



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



AMANDA APARECIDA DE LIMA

**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A RECUPERAÇÃO
FLORESTAL NO MUNICÍPIO DE PARANAPANEMA-SP**

Botucatu

2018

AMANDA APARECIDA DE LIMA

**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A RECUPERAÇÃO
FLORESTAL NO MUNICÍPIO DE PARANAPANEMA-SP**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Energia na Agricultura.

Orientador: Zacarias Xavier de Barros

Coorientadora: Célia Regina Lopes Zimback

Botucatu

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

L732i Lima, Amanda Aparecida, 1991-
Identificação de áreas prioritárias para a recuperação florestal no município de Paranapanema-SP / Amanda Aparecida de Lima. - Botucatu: [s.n.], 2018
92 p.: ils. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2018
Orientador: Zacarias Xavier de Barros
Coorientadora: Célia Regina Lopes Zimback
Inclui bibliografia

1. Geoprocessamento. 2. Sensoriamento remoto. 3. Florestas - Restauração. 4. Análise multicritério. 5. Processo hierárquico analítico. I. Barros, Zacarias Xavier de. II. Zimback, Célia Regina Lopes. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Título.

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



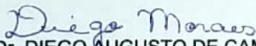
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO: "IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RECUPERAÇÃO FLORESTAL NO MUNICÍPIO DE PARANAPANEMA-SP"

AUTORA: AMANDA APARECIDA DE LIMA
ORIENTADOR: ZACARIAS XAVIER DE BARROS
COORIENTADORA: CÉLIA REGINA LOPES ZIMBACK

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ZACARIAS XAVIER DE BARROS
Depto de Engenharia Rural / UNESP - Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu


Prof. Dr. DIEGO AUGUSTO DE CAMPOS MORAES
Depto de Análise e Desenvolvimento de Sistemas / Faculdade Eduvale de Avaré


Prof. Dr. ANDERSON ANTONIO DA CONCEIÇÃO SARTORI
USC / Bauru (SP)

Botucatu, 31 de julho de 2018.

“de todo mundo
tem os fracos
por todo mundo
tem os fortes
onde você estiver
assentamento milton santos
ou fosfoox
com o desejo
e a motivação honesta
livre da ignorância
todo lugar é um objetivo e
toda pessoa uma importância“

(Castello Branco)

À minha família, por acreditar e investir em mim. Meus pais, Cleusa
e Laércio de Lima, pelo cuidado, dedicação e amor, me dando a
certeza de que eu não estou sozinha nessa caminhada.

...dedico.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao meu orientador Prof. Dr. Zacarias Xavier de Barros, meus sinceros agradecimentos por toda orientação acadêmica, profissional e pessoal. Sou grata por todos os sinceros conselhos e pela confiança que, agora renovada, me foi depositada. Aqui fica registrado o grande carinho e respeito que guardo pelo senhor.

À minha coorientadora Profa. Dra. Célia Regina Lopes Zimback, meu agradecimento pela calorosa acolhida no GEPAG e por toda a atenciosa orientação durante o curso. Aprendi muito dentro dessa família que a senhora criou e cuidou durante anos de FCA. Sou grata pela confiança a mim depositada.

Minha eterna gratidão!

AGRADECIMENTOS

A Deus e aos espíritos esclarecidos que por mim entraram em auxílio.

À Faculdade de Ciências Agronômicas/Unesp, Botucatu-SP, por proporcionar a realização do curso de mestrado no Programa de Pós-graduação em Agronomia (Energia na Agricultura).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ao colega Me. Donizeti Aparecido Pastori Nicolete, que sempre esteve pronto para ajudar quando fosse preciso..

Ao colegas do Grupo de Estudos e Pesquisas Agrárias Georreferenciadas (GEPAG), que me receberam ainda antes de ser aluna regular do curso de mestrado, fazendo com que me sentisse acolhida em um novo ambiente. A convivência entre amigos, a ajuda do próximo e o companheirismo nos tornam mais fortes, nós não conseguimos nada sem ajuda de alguém, e esse apoio eu encontrei nesse grupo.

Aos membros da banca de qualificação e defesa: Prof. Dr. Zacarias Xavier de Barros, Profa. Dra. Vera Lex Engel, Prof. Dr. Anderson Antônio da Conceição Sartori e Prof. Dr. Diego Augusto de Campos Moraes, pela avaliação e contribuição dada ao trabalho.

Aos funcionários da biblioteca, da secretaria da Seção de Pós-graduação, do Departamento de Solos e Recursos Ambientais, do Departamento de Engenharia Rural, pela atenção e dedicação a mim prestada, seja ela profissional, ou como ser humano em momentos de necessidade, mas também de descontração.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para essa conquista, me ajudando, ou até mesmo, colocando obstáculos em meu caminho. Tudo o que chegou até mim me fez crescer e evoluir, assim pude conquistar mais essa vitória.

Aos meus amigos e pessoas que, citarei os nomes como forma de demonstração de carinho e amor, estiveram comigo e me ajudaram durante esse período. Sem vocês eu não teria conseguido: Rafaela, Sara, Letícia, Sr. Urias, Ana Clara, Yara, Natalia, Elisabeth, Renata, Samuel, Felipe e Laís.

A todos minha sincera gratidão.

RESUMO

A fragmentação da vegetação nativa é um processo frequente tanto na paisagem brasileira, quanto na mundial, afetando diretamente e de forma negativa em sua diversidade ecológica. Com isso, a realização de estudos da ecologia da paisagem, voltados ao ordenamento territorial, vêm para levantar subsídios e medidas mitigatórias a fim de reduzir os impactos causados pela fragmentação. Sendo assim, o trabalho foi desenvolvido no município de Paranapanema que está localizado na região Sudoeste do Estado de São Paulo, o qual possui economia voltada ao agronegócio com alta produtividade agrícola. A área definida para a pesquisa é a do município em sua totalidade que possui uma extensão de 1.019,2 km² com grandes áreas degradadas que necessitam de restauração florestal. Logo, esse trabalho teve por objetivo realizar o levantamento das áreas prioritárias para a recuperação vegetal no município com a finalidade de promover a conservação dos recursos hídricos e da biodiversidade. As operações foram desenvolvidas em ambiente de SIG (Sistema de informação Geográfica), fazendo uso do Processo Hierárquico Analítico para uma abordagem multicritério na análise de fatores, sendo elencados por: proximidade à hidrografia, proximidade aos fragmentos florestais, declividade, erodibilidade, uso e ocupação da terra e áreas urbanizadas. O grau de necessidade da presença vegetativa foi expressa em 5 classes: muito baixa (2,37%), baixa (3,98%), média (22,23%), alta (54,51%) e muito alta (16,91%), resultando em um mapa das áreas de prioridade à recuperação florestal. A caracterização ambiental do município do estudo indicou a necessidade de conservação da cobertura vegetal por meio de atividades de restauração florestal.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Sensoriamento Remoto. Análise Multicritério. Processo Hierárquico Analítico. Normalização *fuzzy*.

