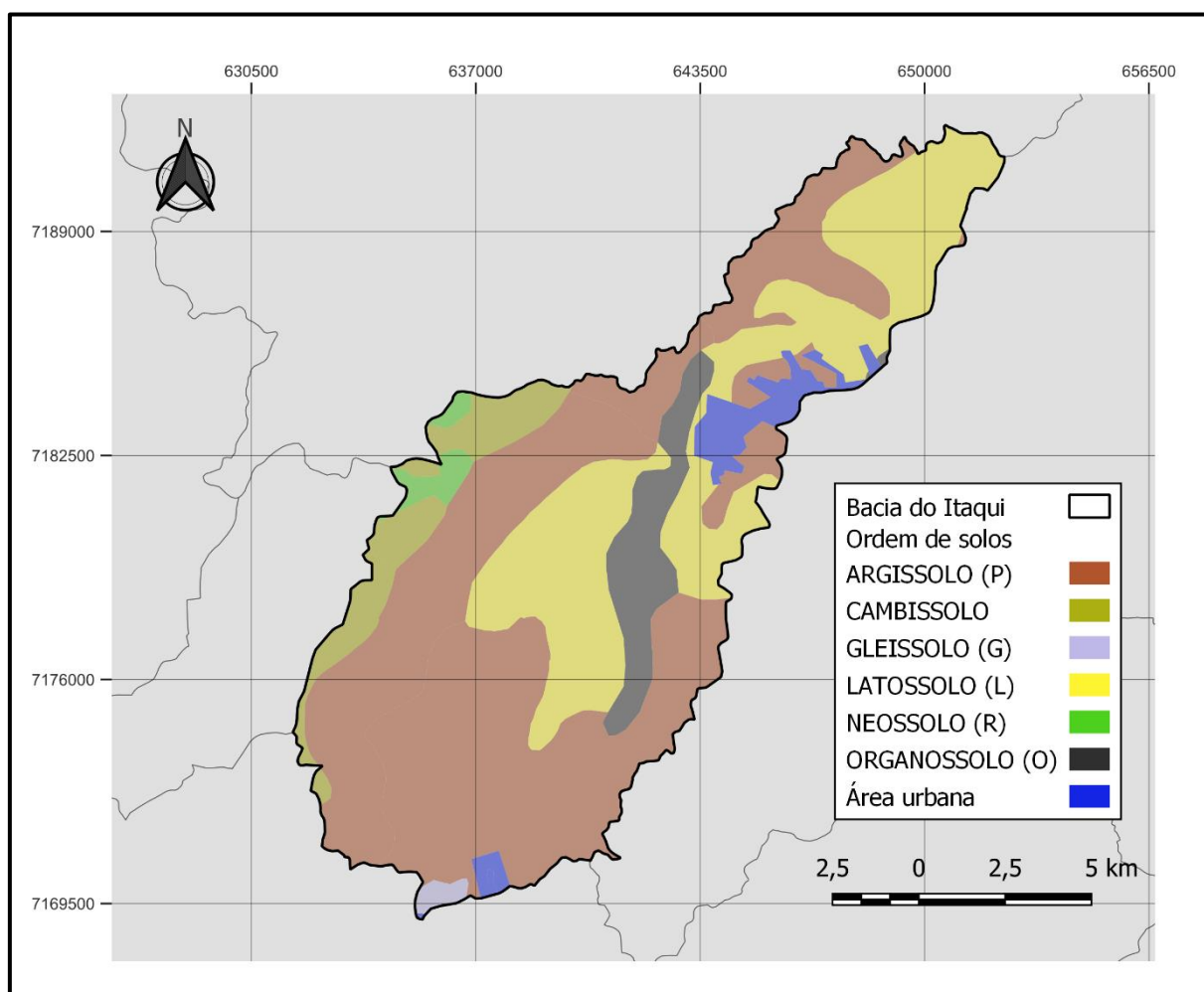
FONTE: ITCG (2009), adaptado pelo autor.

Segundo os critérios da classificação de Köppen, o clima da região é Cfb (clima oceânico temperado), possuindo média de temperatura de 22° C no verão e 18° C no inverno. A precipitação média anual é de 125 mm, não apresentando estação de seca definida, mas com ocorrência de geadas severas e recorrentes (Prefeitura Municipal de Campo Largo, 2022).

Os municípios de Campo Largo e Balsa Nova estão localizados entre o Primeiro Planalto Paranaense e o Segundo Planalto Paranaense. A sub-bacia do Rio Itaquí localiza-se nas subunidades do Planalto de Curitiba, Planalto de Ponta Grossa, Planalto de São Luís do Purunã, Planalto Dissecado do Alto do Ribeira e Planícies fluviais (IAT, 2020). Geologicamente, os terrenos da região possuem formações diversas de origens proterozoica, paleozoica, devoniana e cenozoica (MINEROPAR, 2000). De acordo com os dados fornecidos pelo IAT (2020), essas formações dão origem a presença dos argissolos, cambissolos, gleissolos, latossolos, organossolos e neossolos na sub-bacia (Figura 2).

Para as análises de paisagem, foram considerados como compartimentos ambientais as tipologias de vegetação da bacia, conforme IAT (2020), adaptado por Colete (2021); as classes de solo no primeiro nível categórico adotado no Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SIBICS), conforme Embrapa (2018); e duas grandes fases de relevo: suaves (plano e suave ondulado) e acidentadas (forte ondulado, ondulado e montanhoso), conforme IAT (2020). Todos os dados foram processados com o auxílio do *software* QGIS® versão 3.20.3, com apoio do Microsoft Excel 2010 para cálculos e geração de tabelas.

Figura 2 – SOLOS PRESENTES NA SUB-BACIA DO RIO ITAQUI.



FONTE: Mapa de Solos do estado do Paraná, EMBRAPA (2008), de acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS, 2006), adaptado pelo autor.

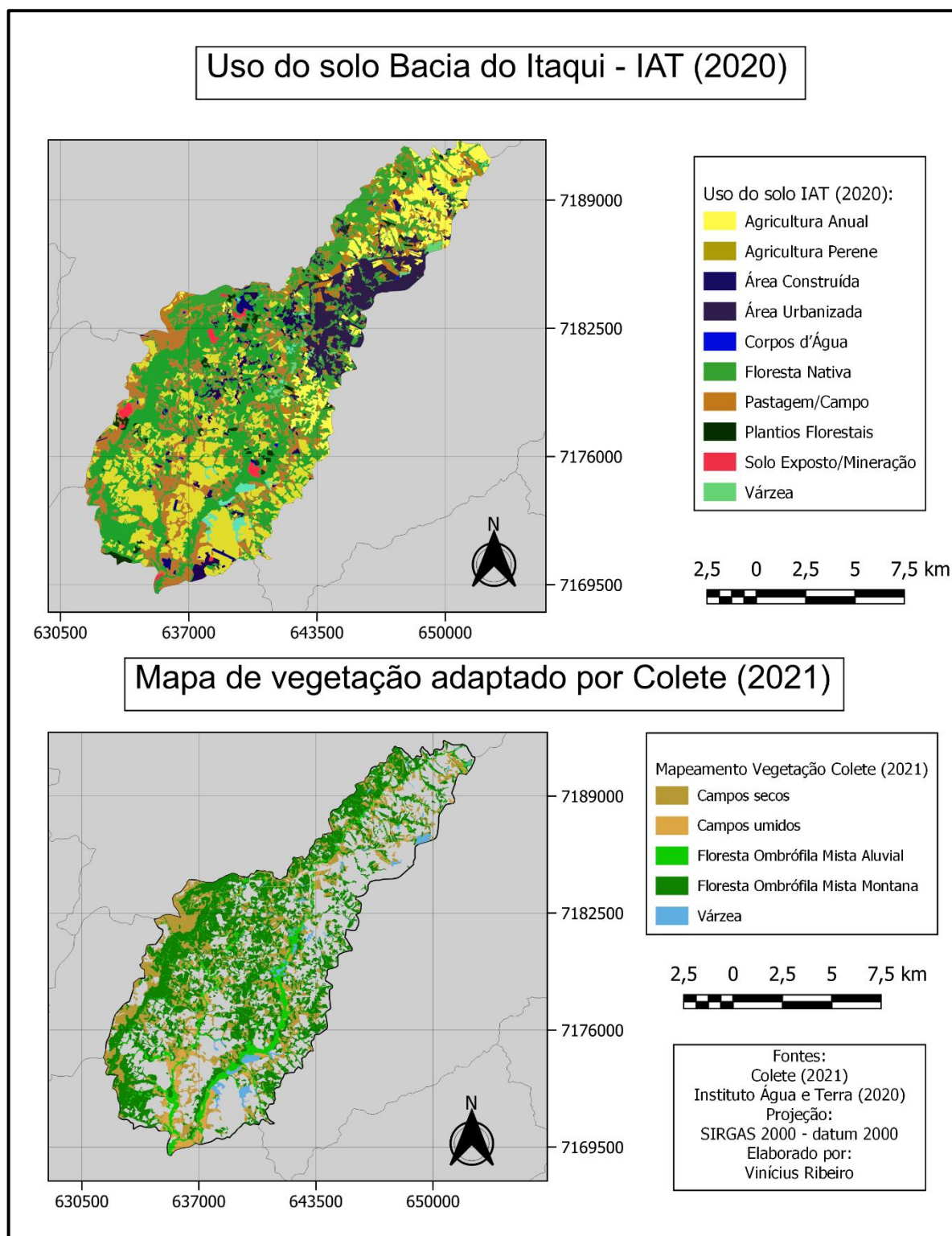
Conforme o mapa de uso do solo IAT (2020) na sub-bacia do Rio Itaquí a classe de uso do solo mais abrangente é a de floresta nativa, com uma área de 7.722 ha (40,92% da sub-bacia). Em seguida, os usos do solo com maior representatividade

na sub-bacia são o de agricultura anual, com 4.753 ha (25,19%), pastagem/campo, com 3.564 ha (18,88%) e área urbanizada, com 1.824 ha (9,67%).

Para o presente trabalho foi utilizada a delimitação da vegetação nativa resultante do aprimoramento do mapa de uso do solo IAT 2020, realizado por Colete (2021). Segundo esta delimitação, dos 7.722 ha cobertos por floresta nativa, 6.513 ha são cobertos por Floresta Ombrófila Mista Montana, enquanto que 1.209 ha são cobertos por Floresta Ombrófila Mista Aluvial. Ainda, 2.924 ha são cobertos por pastagem/campo em ambientes de encosta, e 640 ha destas fisionomias em planície aluvial (pastagens/campos úmidos). Vale salientar que tal compartimentação da vegetação foi realizado por Colete (2021) considerando as formas de relevo da sub-bacia.

Considerando a adaptação realizada por Colete (2021), a Figura 3 a seguir apresentam o uso e ocupação do solo na sub-bacia do Rio Itaquí, que serviram de base para as análises do presente trabalho.

Figura 3 – BASE DE MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA DO RIO ITAQUI, CONFORME IAT (2020), ADAPTADA POR COLETE (2021), ABAIXO.