ABSTRACT

The fragmentation of native vegetation is a frequent process both in the Brazilian landscape and in the world, affecting directly and in a negative way in its ecological diversity. Thus, the study of landscape ecology, geared to territorial planning, comes to raise subsidies and mitigation measures in order to reduce the impacts caused by fragmentation. Therefore, the work was carried out in the municipality of Paranapanema, which is located in the Southwest region of the State of São Paulo, which has an economy focused on agribusiness with high agricultural productivity. The area defined for the research is that of the municipality in its totality that has an extension of 1,019.2 km² with large degraded areas that need forest restoration. Therefore, the objective of this work was to survey the priority areas for plant recovery in the municipality with the purpose of promoting the conservation of water resources and biodiversity. The operations were developed in a GIS (Geographic Information System) environment, making use of the Hierarchical Analytical Process for a multicriterial approach in the analysis of factors, being listed by: proximity to hydrography, proximity to forest fragments, slope, erodibility, use and occupation land and urbanized areas. The degree of need of vegetative presence was expressed in 5 classes: very low (2.37%), low (3.98%), medium (22.23%), high (54.51%) and very high (16,91%), resulting in a map of priority areas for forest restoration. The environmental characterization of the study municipality indicated the need to conserve the vegetation cover through forest restoration activities

Keywords: Geoprocessing. Remote Sensing. Multicriteria Analysis. Analytical Hierarchical Process. Fuzzy Normalization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Prestação de serviços ecossistêmicos apresentado em modelo teórico de conceito.....	29
Figura 2 – Espectro eletromagnético.....	32
Figura 3 – Configuração orbital dos dois satélites do Sentinel-2.....	33
Figura 4 – Ferramenta SIG aplicado no diagnóstico e planejamento da paisagem.....	34
Figura 5 – Localização do município de Paranapanema em relação ao Estado de São Paulo.....	38
Figura 6 – Identificação da área de domínio da Mata Atlântica no município de Paranapanema.....	39
Figura 7 – Mapa do limite do município de Paranapanema-SP em composição RGB com imagens do Sentinel 2A de 2017.....	42
Figura 8 – Classes de solos no município de Paranapanema-SP.....	43
Figura 9 – Fluxograma da sequência das etapas do trabalho.....	44
Figura 10 – Croqui de ilustração da etapa a) Camada Vetorial – grade vetorial...	46
Figura 11 – Mapa de Proximidade à rede hidrográfica no município de Paranapanema, SP, normalizado pela lógica <i>fuzzy</i>	58
Figura 12 – Mapa de proximidade entre os fragmentos florestais presentes no município de Paranapanema, SP, normalizados pela lógica <i>fuzzy</i>	60
Figura 13 – Mapa das classes de declividade presentes no município de Paranapanema, SP, normalizados pela lógica <i>fuzzy</i>	61
Figura 14 – Mapa de erodibilidade do solo do município de Paranapanema, SP, normalizado pela lógica <i>fuzzy</i>	63
Figura 15 – Mapa de uso e cobertura da terra do município de Paranapanema, SP datado de junho de 2017.....	65
Figura 16 – Mapa de uso e ocupação da terra no município de Paranapanema, SP, normalizado pela lógica <i>fuzzy</i>	67
Figura 17 – Mapa de distância das áreas urbanizadas presentes no município de Paranapanema, SP, normalizado pela lógica <i>fuzzy</i>	69
Figura 18 – Mapa das áreas restritas do município de Paranapanema, SP, normalizado pela lógica booleana.....	70

Figura 19 – Mapa de Áreas Prioritárias à recuperação da vegetação nativa no município de Paranapanema, SP, por Combinação Linear Ponderada (nível de prioridade).....	72
Figura 20 – Mapa de Áreas Prioritárias à recuperação da vegetação nativa no município de Paranapanema, SP, por Combinação Linear Ponderada (classes de prioridade).....	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Nomenclatura das folhas do IBGE de acordo com o município de referência.....	40
Quadro 2 – Características das bandas do Sentinel-2.....	41
Quadro 3 – Classificação da declividade em porcentagem.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Matriz quadrada de comparação par-a-par.....	54
Tabela 2 – Escala de pontos utilizados na comparação pareada.....	54
Tabela 3 – Valores do Índice de Aleatoriedade de acordo com os fatores.....	55
Tabela 4 – Classes de declividade e suas respectivas áreas no município de Paranapanema, SP.....	62
Tabela 5 – Valores de erodibilidade das classes de solo no município de Paranapanema, SP.....	64
Tabela 6 – Uso e cobertura da terra para o município de Paranapanema, SP.....	65
Tabela 7 – Matriz de comparação par-a-par para os fatores elencados.....	71
Tabela 8 – Pesos dos fatores elencados.....	71
Tabela 9 – Ocupação das áreas das cinco classes de prioridade à recuperação vegetal nativa no município de Paranapanema, SP.....	74
Tabela 10 – Caracterização ambiental das áreas com nível de prioridade média, alta e muito alta no município de Paranapanema, SP.....	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	Analytical Hierachy Process
AMC	Análise Multicritério
BOA	Bottom of Atmosphere
CI	Índice de Consistência
CR	Grau de consistência
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária
ESA	European Space Agency
GNSS	Global Navigation Satellite System
IAC	Instituto Agrônômico de Campinas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IF	Instituto Florestal
MAXVER	Algoritmo Máxima Verossemelhança
MDE	Modelo Degital de Elevação
MSI	MultiSpectral Instrument
OLI	Operational Land Imager
PLANAVEG	Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa
PROVEG	Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa
REM	Radiação Eletromagnética
RI	Índice de Aleatoriedade
SAF	Sistema Agroflorestal
SAGA	System for Automated Geoscientific Analyses
SCP	Semi-Automatic Classification Plugin
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SNAP	Sentinel Application Platform
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SR	Sensoriamento Remoto
TOA	Top of Atmosphere
TP	Técnica Participatória