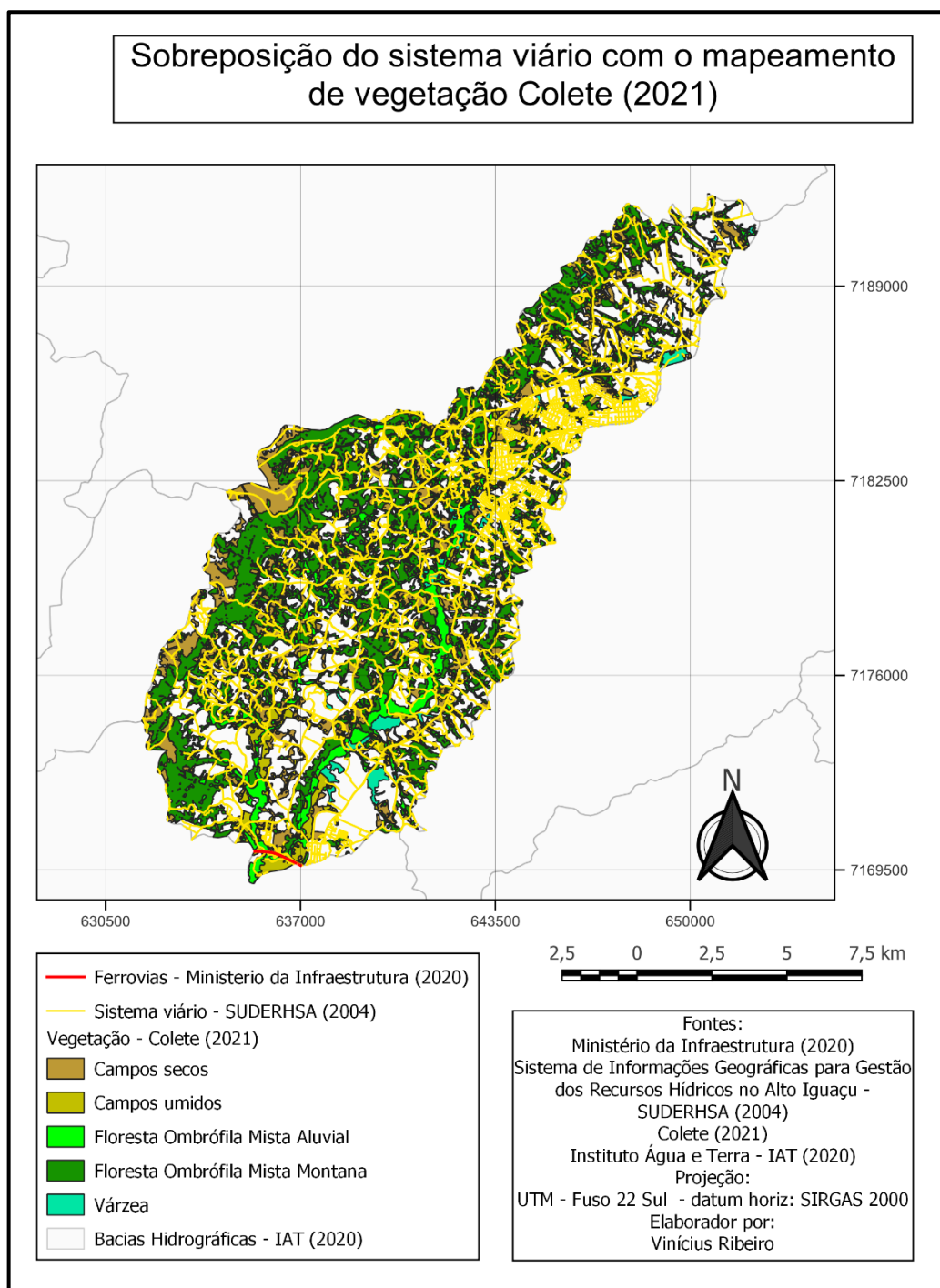
Legenda: Mapa de uso do solo IAT (2020), acima; delimitação da vegetação nativa adaptada por COLETE (2021), abaixo. FONTE: O autor (2022).

Através da sobreposição do *shapefile* da vegetação com imagens satélite (GOOGLE SATELLITE HYBRID, 2017; BING MAPS, 2017), verificou-se a necessidade de desconsiderar áreas de infraestrutura como rodovias, estradas e ferrovias dos polígonos de vegetação nativa. Em função disso, foram excluídas do uso do solo as áreas com estradas e rodovias fornecidas pelo SUDERHSA (2004), bem como as ferrovias disponibilizadas pelo Ministério da Infraestrutura (2020). Para tanto, foram consideradas as faixas de domínio praticadas pelo Departamento de Estradas e Rodagem do Paraná (DER-PR), em que foi delimitado um buffer de 12,5 metros para cada lado do eixo central de rodovias e de 8 metros para estradas e ferrovias.

Para a análise da paisagem, a vegetação foi compartimentada de acordo com as classes predominantes de solos da bacia, conforme mapa de solos do estado do Paraná EMBRAPA (2008). Este foi aprimorado reclassificando as áreas de organossolos e planícies aluviais como “solos aluviais”, utilizando-se a delimitação de planícies aluviais realizada por Colete (2021). Algumas áreas mapeadas como Organossolos, mas que se localizam em áreas de encosta, foram convertidas para a classe de solo dominante no entorno.

Tal aprimoramento foi necessário pois, em função da escala de mapeamento dos solos, algumas áreas das planícies aluviais estão mapeadas em EMBRAPA (2008) com classes de solos que tipicamente não ocorrem neste compartimento (exs.: Latossolos e Argissolos). Inversamente, algumas áreas de encosta, provavelmente bem drenadas, estão mapeadas como Organossolos, classe que na região geralmente se restringe às planícies aluviais.

Figura 4 – SOBREPOSIÇÃO DO MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO COLETE (2021) COM O SISTEMA VIÁRIO SUDERHSA (2004).



FONTE: O autor (2022).

### 3.2 MÉTRICAS DE PAISAGEM

A disposição espacial da vegetação nativa da bacia estudada foi submetida ao cálculo de diferentes métricas da paisagem, utilizando-se o módulo LecoS –

*Landscape Ecology Statistics*, disponível para a versão 3.20.3 do QGIS ®. A ferramenta permite a análise de diversas métricas da paisagem com base em camadas vetoriais ou raster. Os mapas adaptados da vegetação foram convertidos para raster através da ferramenta *v.to.raster* e processados no módulo supracitado. Os resultados foram gerados no formato digital .csv, posteriormente convertidos para elaboração dos gráficos em .xlsx, no Microsoft Excel.

Considerando o objetivo do estudo de caracterizar as diferentes formas de vegetação para diferentes compartimentos ambientais, são descritas a seguir as principais métricas da paisagem selecionadas para o presente estudo.

### 3.2.1 Métricas de área e borda

Os valores de área e comprimento de borda dos fragmentos de vegetação são fundamentais para o cálculo de diversas métricas de paisagem, possuindo assim grande importância para a discussão dos serviços ecossistêmicos na sub-bacia. O primeiro parâmetro de área avaliado foi a Cobertura da Terra (*LAND - Land cover*), fundamental para as discussões de uso e ocupação do solo. Manchas maiores tem maior probabilidade de conter espécies de interior, de acordo com sua tipologia (MCGARIGAL et al., 1995). O cálculo de área é processado através da multiplicação do tamanho de pixel pelo número de pixels em cada classe:

$$LAND = \sum_{j=1}^n a_{ij}$$

Em que:

LAND= Cobertura da Terra;

$a_{ij}$  = área da mancha;

j= tipo de classe.

A segunda métrica de área avaliada foi a Proporção de Cobertura da Terra (*LP - Landscape proportion*), que possibilita relacionar a proporção de área entre as classes selecionadas:

$$Pi = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100)$$

Em que:

$P_i$  = Proporção ocupada pelas manchas na paisagem (%).

Como métricas de borda, foram processados os valores para o Total de Borda (*Edge lenght*) e de Densidade de Borda (*Edge density*). Quanto maior a tendência de uma mancha ser circular, menor será o Total de Borda e consequentemente, menor será a Densidade de borda. A partir desses valores foi possível relacionar os diferentes impactos causados pelo efeito de borda sobre os compartimentos da vegetação. Na avaliação entre classes se espera que quanto maior forem os valores observados para esses parâmetros, maior serão os efeitos de borda.

$$LE = \sum P_{ij}$$

$$DE = \frac{LE}{LAND}$$

Em que:

$LE$  = Total de Borda;

$DE$  = Densidade de borda;

$P_{ij}$  = Comprimento total do perímetro dos fragmentos.

### 3.2.2 Métricas de manchas

Tendo em vista o impacto das diferentes manchas por classe, os seguintes dados paramétricos também foram calculados: Número de manchas (NP – *Number of patches*), Maior área de mancha (GP – *Greatest patch area*), Menor área da mancha (SP – *Smallest patch area*), Média da área de manchas (MP - *Mean patch area*) e Mediana da área de manchas (MDP – *Median patch area*).

A partir desses valores pode ser determinado a Densidade das manchas (PD – *Patch density*), que representa a razão entre o número de manchas pela área total e o Índice de maior mancha (LPI – *Largest Patch Index*), que representa o percentual ocupado pelo maior fragmento. Para a discussão dessas métricas é recomendado a avaliação delas em conjunto, e se possível, para diferentes compartimentos ou classes da paisagem.

### 3.2.3 Índices de fragmentação

Os índices de fragmentação também foram introduzidos, considerando a limitação dos demais parâmetros considerados frente a certas fases do processo de fragmentação. Esses índices tem a vantagem de sofrer menor influência da adição ou omissão de qualquer mancha no resultado final (JUNG, 2013). Os índices considerados foram a Divisão da cobertura da terra (*D – Landscape Division*), o Tamanho efetivo de malha (*m – Effective mesh size*), o índice de divisão (*S – Splitting index*) e o índice de coesão da mancha (*PI – Patch cohesion index*).

A Divisão de Cobertura da terra determina a possibilidade de duas células escolhidas ao acaso na paisagem estarem em um mesmo fragmento. Já o Tamanho efetivo de malha calcula a probabilidade de duas células escolhidas ao acaso estarem conectadas. O Índice de coesão da mancha mede a conexão física do tipo de mancha correspondente e aumenta à medida que o tipo de mancha se torna mais agrupado, ou seja, mais fisicamente conectado.

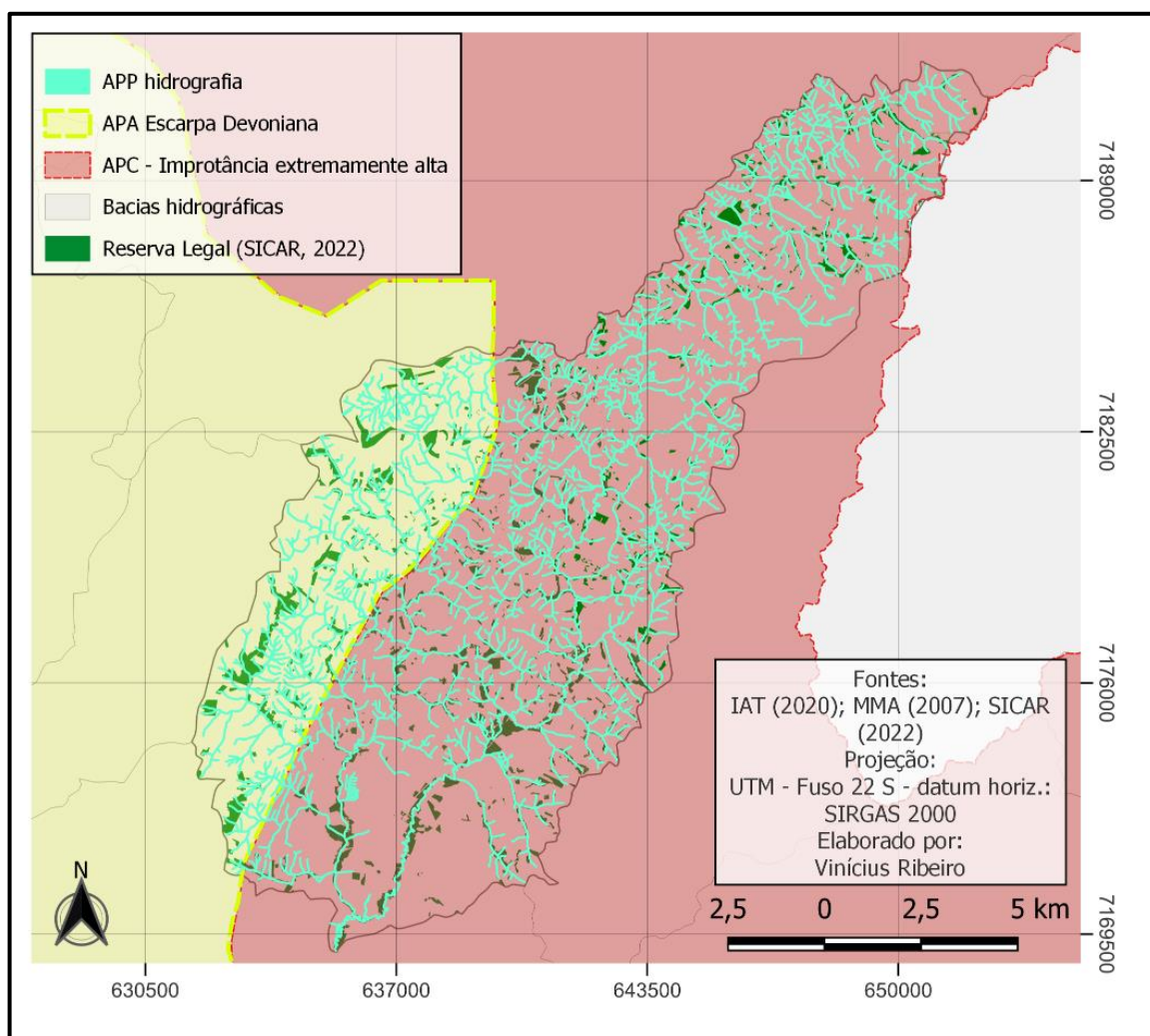
Ainda, o índice de divisão representa o nível de fragmentação da paisagem, a partir da divisão da área total em tamanhos iguais que apresentem a mesma Divisão da Cobertura da terra. Quando o seu valor é 1 a área é representada por uma única mancha e o valor vai aumentando a medida em que a paisagem é dividida (JUNG, 2013). Esse indicador permite comparar o grau de fragmentação de diferentes classes de vegetação e compartimentos ambientais. Desse modo, apresentam-se como importantes indicadores para comparar os diferentes fragmentos na paisagem, considerando a conectividade ou fragmentação que apresentam em cada compartimento ambiental.