UC	Unidade de Conservação
WMS	Web Map Service

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
2	REVISÃO DE LITERATURA	28
2.1	Fragmentação Florestal	28
2.1.1	Fragmentos Florestais na conservação da biodiversidade.....	29
2.2	Geotecnologias aplicadas no diagnóstico e planejamento de paisagens fragmentadas	32
2.3	Análise multicriterial no ambiente	35
3	MATERIAL E MÉTODOS	38
3.1	Caracterização da área de estudo	38
3.2	Material	40
3.2.1	Programas utilizados	40
3.2.2	Base cartográfica.....	40
3.2.3	Imagens orbitais	40
3.2.4	Mapa de Classes de Solos.....	42
3.3	Metodologia	43
3.3.1	Planos de informação.....	44
3.3.1.1	<i>Uso e cobertura da terra</i>	44
3.3.1.2	<i>Extração dos fragmentos de floresta</i>	47
3.3.1.3	<i>Modelo numérico do terreno e declividade</i>	47
3.3.1.4	<i>Hidrografia</i>	48
3.3.1.5	<i>Áreas urbanizadas</i>	48
3.3.1.6	<i>Erodibilidade dos solos</i>	49
3.3.1.7	<i>Áreas de restrição</i>	49
3.3.2	Processo Hierárquico Analítico e mapeamento dos fatores	49
3.3.2.1	<i>Normalização dos fatores</i>	50
3.3.2.2	<i>Mapa de uso e cobertura da terra</i>	51
3.3.2.3	<i>Mapa de proximidade aos fragmentos florestais</i>	51
3.3.2.4	<i>Mapa de declividade</i>	52
3.3.2.5	<i>Mapa de proximidade à rede hidrográfica</i>	52
3.3.2.6	<i>Mapa de distância às áreas urbanizadas</i>	53
3.3.2.7	<i>Mapa de erodibilidade do solo</i>	53
3.3.2.8	<i>Determinação de importância dos fatores</i>	53

3.3.3	Combinação Linear Ponderada	56
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4.1	Definição dos fatores	57
4.1.1	Mapa de proximidade à rede hidrográfica.....	57
4.1.2	Mapa de proximidade entre os fragmentos florestais	58
4.1.3	Mapa de declividade	60
4.1.4	Mapa de erodibilidade do solo	62
4.1.5	Mapa de uso e cobertura da terra.....	64
4.1.6	Mapa de distância das áreas urbanizadas.....	68
4.1.7	Restrições.....	69
4.2	Definição dos pesos	70
4.3	Mapa de áreas prioritárias a recuperação da vegetação nativa no município de Paranapanema, SP	72
5	CONCLUSÕES	79
	REFERÊNCIAS	81

1 INTRODUÇÃO

A vegetação fragmentada é uma característica de alteração da estrutura natural das paisagens comum dentre as existentes. A prática do desmatamento no avanço da economia causa prejuízos ecológicos ao meio, retratando a estruturação da paisagem sem planejamento.

Áreas prioritárias à conservação são localidades sensíveis à interferência humana. Estas áreas são geradas com o intuito de proporcionar uma orientação de realocação de áreas que necessitam da presença de cobertura vegetal devido às características particulares presentes, visando à conservação de recursos hídricos e da diversidade biológica por meio da conservação e recuperação da vegetação nativa. Logo, a necessidade do levantamento dessas áreas prioritárias é fundamental para sua possível recuperação da vegetação nativa, que Segundo o Decreto nº 8.972/2017, essa recuperação é definida por “restituição da cobertura vegetal nativa por meio de implantação de sistema agroflorestal, de reflorestamento, de regeneração natural da vegetação, de reabilitação ecológica e de restauração ecológica”.

O município de Paranapanema possui sua economia voltada ao agronegócio, cujo desenvolvimento encontra-se em constante avanço com alta produtividade agrícola, avanço considerado como o causador da paisagem fragmentada presente na região. Nele está inserida a Floresta Estadual e a Estação Ecológica de Paranapanema que, de acordo com o Decreto nº 40.992/62, foram criadas com o intuito de proteger o patrimônio natural da região, sendo as únicas Unidades de Conservação (UC) do município.

As UCs são vias de conservação, porém, o seu alto grau de isolamento, na região de estudo, interfere na disseminação dos serviços ecossistêmicos proporcionados por essas unidades. Isolamento, este, causado pelo desmatamento sempre praticado no município em consequência da expansão das atividades agropecuárias e pela falta de fiscalização dos órgãos responsáveis.

Ações promovidas pelas políticas públicas podem ser meios de mudanças desses cenários. Programas, planejamentos, estratégias de conservação, de incentivo ao cumprimento das medidas propostas com a promoção de atividades de extensão, e também, a adoção da prática de valoração da produção de serviços

ecossistêmicos, fazendo com que isso chegue diretamente ao produtor rural para obter tais mudanças.

A falta de informações da presente área de estudo traz a necessidade de realizar pesquisas que construam uma base de dados com informações pelas quais possibilitarão a criação de diagnósticos, fundamentação de propostas para adoção e auxílio de atividades mitigatórias, além de levantar medidas preventivas em áreas prioritárias destinadas à recuperação florestal, as quais são fundamentais para a conservação dos recursos hídricos e da biodiversidade.

Em virtude disso, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), em conjunto ao Sensoriamento Remoto (SR), desempenham o papel de geração desse banco de dados. As imagens de satélite e suas análises desenvolvidas em ambiente SIG possibilitam produzir mapas temáticos que possuem resultados com alto nível de confiabilidade decorrente das situações encontradas no local.

Dentre as operações desempenhadas em ambiente SIG está a Análise de Multicritérios (AMC), na qual são analisados fatores diferentes com pesos atribuídos a cada um. Para trazer credibilidade a tal procedimento utiliza-se a Técnica Participatória (TP) que parte da decisão de especialistas de diferentes áreas da comunidade científica na tomada de decisão no elenco dos fatores frente ao objetivo do estudo. O Processo Analítico Hierárquico (*Analytical Hierachy Process – AHP*) é uma AMC que realiza a análise dos fatores por meio de uma matriz de comparação pareada, gerando a atribuição dos pesos aos fatores.