## 3.3 ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS

O levantamento de áreas legalmente protegidas também surge como importante ferramenta para tomada de decisão e discussão das métricas de paisagem na sub-bacia. Desse modo, é fundamental a análise de Unidades de Conservação (UCs) na esfera federal, estadual e municipal, protegidas pela Lei Federal nº 9.985 de 18/07/2000. Ademais, foi realizada a sobreposição com Áreas Prioritárias para Conservação (APC), estabelecidas pela Portaria nº 463 de 18/12/2018.

Deve ser considerada ainda a necessidade de preservação das Áreas de Preservação Permanentes (APP) e Reservas Legais (RL), estabelecidas pelo Código Florestal (Lei Federal nº 12.651 de 25/05/2012). Considerando que a sub-bacia se localiza integralmente no Bioma da Mata Atlântica, é de suma importância observar a Lei Federal nº 11.428 de 22/12/2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa deste bioma.

Figura 5 - MAPEAMENTO DAS PRINCIPAIS ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS NA BACIA DO ITAQUI.



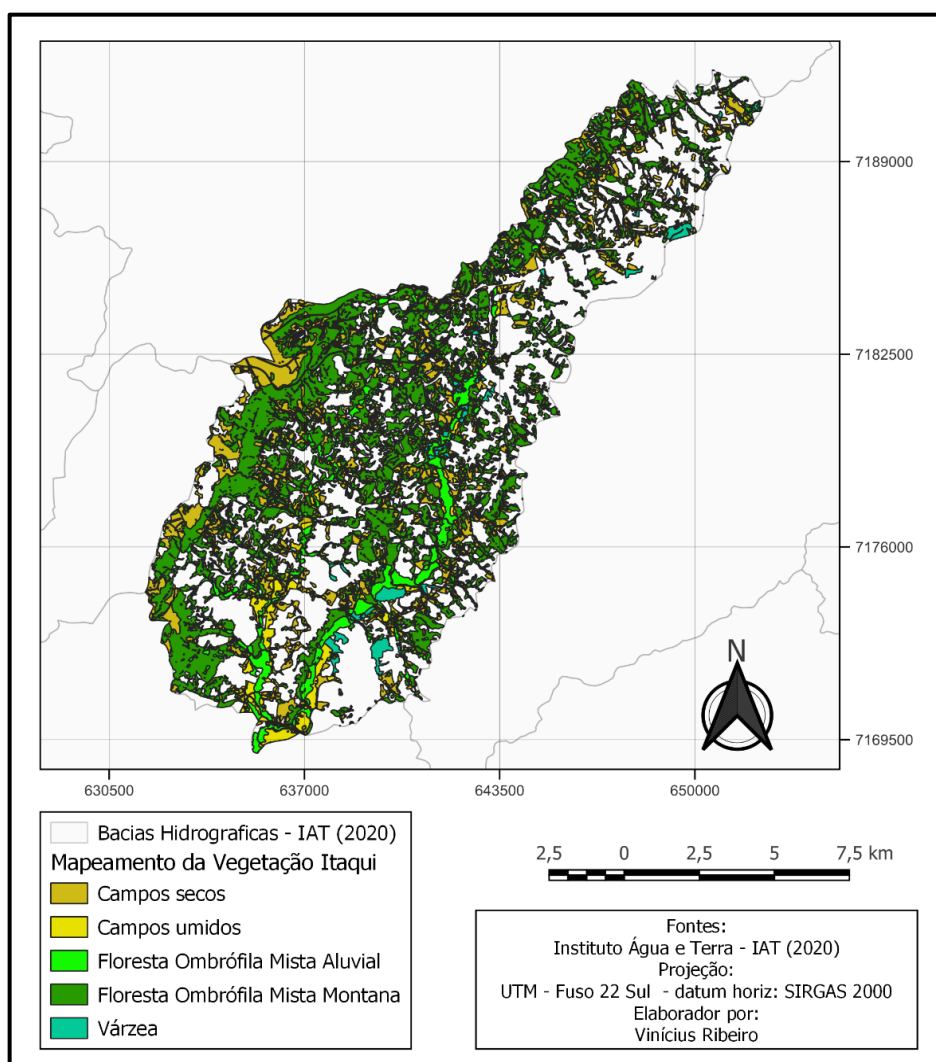
FONTE: Bacias hidrográficas IAT (2020); Reservas legais cadastradas no SICAR (2022); MMA (2007); adaptado pelo autor.

## 4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 SUB-BACIA DO RIO ITAQUI

A Figura 6 a seguir apresenta o mapeamento da vegetação gerado para a sub-bacia do Rio Itaquí, após serem desconsideradas as áreas com estradas mapeadas pelo SUDERHSA (2007). A partir desta reclassificação do uso do solo, calculou-se uma redução em 647,1 ha no mapeamento de vegetação realizado pelo IAT (2020). Além da redução da área de vegetação nativa, a malha viária ocasiona diversos impactos negativos para a dinâmica da cobertura florestal (LUPINETTI, 2019), tais como os efeitos de borda e da fragmentação.

Figura 6 – MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO PARA A SUB-BACIA DO RIO ITAQUI, TENDO POR BASE COLETE (2021) ADAPTADO DE IAT E DESCONTANDO-SE AS FAIXAS VIÁRIAS.



FONTE: O autor (2022).

A tabela a seguir apresenta o uso e ocupação do solo para a sub-bacia do Rio Itaquí. A Floresta Ombrófila Mista Montana é a classe de vegetação mais abrangente na sub-bacia, com 6.198 ha (32,84% do total). Após a reclassificação do uso do solo, essa classe sofreu a maior redução em termos percentuais de área, com a reclassificação de 314,6 ha dos 6.512 ha originalmente mapeados para classe “outros usos”. Em seguida, a classe de vegetação mais abrangente é representada por campos secos/pastagem, com o total de 2.673 ha, representando 14,16% de ocupação na sub-bacia. Já as classes de vegetação nativa com menor cobertura na paisagem são a de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, com 1.171 ha (6,20%), campos úmidos/pastagens, com 607 ha (3,22%) e “várzea”, com 304 ha (1,61%).

Tabela 1 – Uso e ocupação do solo na sub-bacia do Rio Itaquí.

| Classe de uso do solo            | Área (ha)     | Área (%)       |
|----------------------------------|---------------|----------------|
| Outros usos                      | 7.919         | 41,96%         |
| Floresta Ombrófila Mista Montana | 6.198         | 32,84%         |
| Campos secos / pastagem          | 2.673         | 14,16%         |
| Floresta Ombrófila Mista Aluvial | 1.171         | 6,20%          |
| Campos úmidos / pastagem         | 607           | 3,22%          |
| Várzea                           | 304           | 1,61%          |
| <b>Total</b>                     | <b>18.872</b> | <b>100,00%</b> |

FONTE: O autor (2022).

#### 4.1.1 Métricas de área e borda

A partir da análise das métricas de área e borda calculadas para as classes de vegetação em toda a sub-bacia, verificou-se que as classes de uso do solo mais abrangentes apresentaram os maiores valores para as métricas de área e borda. A tabela a seguir apresenta as métricas de área e borda calculadas para as diferentes classes de vegetação. Os valores de cobertura da terra apresentaram variações de até 0,5% em relação aos calculados através do *shapfile* vetorizado, devido a resolução de 10 metros de pixel e ao filtro adotados para a geração do raster de uso do solo.

Tabela 2 - Métricas de área e borda de vegetação nativa para a sub-bacia do Rio Itaquí.

| Classe de vegetação              | Cobertura da terra (ha) | Proporção da cobertura da terra | Total de borda (km) | Densidade de borda (m/ha) |
|----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------|
| Floresta Ombrófila Mista Montana | 6.234                   | 33,0%                           | 1947,04             | 103,2                     |

| <b>Classe de vegetação</b>       | <b>Cobertura da terra (ha)</b> | <b>Proporção da cobertura da terra</b> | <b>Total de borda (km)</b> | <b>Densidade de borda (m/ha)</b> |
|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Campos secos/pastagens           | 2.669                          | 14,1%                                  | 1172,96                    | 62,2                             |
| Floresta Ombrófila Mista Aluvial | 1.102                          | 5,8%                                   | 573,22                     | 30,4                             |
| Campos umidos/pastagens          | 585                            | 3,1%                                   | 272,18                     | 14,4                             |
| Várzea                           | 304                            | 1,6%                                   | 99,74                      | 5,3                              |

FONTE: O autor (2022).

#### 4.1.2 Métricas de manchas

As métricas de manchas calculadas indicam que a Floresta Ombrófila Mista Aluvial possui o maior número e densidade de manchas, entretanto, apresenta os menores valores para as métricas relacionadas a área das manchas. Para estes parâmetros, merece destaque a classe de Floresta Ombrófila Mista Montana, que apresentou a maior área de mancha, com 505,98 ha e índice de maior mancha correspondente a 2,68% da sub-bacia. As classes de “campos secos/pastagem” e “várzea”, apesar de menos abrangentes, possuem os maiores valores para mediana de área de manchas.

Tabela 3 - Métricas de manchas para sub-bacia do Rio Itaquí

| <b>Classe de vegetação</b>       | <b>Número de manchas</b> | <b>Densidade das manchas</b> | <b>Maior área de mancha (ha)</b> | <b>Mediana da área de manchas(ha)</b> | <b>Mediana da área de manchas</b> | <b>Índice de maior mancha</b> |
|----------------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Floresta Ombrófila Mista Montana | 960                      | 0,051                        | 505,98                           | 6,49                                  | 1,06                              | 2,68                          |
| Campos secos                     | 1152                     | 0,061                        | 84,51                            | 2,32                                  | 1,135                             | 0,45                          |
| Floresta Ombrófila Mista Aluvial | 1272                     | 0,067                        | 49,68                            | 0,87                                  | 0,21                              | 0,26                          |
| Campos umidos                    | 511                      | 0,027                        | 48,31                            | 1,14                                  | 0,31                              | 0,26                          |
| Várzea                           | 76                       | 0,004                        | 40,13                            | 4,00                                  | 1,64                              | 0,21                          |

FONTE: O autor (2022).

#### 4.1.3 Índices de fragmentação

As classes de uso do solo “FOM Montana” e “campos secos/pastagem” também apresentaram os melhores valores para os índices de conectividade e fragmentação considerados na sub-bacia. O tamanho efetivo de malha (m), que indica a probabilidade de duas células escolhidas ao acaso estarem em um mesmo

fragmento, alcançou o maior valor para classe de “FOM Montana”, seguido pela classe de “Campos secos/pastagem”. Ainda, o índice de divisão, que representa o nível de fragmentação de cada classe, indicou os menores valores calculados para essas classes. Na sequência, a classe de “FOM Aluvial” apresentou os melhores valores para os índices considerados.

Embora os valores indiquem menor fragmentação das florestas montanas e campos secos/pastagem, destaca-se a relevância das florestas aluviais para conectividade da paisagem entre os compartimentos fitoambientais, formando corredores responsáveis pela conexão com as outras classes de vegetação. Essa interconexão contribui para a dispersão das espécies arbóreas e maximização entre os fragmentos (HARRIS, 1984; VALENTE, 2001).

Já a classe de “Campos úmidos” e “várzea” apresentaram os piores valores para os índices avaliados de fragmentação e conectividade. Isso pode ocorrer por se tratar de um ambiente geralmente formado por mosaicos de vegetação florestal alternado com vegetação aberta (formações pioneiras e campos hidrófilos), que dão a essas áreas uma condição natural de fragmentação, porém conectada às outras formas de vegetação.

Tabela 4 - Índices de fragmentação para a sub-bacia do Rio Itaqui.

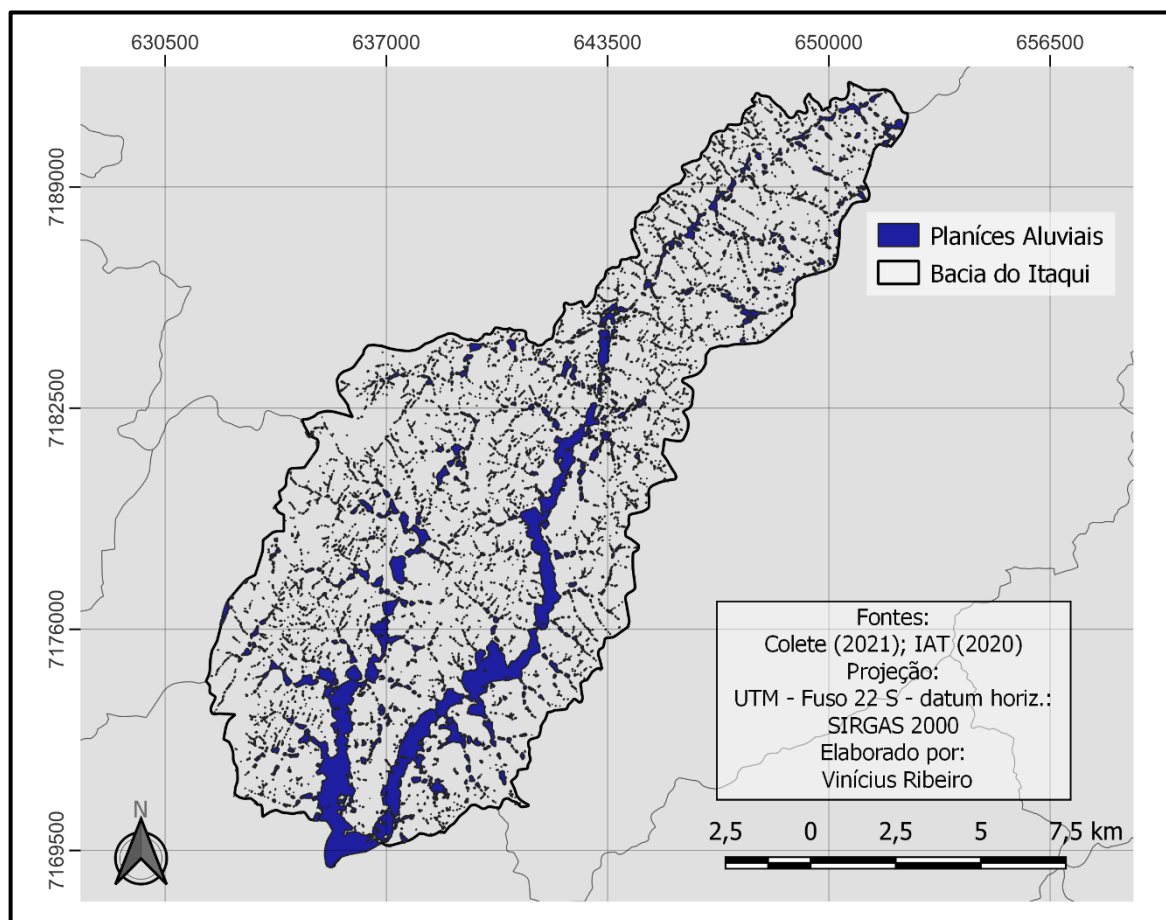
| Uso solo total | Índice de divisão da terra | Tamanho de malha efetivo | Índice de divisão |
|----------------|----------------------------|--------------------------|-------------------|
| Outros usos    | 0,85015                    | 28.269.238               | 7                 |
| Fom Montana    | 0,99822                    | 336.317                  | 561               |
| Campos secos   | 0,99990                    | 18.161                   | 10.388            |
| FOM Aluvial    | 0,99995                    | 8.687                    | 21.717            |
| Campos úmidos  | 0,99998                    | 4.093                    | 46.092            |
| Varzea         | 0,99999                    | 2.779                    | 67.875            |

FONTE: O autor (2022).

## 4.2 COMPARTIMENTAÇÃO DA VEGETAÇÃO

Após a reclassificação dos solos e áreas de planícies aluviais, foi realizada a análise da paisagem compartimentando-se a vegetação por tipos de solo, em que se destacam as tipologias vegetais que ocorrem preferencialmente em ambientes úmidos. O mapa a seguir (Figura 7) apresenta a delimitação considerada para os solos aluviais na sub-bacia do Rio Itaqui, conforme proposto por Colete (2021).

Figura 7 – RECLASSIFICAÇÃO DE SOLOS ALUVIAIS PARA A BACIA DO ITAQUI, CONFORME PROPOSTO POR COLETE (2021).



FONTE: Colete (2021), adaptado pelo autor.

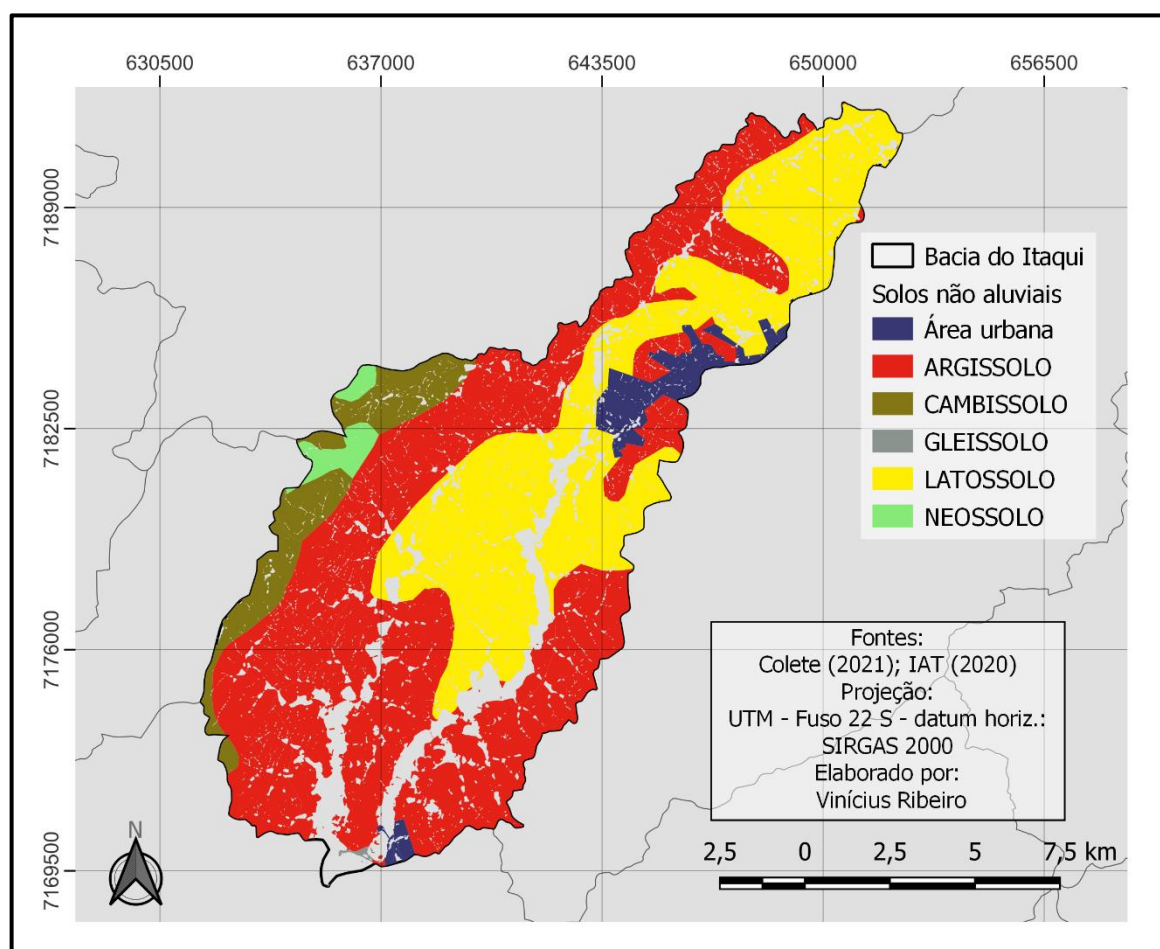
Para as demais classes de uso de solo mapeadas pelo IAT (2020), foram desconsideradas as áreas em planícies aluviais, bem como as áreas com massas d'água. Os solos considerados para a compartimentação da análise da paisagem foram os argissolos, cambissolos, latossolos, neossolos e gleissolos e os solos chamados genericamente de solos aluviais, correspondentes às áreas de ocorrência de planícies aluviais (Figura 8). Quanto aos organossolos, estes foram reclassificadas de acordo com o solo de maior ocorrência no entorno, além de serem considerados outros *shapefiles* de solos para a tomada de decisão (EMBRAPA/EMATER, 2002; IBGE, 2020). Deste modo, as áreas indicadas como organossolos em planícies aluviais foram incorporadas à classe “solos aluviais”; a parte ao sul onde o mapa EMBRAPA (2008) representa organossolos em áreas de encosta foi reclassificada para o compartimento onde predominam argissolos, e as demais áreas de encosta

originalmente mapeadas como organossolos, reclassificadas para o compartimento onde predominam latossolos.

Embora tal reclassificação possa apresentar alguma imprecisão nos limites das classes, por não ter sido consideradas informações de campo, entende-se que eventuais imprecisões serão menores do que manter áreas de encosta, provavelmente bem drenadas, como Organossolos.

Importante destacar que, em função da escala, o mapa de solos e, conseqüentemente, a compartimentação adotada, não contemplam variações de solo das toposequências, tais como nas áreas de transição planície/encosta.

Figura 8 - RECLASSIFICAÇÃO DE SOLOS PARA A BACIA DO ITAQUI, CONSIDERANDO A DELIMITAÇÃO DAS PLANÍCIES ALUVIAIS (SOLOS ALUVIAIS).