Sendo assim, cria-se a possibilidade de dar foco às práticas de conservação da biodiversidade e tentativas de recuperação do ecossistema natural. Essa prática pode dar a chance de conservação da variabilidade da fauna e flora, que ainda se encontra na região, e reintroduzir espécies vegetais com as características locais, criando assim um ecossistema mais resiliente às ações antrópicas, ou naturais.

Em busca de conservar as características naturais da vegetação fazem-se os seguintes questionamentos: qual a atual situação encontrada no município em relação à preservação das áreas vulneráveis? Também tem avançado em conjunto com a agricultura, ou tem sido deixada de lado? Quais são os meios de se gerar resultados confiáveis?

Diante disso, o objetivo da realização do trabalho foi definir áreas prioritárias visando à recuperação da vegetação nativa por meio da AMC em ambiente SIG,

com a criação de um mapa de realocação dessas áreas voltado à conservação dos recursos hídricos e da biodiversidade no município de Paranapanema-SP.

Os objetivos específicos foram:

- a) determinar os fatores relevantes na definição das áreas de prioridade à conservação e/ou recuperação da vegetação;
- b) utilizar o método AHP, com a Técnica Participatória, para a definição dos pesos dos fatores; e
- c) realizar a caracterização ambiental frente ao grau de vulnerabilidade presente no ambiente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fragmentação Florestal

A fragmentação florestal demonstra a fragilidade de biomas ao apresentar fragmentos isolados e ameaçados pela perda da biodiversidade (SOS MA, 2016), uma das consequências mais importantes da fragmentação florestal (VIANA, 1995). Esse processo influencia de forma direta na conservação de espécies características de paisagens específicas em virtude da influência no habitat dessas espécies (GOMES; AILIZOLA; SPADOTTO, 2016).

Essa fragmentação está associada com o avanço das atividades agrícolas ressaltando a proximidade desses fragmentos ao curso d'água na conservação destes como remanescentes de vegetação natural, além da presença do relevo acidentado que restringe a ocupação da terra (SILVA et al., 2016). As atividades agrícolas podem evoluir juntamente ao desenvolvimento social humano e de floresta, de modo que estejam ligados às boas práticas (EMBRAPA, 2006).

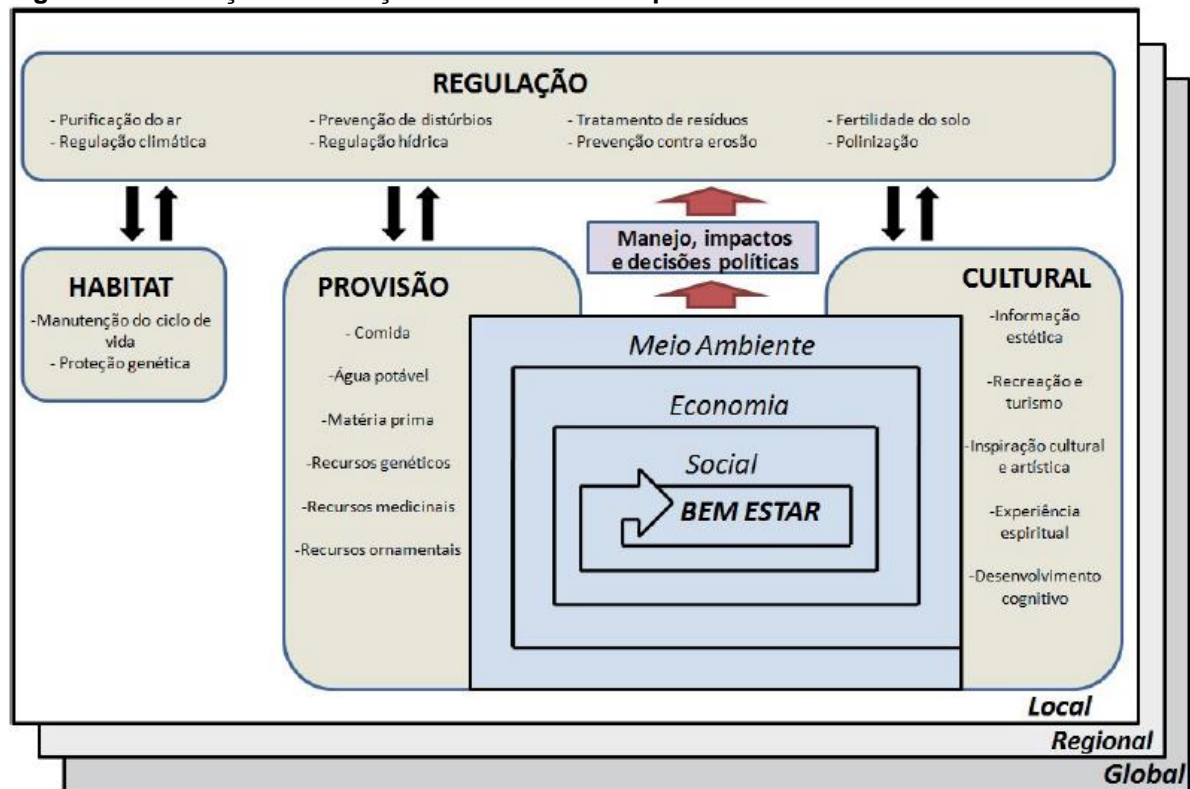
De fato, a população tem influência na conservação da paisagem natural, isso acontece por conta de heranças culturais que variam de região para região no trabalho conjunto da conservação da vegetação nativa aos manejos agrícolas. Logo, a fragmentação dos remanescentes torna-se uma consequência das tomadas de decisão de proprietários e trabalhadores rurais (VIANA; PINHEIRO, 1998).

Outro grande causador da fragmentação florestal é a proximidade de fragmento às rodovias que agravam o efeito de borda ocasionando no isolamento das populações reduzindo-as consideravelmente (REZZADORI; HARTMANN; HARTMANN, 2016). Vegetações remanescentes condicionadas a essas condições ajudam a diminuir a qualidade do meio ambiente aumentando o desenvolvimento de erosão e abaixando o nível da qualidade da água, e em caráter especial, na interferência das condições naturais das áreas declaradas de prioridade à conservação (AZEVEDO; GOMES; MORAES, 2016). Os autores ainda citaram que para mensurar as consequências da fragmentação e determinar as áreas prioritárias à recuperação, é preciso adotar os conceitos de Ecologia da Paisagem, priorizando-as pela importância biológica para retorno da propriedade dos ecossistemas.