FONTE: Mapa de Solos do estado do Paraná, EMBRAPA (2008), de acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS, 2006), adaptado pelo autor.

#### 4.2.1 Métricas de área e borda

Ao serem ordenados os valores em função da proporção da cobertura da terra (Tabela 5), observou-se que a classe “campos secos/pastagem” apresentou o maior valor para proporção da cobertura da terra nos Neossolos. Essa ordem de solo pode ser considerada como pouco evoluída (jovem), devido a inexpressão acentuada de nenhum processo de formação do solo (Santos *et al.*, 2013). Ainda, são geralmente pouco profundos e ocorrem em relevos declivosos com elevado risco de erosão. Na região em questão, correspondem a Neossolos Regolíticos ocorrentes no topo da escarpa devoniana, nas áreas da formação Furnas, em área de ocorrência de estepe gramíneo lenhosa. Para a Floresta Ombrófila Mista Montana foram obtidos os maiores valores de cobertura da terra (ha) e proporção da cobertura da terra (%) entre as classes de vegetação. Esta fitofisionomia apresentou 18,97% de cobertura considerando apenas os fragmentos em Argissolos e 29,19% incluindo os fragmentos em Latossolos. Estes solos são os tipos mais comuns no Brasil e ocorrem em todos os estados (IBGE, 2015). Os Argissolos são normalmente ácidos e cauliníticos, intemperizados, nos quais houve acumulação de argila no horizonte B. Em função da variação textural ao longo do perfil os Argissolos são susceptíveis à erosão. Os Latossolos também são considerados como muito intemperizados e normalmente bem drenados e profundos, maioria distrófico, ácidos e de relevo plano a suave ondulado. Desse modo, esses fatores favorecem a mecanização para o avanço de áreas agrícolas ou até mesmo expansão urbana e industrial (KAMPF *et al.*, 2017).

Os Cambissolos são um pouco mais evoluídos que os Neossolos, visto que possuem horizonte B, mas ainda não apresentam a diferenciação de outro horizonte diagnóstico subsuperficial (LIMA, 2020). No Brasil estes solos ocorrem preferencialmente em áreas serranas ou montanhosas (IBGE, 2015). Como apresentado na Tabela 5 a seguir, os Cambissolos possuem áreas com FOM Montana e campos secos/pastagem em maior proporção da cobertura da terra.

Tabela 5 - Métricas de área e borda em compartimentos do solo da bacia do rio Itaqui - PR.

| Solos       | Uso do solo  | Cobertura da terra (ha) | Proporção da cobertura da terra | Total de borda (km) | Densidade de borda (km/ha) |
|-------------|--------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------|----------------------------|
| Área urbana | Outros usos  | 524,36                  | 2,78%                           | 88,98               | 47,12                      |
|             | FOM Montana  | 88,21                   | 0,47%                           | 43,9                | 23,25                      |
|             | Campos secos | 27,17                   | 0,14%                           | 12,14               | 6,43                       |

| Solos          | Uso do solo   | Cobertura da terra (ha) | Proporção da cobertura da terra | Total de borda (km) | Densidade de borda (km/ha) |
|----------------|---------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------|----------------------------|
|                | Varzea        | 0,44                    | 0,00%                           | 0,4                 | 0,21                       |
| Argissolos     | Outros usos   | 4037,32                 | 21,38%                          | 1020,72             | 540,58                     |
|                | FOM Montana   | 3582,28                 | 18,97%                          | 1083,3              | 573,72                     |
|                | Campos secos  | 1280,96                 | 6,78%                           | 617,92              | 327,25                     |
|                | Varzea        | 92,87                   | 0,49%                           | 44,94               | 23,8                       |
| Cambissolos    | FOM Montana   | 586,5                   | 3,11%                           | 126,44              | 66,96                      |
|                | Campos secos  | 375,43                  | 1,99%                           | 122,62              | 64,94                      |
|                | Outros usos   | 221,23                  | 1,17%                           | 94,3                | 49,94                      |
| Gleissolos     | Outros usos   | 5,54                    | 0,03%                           | 5,6                 | 2,97                       |
|                | FOM Montana   | 5,03                    | 0,03%                           | 3,64                | 1,93                       |
|                | Campos secos  | 3,27                    | 0,02%                           | 4,1                 | 2,17                       |
| Latossolos     | Outros usos   | 2685,5                  | 14,22%                          | 720,84              | 381,76                     |
|                | FOM Montana   | 1930,24                 | 10,22%                          | 750,78              | 397,62                     |
|                | Campos secos  | 837,04                  | 4,43%                           | 410,86              | 217,59                     |
|                | Varzea        | 64,93                   | 0,34%                           | 37,86               | 20,05                      |
| Neossolos      | Campos secos  | 148,51                  | 0,79%                           | 35,1                | 18,59                      |
|                | Outros usos   | 61,72                   | 0,33%                           | 27,82               | 14,73                      |
|                | FOM Montana   | 51,03                   | 0,27%                           | 18,34               | 9,71                       |
| Solos aluviais | FOM Aluvial   | 1104,1                  | 5,85%                           | 574,1               | 304,05                     |
|                | Campos unidos | 585,86                  | 3,10%                           | 272,48              | 144,31                     |
|                | Outros usos   | 438,89                  | 2,32%                           | 310,52              | 164,45                     |
|                | Varzea        | 143,5                   | 0,76%                           | 61,48               | 32,56                      |

FONTE: O autor (2022).

#### 4.2.2 Métricas de manchas

As métricas de manchas avaliadas para os compartimentos de solos indicam a predominância de fragmentos de Floresta Ombrófila Mista Aluvial e campos secos/pastagem na paisagem.

O maior fragmento calculado tem 291,16 ha e pertence a classe de FOM Montana em Argissolos. As áreas classificadas como campos secos/pastagem tiveram 642 manchas mapeadas em Argissolos, além de apresentarem média de área

de manchas superior à de FOM Aluvial. A Tabela 6 a seguir apresenta a relação das métricas de manchas para os compartimentos do solo, ordenadas em função do número de manchas.

Tabela 6 - Métricas de manchas em compartimentos do solo da bacia do Rio Itaqui - PR.

| Solos          | Tipologia     | Número de manchas | Maior área de mancha (ha) | Media da área de manchas (ha) | Mediana da área de manchas (ha) |
|----------------|---------------|-------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Área urbana    | FOM Montana   | 48                | 16,7                      | 1,84                          | 0,64                            |
|                | Campos secos  | 19                | 9,21                      | 1,43                          | 0,31                            |
|                | Outros usos   | 6                 | 459,76                    | 8,74                          | 10,64                           |
|                | Varzea        | 1                 | 0,44                      | 0,44                          | 0,44                            |
| Argissolos     | Campos secos  | 642               | 27,1                      | 2                             | 1,07                            |
|                | FOM Montana   | 566               | 291,16                    | 6,33                          | 0,97                            |
|                | Outros usos   | 175               | 679,44                    | 23,07                         | 1,28                            |
|                | Varzea        | 45                | 27,04                     | 2,06                          | 1,15                            |
| Cambissolos    | Campos secos  | 94                | 55,68                     | 3,99                          | 1,5                             |
|                | Outros usos   | 43                | 89,28                     | 5,14                          | 0,7                             |
|                | FOM Montana   | 41                | 214,88                    | 14,3                          | 1,62                            |
| Gleissolos     | Campos secos  | 11                | 0,59                      | 0,3                           | 0,33                            |
|                | FOM Montana   | 5                 | 3,5                       | 1,01                          | 0,42                            |
|                | Outros usos   | 1                 | 5,54                      | 5,54                          | 5,54                            |
| Latosolos      | Campos secos  | 462               | 25,33                     | 1,81                          | 1,02                            |
|                | FOM Montana   | 436               | 90,5                      | 4,43                          | 1,16                            |
|                | Outros usos   | 103               | 1949,9                    | 26,07                         | 0,97                            |
|                | Varzea        | 58                | 18,94                     | 1,12                          | 0,4                             |
| Neossolos      | Campos secos  | 24                | 43,88                     | 6,19                          | 1,36                            |
|                | Outros usos   | 11                | 30,39                     | 5,61                          | 2,68                            |
|                | FOM Montana   | 10                | 17,79                     | 5,1                           | 2,26                            |
| Solos aluviais | FOM Aluvial   | 1266              | 64,04                     | 0,87                          | 0,21                            |
|                | Outros usos   | 623               | 26,63                     | 0,7                           | 0,23                            |
|                | Campos umidos | 510               | 48,33                     | 1,15                          | 0,31                            |

| Solos | Tipologia | Número de manchas | Maior área de mancha (ha) | Media da área de manchas (ha) | Mediana da área de manchas (ha) |
|-------|-----------|-------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
|       | Varzea    | 87                | 27,93                     | 1,65                          | 0,6                             |

FONTE: O autor (2022).

#### 4.2.3 Índices de fragmentação

A Floresta Ombrófila Mista Montana apresentou os melhores valores calculados para os índices de fragmentação e conectividade considerados. Conforme apresentado na Tabela 7 a seguir, a FOM Montana representou os melhores valores em Argissolos, seguido por Cambissolos e Latossolos. Os maiores fragmentos de FOM Montana estão situados na APA da Escarpa Devoniana e são consideradas como áreas mais frágeis essenciais para conservação. Ainda, verifica-se a importância desses remanescentes como potencial uso sustentável para garantia de outros serviços ecossistêmicos, como qualidade da água e fornecimento de alimentos de origem nativa.

Em seguida os melhores índices foram calculados para FOM Aluvial em solos aluviais, demonstrando a importância desse ambiente com menor proporção na cobertura da terra para conectividade da sub-bacia.

Tabela 7 - Índices de fragmentação da vegetação em diferentes compartimentos do solo, na bacia do rio Itaqui - PR.

| Solos       | Tipologia    | Índice de divisão da terra | Tamanho de malha efetivo | Índice de divisão |
|-------------|--------------|----------------------------|--------------------------|-------------------|
| Área urbana | Outros usos  | 0,999401496                | 113.010                  | 1.671             |
|             | FOM Montana  | 0,999998164                | 347                      | 544.777           |
|             | Campos secos | 0,999999575                | 80                       | 2.354.933         |
|             | Varzea       | 0,999999999                | 0,1025                   | 1.841.587.988     |
| Argissolos  | Outros usos  | 0,9956402                  | 823.219                  | 229               |
|             | FOM Montana  | 0,999308291                | 130.609                  | 1.446             |
|             | Campos secos | 0,999976164                | 4.501                    | 41.954            |
|             | Varzea       | 0,99999738                 | 495                      | 381.683           |
| Cambissolos | FOM Montana  | 0,999764916                | 44.389                   | 4.254             |
|             | Outros usos  | 0,999973186                | 5.063                    | 37.294            |
|             | Campos secos | 0,999976712                | 4.397                    | 42.941            |
| Gleissolos  | Outros usos  | 0,999999914                | 16                       | 11.616.580        |
|             | FOM Montana  | 0,999999964                | 7                        | 27.606.637        |
|             | Campos secos | 0,999999997                | 0,6175                   | 305.799.326       |
| Latosolos   | Outros usos  | 0,989078638                | 2.062.176                | 92                |
|             | FOM Montana  | 0,999852304                | 27.888                   | 6.771             |
|             | Campos secos | 0,999985445                | 2.748                    | 68.705            |
|             | Varzea       | 0,999998755                | 235                      | 803.417           |
| Neossolos   | Campos secos | 0,999990412                | 1.810                    | 104.302           |
|             | Outros usos  | 0,999996744                | 615                      | 307.147           |

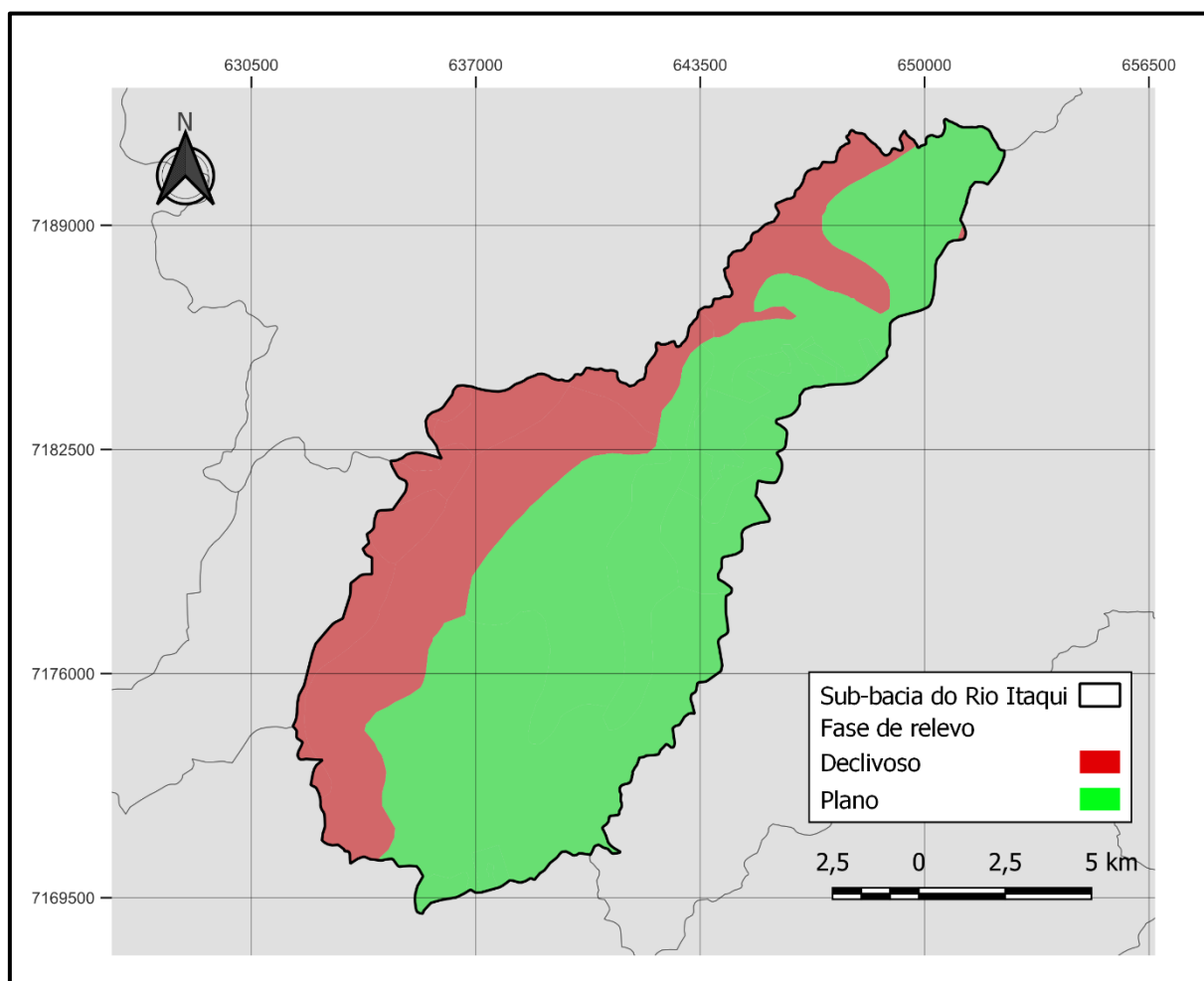
| Solos          | Tipologia     | Índice de divisão da terra | Tamanho de malha efetivo | Índice de divisão |
|----------------|---------------|----------------------------|--------------------------|-------------------|
|                | FOM Montana   | 0,999998375                | 307                      | 615.535           |
| Solos aluviais | FOM Aluvial   | 0,999942535                | 10.851                   | 17.402            |
|                | Campos úmidos | 0,999978107                | 4.134                    | 45.678            |
|                | Outros usos   | 0,999991552                | 1.595                    | 118.369           |
|                | Varzea        | 0,999996057                | 744                      | 253.638           |

FONTE: O autor (2022).

### 4.3 RELEVO

O *shapefile* disponibilizado pelo IAT (2020) também apresenta a subdivisão para as diferentes fases do relevo. Para o presente estudo, as classes definidas como “plano” e “suave ondulado” foram enquadradas como “relevo plano” e as classes “forte ondulado”, “ondulado” e “montanhoso” foram classificadas como “relevo declivoso”. O mapa a seguir apresenta a delimitação das áreas mapeadas como “relevo plano” e “relevo declivoso” considerados para as análises de paisagem.

Figura 9 - RECLASSIFICAÇÃO DE FASES DE RELEVO, ADAPTADO DE IAT (2020)



FONTE: IAT (2020), adaptado pelo autor.

#### 4.3.1 Métricas de área e borda

Após a compartimentação da vegetação por tipo de relevo, observa-se ainda a predominância de áreas de FOM Montana em ambos relevos classificados, com destaque para áreas declivosas, que apresentaram maiores valores para cobertura da terra (ha) e proporção de cobertura da terra (%) na fase de relevo. As áreas mapeadas como “campos secos/pastagem” possuem valores aproximados de proporção da cobertura da terra, mas apresentam maior cobertura da terra (ha) em relevos planos (Tabela 8).

Tabela 8 - Métricas de área e borda por fase de relevo, na bacia do Rio Itaqui – PR.

| Relevo    | Classe      | Cobertura da terra (ha) | Proporção da cobertura da terra | Total de borda (km) | Densidade de borda (m/ha) |
|-----------|-------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------|
| Declivoso | FOM Montana | 3147,16                 | 29,13%                          | 790,64              | 73,2                      |

| Relevo | Classe        | Cobertura da terra (ha) | Proporção da cobertura da terra | Total de borda (km) | Densidade de borda (m/ha) |
|--------|---------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------|
|        | Campos secos  | 1162,22                 | 10,76%                          | 462,38              | 42,81                     |
|        | FOM Aluvial   | 197,07                  | 1,82%                           | 178,96              | 16,56                     |
|        | Campos umidos | 54,33                   | 0,50%                           | 47,74               | 4,42                      |
|        | Varzea        | 18,42                   | 0,17%                           | 10,72               | 0,99                      |
| Plano  | FOM Montana   | 3031,26                 | 28,06%                          | 1.162               | 107,59                    |
|        | Campos secos  | 1493,14                 | 13,82%                          | 717,64              | 66,44                     |
|        | FOM Aluvial   | 893,88                  | 8,27%                           | 391,88              | 36,28                     |
|        | Campos umidos | 517,76                  | 4,79%                           | 225,44              | 20,87                     |
|        | Varzea        | 285,68                  | 2,64%                           | 89,7                | 8,3                       |

FONTE: O autor (2022).

#### 4.3.2 Métricas de manchas

As métricas de manchas indicam o maior número de manchas (836) para a classe de “Campos secos/pastagem” em relevo plano. Entretanto a FOM Montana apresentou o segundo maior número de manchas (826) e os maiores valores de média da área de manchas em relevo plano e declivoso. Desse modo, conclui-se que os fragmentos de FOM Montana são predominantes em ambas as fases do terreno, mas tendem a apresentar maior conectividade em relevos declivosos. Em seguida, a FOM Aluvial apresentou o maior número de manchas para ambas as fases do relevo, com 745 manchas em relevo plano e 535 em relevo declivoso.

Tabela 9 – Métricas de manchas por fases de relevo na bacia do Rio Itaqui - PR.

| Relevo    | Tipologia     | Número de manchas | Maior área de mancha (ha) | Media da área de manchas (ha) | Mediana da área de manchas (ha) |
|-----------|---------------|-------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Declivoso | FOM Aluvial   | 535               | 5,45                      | 0,37                          | 0,19                            |
|           | Campos secos  | 468               | 84,51                     | 2,48                          | 1                               |
|           | FOM Montana   | 379               | 506,93                    | 8,3                           | 0,67                            |
|           | Campos umidos | 147               | 3,57                      | 0,37                          | 0,19                            |
|           | Varzea        | 13                | 3,22                      | 1,42                          | 1,5                             |
| Plano     | Campos secos  | 836               | 27,69                     | 1,79                          | 0,9                             |
|           | FOM Montana   | 826               | 96,62                     | 3,67                          | 0,72                            |
|           | FOM Aluvial   | 745               | 49,84                     | 1,2                           | 0,23                            |
|           | Campos umidos | 376               | 40,2                      | 1,38                          | 0,39                            |

| Relevo | Tipologia | Número de manchas | Maior área de mancha (ha) | Media da área de manchas (ha) | Mediana da área de manchas (ha) |
|--------|-----------|-------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
|        | Varzea    | 67                | 40,13                     | 4,26                          | 1,65                            |

FONTE: O autor (2022).

#### 4.3.3 Índices de fragmentação

A classe de “FOM Montana” apresentou os melhores valores para os índices de conectividade e fragmentação em ambas fases do relevo, considerando todos os índices avaliados. Para a classe “FOM Montana” e “Campos secos/pastagem” foram obtidos os melhores valores para o relevo declivoso. Tais indicadores representam que as áreas de FOM Montana, apesar de possuírem os maiores valores para métricas de área e borda, apresentaram menor grau de fragmentação, com destaque para os terrenos com relevo declivoso.

Tabela 10 - Índices de fragmentação por fases de relevo na bacia do Rio Itaqui - PR.

| Relevo    | Classe        | Índice de divisão da terra | Tamanho de malha efetivo | Índice de divisão |
|-----------|---------------|----------------------------|--------------------------|-------------------|
| Declivoso | FOM Montana   | 0,99549469                 | 486615                   | 222               |
|           | Campos secos  | 0,999796212                | 22011                    | 4907              |
|           | FOM Aluvial   | 0,999997806                | 237                      | 455812            |
|           | Campos umidos | 0,999999562                | 47                       | 2281780           |
|           | Varzea        | 0,999999683                | 34                       | 3156160           |
| Plano     | FOM Montana   | 0,999324645                | 72945                    | 1481              |
|           | FOM Aluvial   | 0,999864089                | 14680                    | 7358              |
|           | Campos secos  | 0,999911462                | 9563                     | 11295             |
|           | Campos umidos | 0,999942092                | 6255                     | 17269             |
|           | Varzea        | 0,999955419                | 4815                     | 22431             |

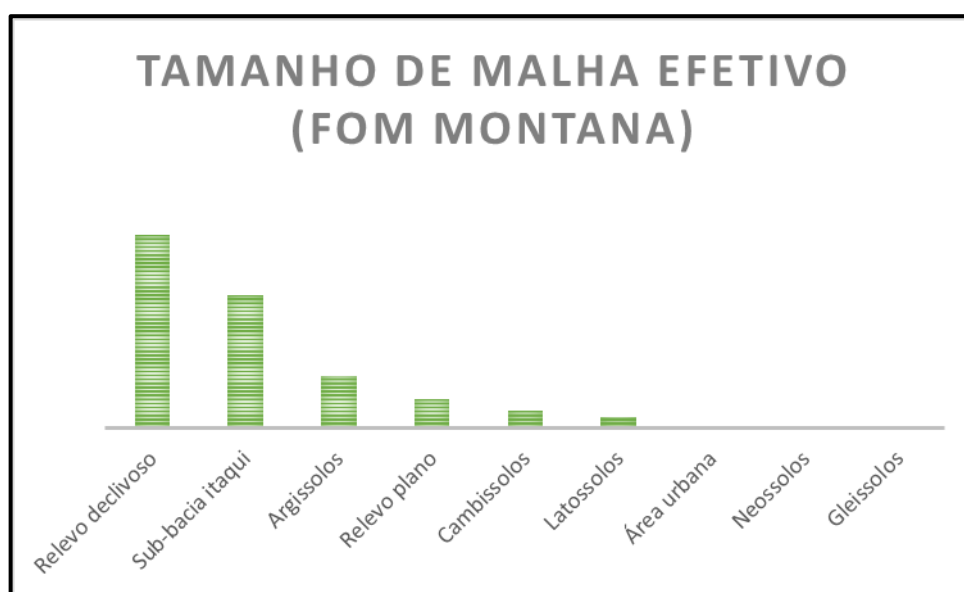
FONTE: O autor (2022).