A grande importância dos ecossistemas está na prestação de seus serviços ecossistêmicos (Figura 1). Estes definidos como particularidades do ecossistema

utilizado de forma ativa ou passiva com a finalidade de fornecer bem-estar para o homem, de modo que seja um fenômeno ecológico (VASCONCELLOS; BELTRÃO, 2018). O conceito de serviços ecossistêmicos é cada vez mais inserido nas atividades de tomada de decisão quando possuidores de um banco de dados que possuam informações de sensoriamento remoto, ecológicas e de pesquisa social, com a finalidade de melhorar a compreensão do ecossistema da paisagem e seu planejamento (MITCHELL et al., 2015), podendo ainda obter-se a valoração da produção destes serviços (ANDRADE; ROMEIRO, 2013).

Figura 1 – Prestação de serviços ecossistêmicos apresentado em modelo teórico de conceito



Fonte: Vasconcellos e Beltrão (2018).

2.1.1 Fragmentos Florestais na conservação da biodiversidade

Perante as florestas tropicais, a biodiversidade foi apontada como a maior riqueza do ecossistema, embora que, com o crescimento do processo de fragmentação florestal, essa diversidade biológica apresenta ameaça de extinção local de espécies decorrente de ações antrópicas (KAGEYAMA; GANDARA; OLIVEIRA, 2003).

As métricas vêm para que se possam compreender as relações na ecologia da paisagem por meio dos índices de diversidade, conectividade e formas dos fragmentos. Essas informações tornam-se ferramentas utilizadas no planejamento paisagístico, ou na definição de classes (GRAVES; BOURNE, 2001), a fim de priorizar seu equilíbrio natural (GIORDANO, 2004; TRAFICANTE, 2007) trazendo suporte científico na avaliação das manchas de fragmentação (SILVA; SOUZA, 2014).

Viana e Pinheiro (1996) analisaram de forma individual os principais fatores que interferem na conservação da biodiversidade em fragmentos de florestas com base nas métricas da paisagem, que são o tamanho dos fragmentos; forma e efeito de borda que, por meio deste pode ser realizado na avaliação de distúrbios até a vulnerabilidade dos fragmentos; o grau de isolamento e heterogeneidade da paisagem; a vizinhança dos fragmentos; as estruturas e dinâmica de eco-unidades, que varia de acordo com estrutura de dossel, presença de folhas dominante de cipó, além da diversidade de espécies; e por fim, as relações com a população local, no que diz respeito à interação humana crescente com os fragmentos.

O monitoramento da fragmentação com foco em cada indivíduo, no estudo da dinâmica das comunidades arbóreas trazem fundamentos com maior embasamento visando às alterações na estrutura que ocorrem com o passar do tempo. Nos quais apresentam uma diminuição da densidade populacional que é provocada, não somente pela ação antrópica, mas também por distúrbios naturais (NUNES et al., 2016).

A interferência de fatores externos sobre os fragmentos florestais se dá por meio de seu tamanho aumentando a intensidade do efeito de borda (SILVA; SOUZA, 2014). Efeito este muito estudado por ser um componente desencadeador de respostas para a questão da influência de estrutura paisagísticas na qualidade de habitats (CASTRO, 2008). Quanto maior o retalhamento na paisagem maior a instabilidade dos fragmentos, este traz consequências negativas nos componentes biofísicos (SILVA; SOUZA, 2014).

Fragmentos prioritários à conservação podem ser definidos em virtude da situação em que esses fragmentos são encontrados em relação ao grau de sustentabilidade dos mesmos. Esta questão implica tanto no seu grau de isolamento, degradação, quanto à vulnerabilidade às perturbações. O plantio de espécies densas, altas, perenifólias nas bordaduras de fragmentos, que são dotadas

de flores e frutos, atrai a fauna auxiliando na diminuição considerável do efeito de borda. De forma geral, o reflorestamento atua na conservação de fragmentos florestais (VIANA; PINHEIRO, 1998), sem esquecer de que a floresta nativa é divergente de habitat e que se comparados frentes as perdas pela fragmentação, a taxa de habitat é muito mais perdida do que a vegetação nativa (ALMEIDA-GOMES; PREVEDELLO; CROUZEILLES, 2015).

Frente à vulnerabilidade da fauna na paisagem, os mamíferos que tem uma necessidade maior de espaço que, por conta da presença de pequenos fragmentos têm sua sobrevivência posta em risco (GARCIA et al., 2013). Fragmentos maiores que possuem uma maior conectividade com outros fragmentos garantem condições favoráveis de preservação de espécies mais numerosas e que, conseqüentemente, tendem a correr menor risco de serem extintas (GENELETTI; GUASTAMACCHIA, 2005).

O potencial de dispersão de sementes para a regeneração natural (EGLER, 1954; MAGNAGO et al., 2015) também relacionado à distância de áreas de recomposição a fragmentos florestais indica que quanto maior a distância, menores são as chances de chegada de propágulos em processo natural (KAGEYAMA; GANDARA; OLIVEIRA, 2003; RODRIGUES; MARTINS; BARROS, 2004). Contudo, observa-se que as condições de isolamento dificultam tentativas de regeneração, afirmando que a presença de florestas maduras auxilia no crescimento de novas florestas (MAGNAGO et al., 2015).

Sendo assim, diversos estudos realizados foram relacionados à conectividade de cobertura vegetal (ALEXANDRE; CROUZEILLES; GRELE, 2010; ALMEIDA-GOMES; PREVEDELLO; CROUZEILLES, 2016; MARTENSEN et al., 2012; MATOS et al., 2017; METZGER et al., 2009; MITCHELL et al., 2015; RIBEIRO et al., 2009; RIBEIRO et al., 2011; TABARELLI et al., 2010) e apontam que fragmentos florestais ligados entre si realizam um papel muito importante na conservação da biodiversidade. Dessa forma, se aplicada a restauração florestal, esta pode não recuperar totalmente uma estrutura vegetativa, tanto quanto a biodiversidade, porém aumentará as florestas antigas caso exista a possibilidade de tempo suficiente para a sucessão ecológica (CROUZEILLES et al., 2016), e então ocorrer o aumento da conectividade na vegetação.

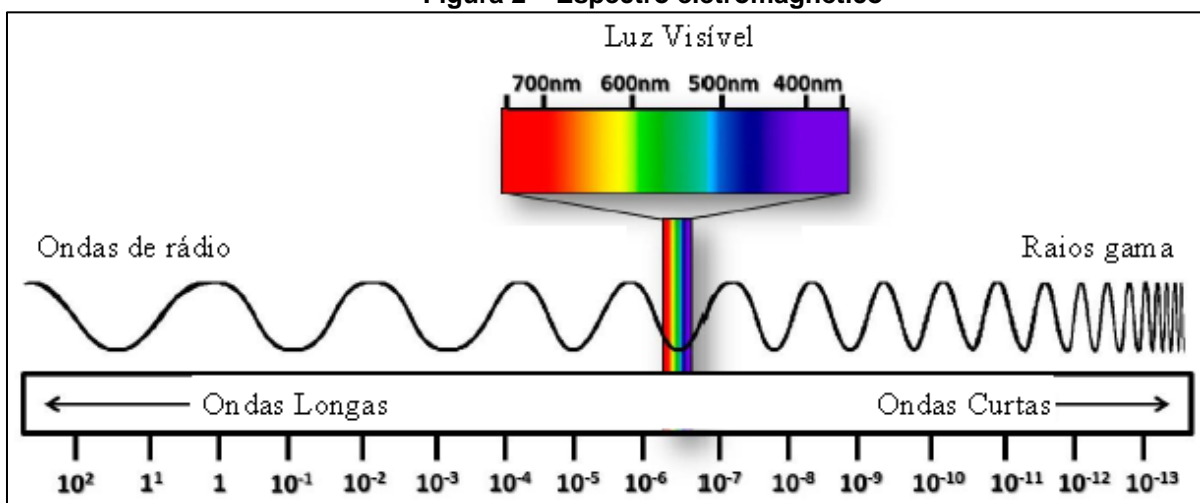
2.2 Geotecnologias aplicadas no diagnóstico e planejamento de paisagens

As técnicas de geoprocessamento são vias de manipulação e análise de informações, que possuem localização no espaço discriminado, com a aplicação de operações matemáticas e potencial de tratamento do banco de dados computacionais (CAMARA; MEDEIROS, 1998). Ramo da tecnologia da computação que transforma os dados brutos em ganho de conhecimento na área científica (EMBRAPA, 2007). As áreas da cartografia, análise ambientais, planejamento espacial e os produtos gerados pelo sensoriamento remoto sofrem influência por meio do desenvolvimento dessa área (ASSAD et al., 1998).

O sensoriamento remoto pode ser definido pela aquisição de dados de um determinado alvo sem que o mesmo tenha contato com seu sensor. As informações captadas pelo sensor são obtidas por meio da detecção, mensuração e interação da energia eletromagnética (REM) e do alvo durante o caminho percorrido na atmosfera e seus elementos (JENSEN, 2009; NOVO, 1999).

A captação das informações de cada alvo, sendo solo, vegetação, ou água, é apresentada como resultado o registro efetuado pelos sensores orbitais que operam em diferentes faixas do espectro eletromagnético (Figura 2). Cada resposta obtida pelo sensor é fruto da relação entre REM com as propriedades físico/químicas particulares a cada alvo, além das especificidades também apresentadas por cada tipo de sensor (VALÉRIO FILHO, 1998).

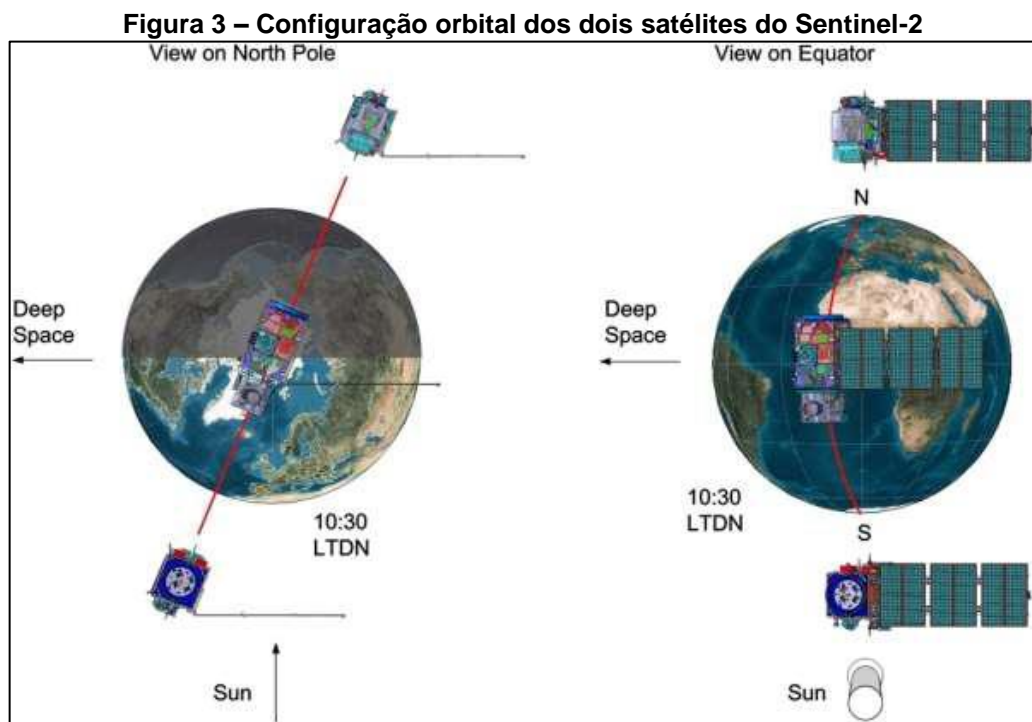
Figura 2 – Espectro eletromagnético



Fonte: Leda (2016).

A ferramenta de SR contribuiu com as primeiras imagens orbitais captadas do planeta Terra. Por conta disso, o ser humano tem a possibilidade de acompanhar as alterações realizadas na superfície do globo terrestre captando uma grande degradação ambiental, como se seus recursos fossem inesgotáveis fazendo com que as gerações futuras tenham uma herança histórica negativa relacionada ao meio ambiente (ROCHA, 2007). Associações de SR e SIG com cartografia animada, por exemplo, geram um novo ambiente de análise espacial (MENEZES, 2003).