Era de se esperar que em função da necessidade de preservação das APPs, a FOM Aluvial apresentasse os maiores valores de conectividade nestas análises. Entretanto a predominância da FOM Montana está relacionada com a APA da Escarpa Devoniana e conservação de outras áreas legalmente protegidas, tais como reservas legais e outras unidades de conservação.

#### 4.4 COMPARAÇÃO ENTRE COMPARTIMENTOS AMBIENTAIS

De forma geral, a classe FOM Montana apresentou os maiores valores observados para as métricas de área nos compartimentos avaliados. Ainda, foi a classe que apresentou os melhores valores para os índices de conectividade e fragmentação avaliados, considerando toda a sub-bacia do Rio Itaqui. Esses índices são considerados melhores para a FOM Montana em argissolos ou em relevos declivosos. O gráfico a seguir apresenta a relação entre os índices de conectividade calculados para a FOM Montana nos diferentes compartimentos ambientais.

Figura 10 – RELAÇÃO DOS ÍNDICES DE FRAGMENTAÇÃO PARA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA, POR COMPARTIMENTO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO ITAQUI – PR.



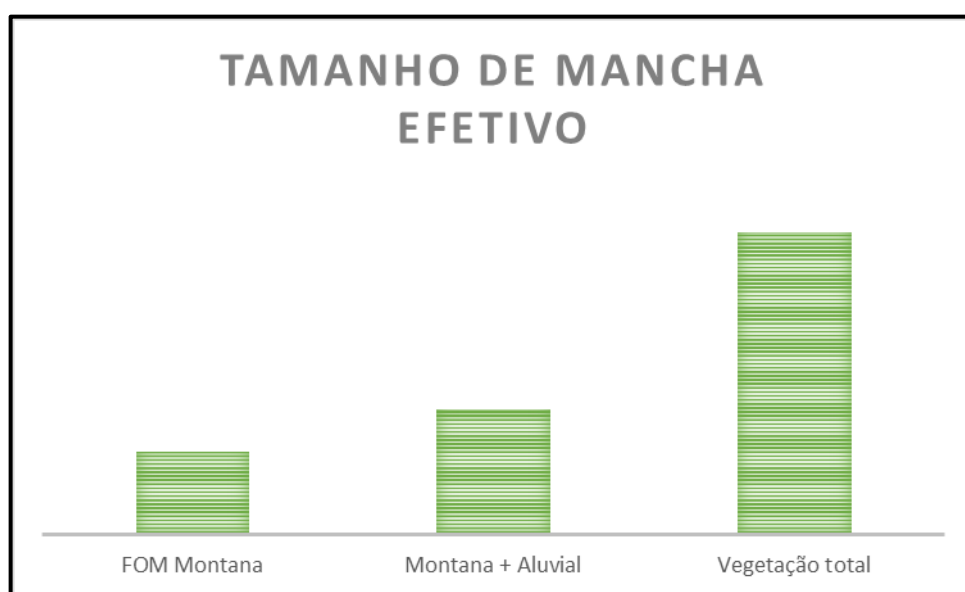
FONTE: O autor (2022).

A classe de FOM Aluvial apresentou valores menores para as métricas de área quando comparado com a FOM Montana, entretanto, é superior a todas as classes em solos aluviais. Além da FOM Aluvial apresentar os maiores valores para as métricas de área em solos aluviais, também retrata os melhores índices de conectividade e fragmentação considerando todas as análises realizadas. Deste modo, conclui-se que a FOM Aluvial possui papel fundamental para a conectividade dos fragmentos de vegetação da sub-bacia do Rio Itaqui, apesar de não apresentar a maior classe de vegetação.

O gráfico a seguir apresenta os índices de conectividade comparados considerando diferentes formas de classificar a vegetação na sub-bacia do Itaqui.

Primeiramente foram consideradas as áreas da classe “FOM Montana”, por ser considerada a matriz da sub-bacia do Itaquí. Em seguida, acresceram-se as áreas de FOM Aluvial para avaliação da sua contribuição na conectividade para as áreas com floresta. Ainda, foram consideradas todas as classes de vegetação unificadas (FOM Montana, FOM Aluvial, campos secos/pastagem, campos úmidos/pastagem e várzea), com o intuito de avaliar a contribuição dessas áreas para conectividade da sub-bacia, considerando que também podem servir como caminho para fauna terrestre e dispersão de espécies da flora (BENCKE, 2009). Ademais, sistemas integrados de pastagem com floresta podem aumentar o potencial de passagem para a fauna terrestre.

Figura 11 – RELAÇÃO DO ÍNDICE DE FRAGMENTAÇÃO EM ÁREAS VEGETADAS DA BACIA DO RIO ITAQUI - PR.



FONTE: O autor (2022).

A classe de “campos secos / pastagem” representa a segunda maior classe de vegetação na paisagem da sub-bacia do Rio Itaquí e teve os melhores valores calculados para as métricas de paisagem nos Neossolos, Latossolos, Cambissolos e áreas de relevo enquadrado como declivoso. Considerando a existência da formação nativa de estepe gramíneo-lenhosa (campos naturais) na sub-bacia, espera-se que as áreas em Neossolos e Cambissolos, com relevos mais declivosos, possuam o maior percentual de remanescentes para esta tipologia. Já nos Latossolos, onde se tem um

terreno mais plano e é possível a mecanização dos solos para conversão de áreas em agricultura, espera-se que ocorram áreas de pastagem com maior frequência.

Para a classe de “campos úmidos / pastagem”, assim como para a FOM Aluvial, verificou-se que os maiores valores calculados para as métricas de área são em solos aluviais. De modo similar, as áreas classificadas como “várzea” também apresentaram os seus maiores valores de métricas de paisagem e índices de fragmentação para os solos aluviais.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O refinamento da classificação da vegetação indicou uma redução em 353 ha (4,57%) das áreas originalmente mapeadas como Floresta Ombrófila Mista pelo IAT (2020), na sub-bacia do Rio Itaquí. A classe de Floresta Ombrófila Mista Montana ainda apresentou a maior cobertura de proporção da terra (33%), seguida por áreas classificadas como “campos secos/pastagem” (14,1%). Verificou-se a importância da conservação dos ambientes úmidos para a conectividade dos remanescentes de vegetação nativa e formação de corredores ecológicos, com destaque para FOM Aluvial.

Os fragmentos de FOM Montana em compartimentos mais frágeis das encostas, em relevo declivoso e em Argissolos, apresentaram os melhores índices de conectividade, quando comparados às áreas mais planas e com predomínio de Latossolos.

Os Neossolos presentes no segundo planalto apresentaram os maiores valores observados para as métricas de área e índices de conectividade na classe de “campos secos/pastagem”, onde ocorre a formação de Estepe Gramíneo-lenhosa (campos-naturais) como matriz da paisagem. Esses ambientes são fundamentais para a preservação dos campos naturais, visto que possuem formação recente e apresentam relevos declivosos, além de serem solos rasos ou pouco profundos.

As áreas em relevo plano apresentaram melhores índices de fragmentação e conectividade para as classes “FOM Aluvial”, “Campos úmidos/pastagem” e “várzea” quando comparados a fase de relevo declivosos. Essas classes também merecem destaque como áreas fundamentais para conservação da bacia do Itaquí.

Considerando as discussões realizadas, as métricas e índices de paisagem apresentaram resultados representativos para a vegetação estudada nos diferentes compartimentos ambientais. Estes indicadores permitem a comparação entre classes ou períodos de tempo e podem ser utilizados para o mapeamento de fragilidade ambiental em conjunto com outros critérios da paisagem.

### 5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para que os indicadores resultem em interpretações mais próximas da realidade das formações vegetais, é recomendado que sejam realizadas vistorias em campo para o refinamento do uso do solo e consideração de outros fatores de

degradação. Para tanto, merece destaque a segregação de áreas de campos e pastagem e das áreas de florestas em diferentes estágios sucessionais. As áreas agrupadas como campo/pastagem desconsideram as diferenças existentes na degradação e diversidade de espécies entre estas fitofisionomias. Os fragmentos florestais também apresentam diferenças significativas na estrutura decorrentes da intervenção humana, em que podem ser classificadas de acordo com o estágio sucessional de regeneração secundária ou mata primária (Resolução Conama nº 02/1994). Ainda, mais dados secundários de infraestrutura podem ser cruzados para o aprimoramento do mapeamento de uso do solo.

Os fragmentos por classe de vegetação também podem ser segregados por classes de tamanho, o que permite avaliar melhor as métricas de borda e fragmentação, visto que são observados valores maiores para algumas dessas métricas em função da cobertura de classes.

## REFERÊNCIAS

- AQUINO, C. S., & VALLADARES, G. S. V. S. **Geografia, geotecnologias e planejamento ambiental**. Geografia (Londrina), v. 22, n. 1, p. 117-138, 2013.
- ARAÚJO, B. C. G. **Degradação do meio ambiente e gerenciamento de resíduos sólidos**. TCC (Especialização em Gestão e Perícia Ambiental). Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Biociências, Cuiabá. 2018.
- BARROS J., W. W.; FERREIRA DA SILVA, J. A.; LUGON JÚNIOR, J.; CRUZ MOREIRA, M. A.; UMBELINO DOS SANTOS, L. F. **Análise da paisagem com o uso de geotecnologias: uma proposta metodológica para o planejamento territorial da região hidrográfica VIII - RJ**. Revista de Geociências do Nordeste, v. 4, p. 166-190, 29 nov. 2018.
- BENCKE, G. A. **Diversidade e conservação da fauna dos Campos do Sul do Brasil**. Campos sulinos, p. 101, 2009.
- BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global**. Esboço metodológico. Raega. O Espaço Geográfico em Análise, v. 8, 2004.
- BEZERRA, C. G. **Estudo da fragmentação florestal e ecologia da paisagem na sub-bacia do Córrego Horizonte, Alegre, ES**. Monografia (graduação). Universidade Federal do Espírito Santo, 2010.
- BOLFE, E. L. **Geotecnologias aplicadas à gestão de recursos naturais**. III Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, v. 3, 2006.
- BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.
- BRASIL. **Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências.
- BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.
- CAMPANILI, M.; SCHÄFFER, W. B. **Mata Atlântica: manual de adequação ambiental**. 2010.
- CARVALHO, D. W. **Os serviços ecossistêmicos como medidas estruturais para prevenção dos desastres**. Revista de Informação Legislativa, v. 52, n. 206, p. 53-65, 2015.
- COELHO, H. A.; REZENDE, E. N. **A RESPONSABILIDADE CIVIL PELA DEGRADAÇÃO DO MEIO AMBIENTE ARTIFICIAL: POSSIBILIDADE?** Ciências Sociais Aplicadas em Revista, v. 15, n. 29, p. 32-48, 2019.

COLETE, J. A. **DISTRIBUIÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA DA BACIA DO RIO ITAQUI, CAMPO LARGO E Balsa Nova- PR: RELAÇÃO COM O MEIO FÍSICO E FRAGILIDADE AMBIENTAL**. Trabalho de conclusão de curso. Engenharia Florestal. Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2013.

CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. (Ed.). **Geografia cultural: uma antologia**. SciELO-EDUERJ, 2012.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; VAN DEN BELT, M. **The value of the world's ecosystem services and natural capital**. *nature*, v. 387, n. 6630, p. 253-260, 1997.