Tecnologias como as dos satélites artificiais e sensores imageadores juntas trazem resultados positivos muito significativos no que se trata de levantamento de informações encontradas em solo terrestre (MENESES; ALMEIDA, 2012). Como é o caso da disponibilidade das imagens do satélite Sentinel-2 que, segundo ESA (2015), é composto por dois satélites idênticos (Figura 3) que permitem maior resolução temporal, tendo a bordo o sensor orbital MSI – *MultiSpectral Instrument*.



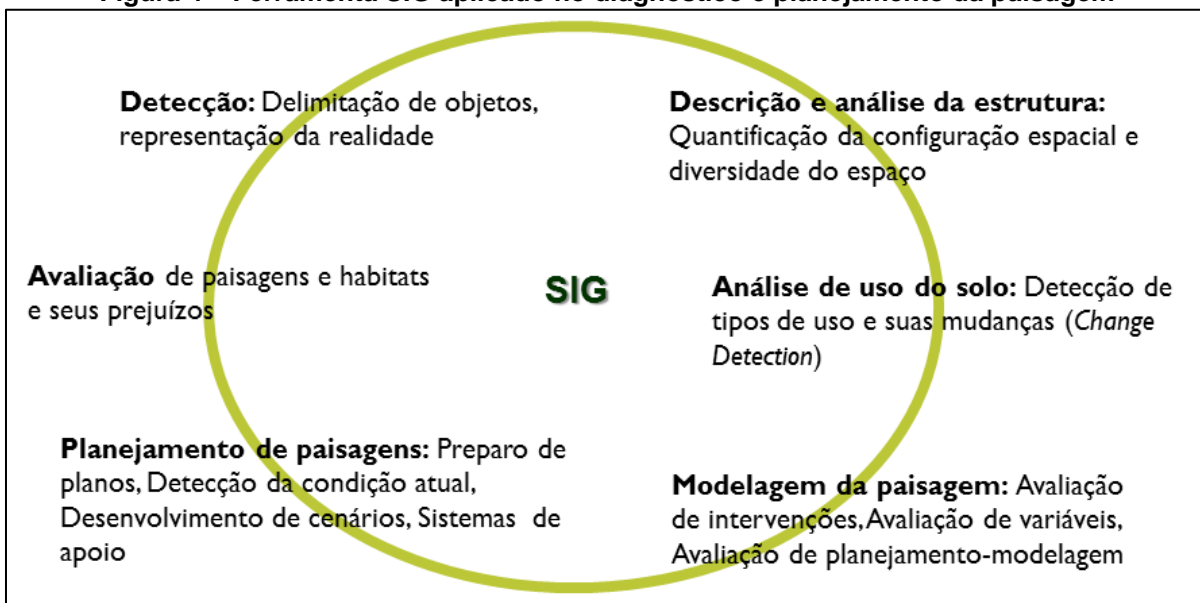
Fonte: Drusch et al., (2012).

O SIG, definido por Eastman (1998), é um agrupamento de atividades e ações que, em conjunto a um computador, pode fazer levantamento de dados geográficos, arquivá-los e analisá-los com a ajuda de uma diversidade de ferramentas de programas. Esta ferramenta é utilizada para desenvolver atividades

de geoprocessamento sendo empregada em áreas de estudo como o planejamento urbano e rural (MOREIRA, 2005).

Lang e Blaschke (2009) representam na Figura 4 um esquema das aplicações realizadas em ambiente SIG na análise da paisagem. Eles discutem que esses sistemas são usados para a documentação, visualização e análise de acontecimentos de proximidade espacial. Os diversos dados obtidos podem ser incorporados e relacionados entre si, podem ser apresentados em mapas e ajudam a tomar decisões estabelecendo uma variável aperfeiçoada ao desenvolver ambientes naturais e suas intervenções diagnosticando seus efeitos no espaço.

Figura 4 – Ferramenta SIG aplicado no diagnóstico e planejamento da paisagem



Fonte: Adaptado de Lang e Blaschke (2009).

Dentre muitas de suas utilizações, os SIGs permitem o aprimoramento de informações sobre biodiversidade, fazendo com que esse resgate de dados seja aplicado na tomada de decisão. Se distribuídos espacialmente, estes dados podem ser biológicos, ou de diversos campos do conhecimento ambiental, social e/ou econômico, possibilitando a assimilação mais clara de um modelo de distribuição e variação da biodiversidade, e ainda, gerando elementos de estudo para solucionar dúvidas ligadas à conservação da diversidade biológica estabelecendo elementos para tomada de decisão (MMA, 2013).

Com a obtenção das informações disponíveis e realizados os processos de manipulação dos dados diversos, cria-se resultados, sendo assim, torna-se viável

realizar o seu gerenciamento como uma forma de disseminação dessas informações via *Web Map Service* (WMS) por meio dos dados georreferenciados fornecidos em extensões de arquivos *raster* que ficam disponíveis em plataformas *on-line* (OGC, 2006).

2.3 Análise multicriterial no ambiente

A análise de multicritérios é uma metodologia de análise por combinação de fatores em tomadas de decisão que traz a possibilidade de indicação das opções prioritárias para o objetivo final (FRANCISCO et al., 2007). Um dos métodos dessa análise é destacado pelo Processo Hierárquico Analítico (AHP) como uma ferramenta de grande importância para a definição de pesos aos fatores definidos, comparando-os par a par, estabelecendo relações com a estrutura para a representação do problema (SAATY 1987; MALCZEWSKI, 2004) e com a possibilidade de agrupar diversos critérios e subcritérios em uma mesma análise (AGÁPITO et al., 2016).

Na AMC, os diversos critérios a serem avaliados são considerados a base da tomada de decisão que podem ser atribuídos de duas formas, os fatores e as restrições. Estes fatores podem fazer parte de um único indivíduo, ou até mesmo fazer parte de um grupo total de decisão (EASTMAN, 2012).

Os fatores são elencados por meio do apoio à decisão multicritério que tem como objetivo contribuir para a melhor saída que atenda inteiramente a todos os critérios. A questão fundamental é a não existência de uma solução ideal, porque existe um conflito entre os fatores, porém, ainda possui uma melhor maneira de adequar as necessidades do agente de decisão sendo coerente com as suas preferências (DIAS, 2015).

Estudos de suscetibilidade ambiental usam as técnicas de AMC comparando diferentes cenários com diferentes opiniões de especialistas reduzindo a subjetividade da atribuição dos pesos dentre os fatores. Estes estudos têm fundamental importância na gestão de riscos como os de escorregamento de terra, no qual podem-se tornar agentes facilitadores na orientação de políticas públicas realizando um plano de utilização adequada do uso do solo e evitando a ocupação inadequada em centros urbanos (BRITO; WEBER; PASSUELLO, 2017).