DANTAS, M. E., ARMESTO; R. C. G., SILVA; C. R. D., & SHINZATO; E. **Geodiversidade e análise da paisagem: uma abordagem teórico-metodológica**. 2015.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM – DER. **Concessões Rodoviárias**. Disponível em: <<http://www.der.pr.gov.br/Pagina/Concessoes-Rodoviaras>>. Acesso em: 10 mar. 2022

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM - DER. **Malha Rodoviária**. Disponível em: <<https://www.der.pr.gov.br/Pagina/Malha-Rodoviaria>>. Acesso em: 10 mar. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Histórico do Rodoviarismo**. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/historico/>>. Acesso em: 14 Mar. 2022.

DONHA, A. G., Souza, L. C. D. P.; & SUGAMOSTO, M. L. **Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG**. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*, 10, 175-181. 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 20. 306 p. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Mapa de Solos do estado do Paraná**. Escala 1:250.000. Disponível em.: <[http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Aparana\\_solos\\_20201105/metadato\\_read](http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Aparana_solos_20201105/metadato_read)>. Acesso em: 05 mai. 2022.

FARINA, A. **Principles and methods in landscape ecology**. London: Chapman & Hall Ltda, 412 p., 1998.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 104p.

FORMAN, R.T.T., GODRON, M. **Landscape Ecology**. John Wiley and Sons Ltd., New York, 1986.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA - IAT. **Mapas e Dados Espaciais**. 2020. Disponível em: <<http://www.iat.pr.gov.br/>>. Acesso em: 17 abr. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Base Cartográfica Contínua do Brasil 1:250.000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019b. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15842-biomas.html?=&t=acesso-ao-produto>> Acesso em: 15 abr. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. 3ª edição. Rio de Janeiro. 2015

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Mapa de vegetação do Brasil**. 3. ed. Rio de Janeiro, IBGE. 1 mapa: color. Escala 1:5.000.000. 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ª ed. Rio de Janeiro, RJ, 2012. 271p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **CBERS**. Disponível em: <http://www.cbers.inpe.br/>. Acesso em: 17 abr. 2022.

ITCG. **Formações fitogeográficas - Estado do Paraná**. 1:2.000.000. 2009.

JOLY, C. A., PADGURSCHI, M. C. G., PIRES, A. P. F., AGOSTINHO, A. A., Marques, A. C., Amaral, A. G., ... & Loyola, R. D. (2019). **Apresentando o diagnóstico brasileiro de biodiversidade e serviços ecossistêmicos**. Embrapa Solos-Capítulo em livro científico (ALICE).

JUNG, Martin. **LecoS-A QGIS plugin for automated landscape ecology analysis**. PeerJ PrePrints, 2013.

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

KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; Campos, K. C.; Luchiari, A., & Ross, J. L. S. **Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento**. In XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (pp. 2203-2210). 2005.

KÄMPF, N.; MARQUES, J.J.; CURI, N. **Mineralogia dos solos brasileiros**. In: KER, J.C.; CURI, N.; SCHAEFER, C.E.G.R.; VIDAL-TORRADO, P. (Eds.). Pedologia: fundamentos. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. p. 81-145.

KOTLIAR, N. B.; WIENS, J. A. **Multiple Scales of Patchiness and Patch Structure: A Hierarchical Framework for the Study of Heterogeneity**. Oikos, v. 59, p. 253-260, 1990.

LIMA, M. R. **Formação e caracterização dos solos**. UFPR. Setor de Ciências Agrárias. 2020. Disponível em: <<http://www.mrlima.agrarias.ufpr.br/FCS/fcs.htm>>.

MAACK, R. 1968. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Curitiba: CODEPAR/UFPR/IBPT, 350 p.

MAXAR TECHNOLOGIES / AFP. **SATELLITE IMAGE** © Google Earth. 2022.

MAXIMIANO, L. A. **Considerações sobre o conceito de paisagem**. Raega-O Espaço Geográfico em Análise, v. 8, 2004.

MCGARIGAL AND MARKS. **Fragstats: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Reference manual. For. Sci. Dep. Oregon State University. Corvallis Oregon, 1994.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. USDA Forest Service General Technical Report PNW-351, Corvallis, 1995.

MEA. Millenium Ecosystem Assessment, 2005. **Ecosystems and Human Well-being: General Synthesis**. Island Press, Washington. Disponível: <http://www.millenniumassessment.org/en/Synthesis.html>. Acesso: 15 mar. 2022.

MENGATTO JUNIOR, E. A.; SILVA, J.; DE OLIVEIRA, R. C. **Geotecnologias no planejamento e ordenamento territorial**. In: **Embrapa Informática Agropecuária- Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18., 2017, Santos. Anais... Santos: Inpe, 2017.

METZGER, J. P. **Delineamento de experimentos numa perspectiva de ecologia da paisagem**. In: CULLEN JUNIOR, L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (Org.). Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre. Curitiba: IPE. 2003.

MINEROPAR. **Atlas geológico do Estado do Paraná**. Curitiba, CD-ROM, 2000.

MINEROPAR. **Mapa Geomorfológico do Paraná, escala 1:250.000**. Curitiba, CD-ROM, 2006.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Portaria nº 463 de 18/12/2018**. Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira ou Áreas Prioritárias para a Biodiversidade.

MUNOZ, A. M. M., & de FREITAS, S. R. (2017). **Importância dos Serviços Ecosistêmicos nas Cidades: Revisão das Publicações de 2003 a 2015**. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 6(2), 89-104.

NOVO, E.M.L. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1992. 308p.

O eco. **O que é Fragmentação**. Dicionário Ambiental. Rio de Janeiro, jan. 2014. Disponível em: <<http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/27923-o-que-e-fragmentacao/>>. Acesso em: 15 abr. 2022.

PASCUAL-HORTA, S.; SAURA, S. **Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices: towards the prioritization of habitat patches and corridors for conservation**. Landscape Ecology, v. 21, p. 959-967, 2006.

PIRES, A. S.; FERNANDEZ, F. A. S.; BARROS, C. S. **Vivendo em um mundo em pedaços: efeitos da fragmentação florestal sobre comunidades e populações animais**. Biologia da Conservação: Essências. São Carlos, São Paulo, Brazil, p. 231-260, 2006.

PIROLI, E. L. **Disciplina de geoprocessamento: práticas em Idrisi-versão Taiga**. Edson Luís Piroli. Ourinhos, 2010.

PIPPI, Luis Guilherme A.; LIMBERGER, Lucienne Rossi Lopes; LAZAROTTO, Gerusa. **Recursos para representação e análise da paisagem**. Paisagem e Ambiente, n. 25, p. 107-124, 2008.

PINTO, S. A. F.; GARCIA, G. J. **Experiências de aplicação de geotecnologias e modelos na análise de bacias hidrográficas**. Revista do Departamento de Geografia, v. 17, p. 30-37, 2005.

POLESE, A. C. de. P. **Ecologia da paisagem no estado do Paraná: avaliação dos impactes da implantação de uma Pequena Central Hidroelétrica (PCH)**. Tese de mestrado. Universidade do Porto. 2020. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/130289/2/430595.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2020.

PRADO, H. do. **Manual de classificação de solos do Brasil**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. p. 8-10.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO LARGO. **Dados do Município**. Disponível em: <<https://campolargo.atende.net/cidadao/pagina/dados-do-municipio>>. Acesso em: 17 abr. 2022.

Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil. **Projeto MapBiomias**. Coleção 6 (1985-2020) da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/>>. Acesso em: 17 abr. 2022

QGIS. **Quantum GIS® v. 3. 20. 3**. Open Source Geospatial Foundation (OSGeo), 2020. 1 Programa de Computador.

RODERJAN, C. V., GALVÃO, F., KUNIYOSHI, Y. S., & HATSCHBACH, G. G. **As unidades fitogeográficas do estado do Paraná, Brasil**. Ciência & Ambiente, v. 24, n. 1, p. 75-92, 2002.

ROSA, R. **Geotecnologias na geografia aplicada**. Revista do Departamento de Geografia, v. 16, p. 81-90, 2005.

ROSA, R. e Brito, J.L.S. **Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informação Geográfica**. Uberlândia, Ed. Da Universidade Federal de Uberlândia, 1996.

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. In: Revista do Departamento de Geografia. n.8, p.63-74. 1994.

ROSS, J. L. D.; FIERZ, M. de S. M. **Geomorfologia aplicada ao planejamento ambiental territorial: potencialidades e fragilidades**. In: MAGNONI JÚNIOR, L. et al. (orgs) Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano. São Paulo: Centro Paula Souza, 2017, pp.58-77

SANQUETTA, C. R. **Os números atuais da cobertura florestal do Paraná**. Ambientebrasil. 2022. Disponível em: <[https://ambientes.ambientebrasil.com.br/florestal/artigos/os\\_numeros\\_atuais\\_da\\_cobertura\\_florestal\\_do\\_parana.html](https://ambientes.ambientebrasil.com.br/florestal/artigos/os_numeros_atuais_da_cobertura_florestal_do_parana.html)>. Acesso em 10 de abr. 2022.

SANTOS, L. B.; COELHO, A. S.; BARROS, M. N. R.; FENZL, N.; CANTO, O.; VIEIRA, I. C. G.; ... & GOMES, A. R. **Usos da terra e conservação da biodiversidade na bacia hidrográfica do Rio Marapanim, Pará**. Revista Brasileira de Geografia Física, 12(03), 929-943. 2019.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Inventário Florestal Nacional: Principais Resultados: Paraná Recurso Eletrônico**. Serviço Florestal Brasileiro. Brasília, DF: MMA, 2018.

SIMMEL, G. **A filosofia da paisagem**. Revista de Ciências Sociais-Política & Trabalho, p. 15-24, 1996.

SUPERINTENDÊNCIA, DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS; DO PARANÁ – SUDERHSA. **Altimetria da bacia do Alto Iguaçu**. E. SANEAMENTO AMBIENTAL. PR. 2000.

SUPERINTENDÊNCIA, DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS; DO PARANÁ-SUDERHSA. **Bacias hidrográficas do Alto Iguaçu**. E. SANEAMENTO AMBIENTAL. PR. 2007.

TEEB. The Economics of Ecosystem and Biodiversity, 2010. **A Economia dos Ecossistemas e da Biodiversidade: Integrando a Economia da Natureza. Uma síntese da abordagem, conclusões e recomendações do TEEB**. (síntese em português). Disponível em: <[http://www.teebweb.org/wp-content/uploads/Study%20and%20Reports/Reports/Synthesis%20report/TEEB\\_Sintese-Portugues.pdf](http://www.teebweb.org/wp-content/uploads/Study%20and%20Reports/Reports/Synthesis%20report/TEEB_Sintese-Portugues.pdf)>. Acesso: 15 mar. 2022.

VALENTE, R. O. A. **Análise da estrutura da paisagem na Bacia do Rio Corumbataí, SP**. Dissertação (mestrado). Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001.

VASHCHENKO, Yury; FAVARETTO, Nerilde; BIONDI, Daniela. **Fragilidade ambiental nos picos Camacuã, Camapuã e Tucum, Campina Grande do Sul, PR.** Floresta, v. 37, n. 2, 2007.

VELOSO, H. P., RANGEL-FILHO, A. L. R., & LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal.** IBGE, 1991.

VEZZANI, Fabiane Machado. **Solos e os serviços ecossistêmicos.** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 8, p. 673-684, 2015.

VIANA, V. M., & PINHEIRO, L. A. F. V. **Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais.** Série técnica IPEF, 12(32), 25-42. 1998.

ZIMMERMAN, C. E.; PIAZERA, M.; DAMBROWSKI, V.; SILVA JUNIOR, L. A. S. da. **Ecologia da paisagem como Ferramenta de análise para a conservação da biodiversidade.** Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology, v. 21, n. 2, p. 26-32, 2017.