Diante disso, o SIG apresenta-se como uma ferramenta eficiente bem aplicada para atender mais de um objetivo na AMC para a análise ambiental (NOSSACK, 2012). Este analisa altas quantidades de conhecimento sobre a extensão territorial (SILVA et al., 2004) bem como para o mapeamento de áreas com prioridade à restauração florestal em bacias hidrográficas (VETTORAZZI, 2006), visando à manutenção da estrutura de paisagens (PINA, 2017; SARTORI, 2012).

Barros (2017) apresentou que, dentre as aplicabilidades da análise multicritério, encontra-se o estudo de zoneamento agrícola, no qual é necessário avaliar de forma adequada cada classe de uso da terra de modo que ocorra um maior aproveitamento na interação ambiente/planta, frisando que o método AHP com TP é eficaz frente ao levantamento de aptidão agrícola em escala municipal.

A utilização dessa técnica AHP é aplicada em diversos estudos de análise ambiental como pesquisas de zoneamento de risco de incêndios florestais que integra os planos de informação somados de acordo com o peso obtido por meio da aplicação da técnica citada com a utilização de SIGs. (NICOLETE; ZIMBACK, 2013).

Na metodologia AHP, Pina (2017) tratou os pesos dos fatores como custos que, em relação à importância das condições apresentadas no local de fragmentação vegetal nativa e também no decorrer dos cursos d'água, indicou que o fator uso e ocupação é o de maior relevância para a recuperação ecológica, mas ainda citando a possibilidade de aumento da conservação por meio do crescimento de Unidade de Conservação (UC) presente.

Tendo a gestão ambiental como a visão do todo, Amorim et al. (2015) mostrou que o método de decisão multicritério associada a Soma Ponderada-*fuzzy* gerou a possibilidade de ranquear fatores, problemas denunciados de caráter socioambiental, na visão mais aproximada do real frente à gestão ambiental. Essa análise faz com que o gestor veja e entenda a presente situação e entenda qual critério de fato importa para uma melhor gestão com um formato de linguagem simplificada.

A integralização da técnica AHP com a lógica *fuzzy* possibilitou a hierarquização e a avaliação das áreas de estudo, modelando a análise holística e sistêmica do método geossistêmico de análise da paisagem (DE PAULA; SOUZA, 2011). Os autores ainda enfatizaram que estudos de vulnerabilidade ambiental são fundamentais para o ordenamento territorial e se associados ao geoprocessamento

amparam a sustentabilidade ambiental ao apresentar dados mais precisos sem que haja gasto de tempo excessivo.

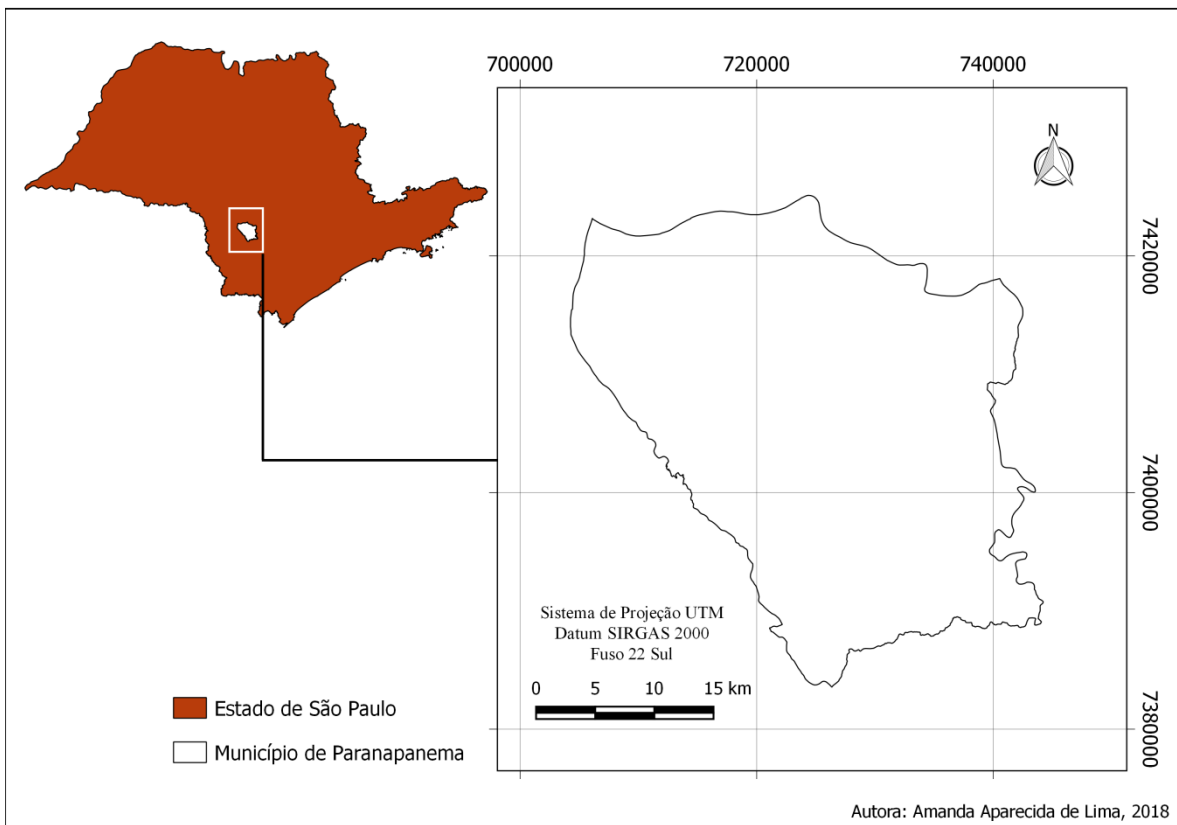
Diversos trabalhos foram realizados utilizando a AMC dentro de ambiente SIG (BARROS, 2017; BRITO; WEBER; PASSUELLO, 2017; DE PAULA e SOUZA, 2011; NICOLETE, 2015; NOSSACK, 2012; PENACHIO, 2017; PINA, 2017; SARTORI, 2012; SILVA et al. 2016; SILVA et al., 2004; MALCZEWSKI, 2004; FERRAZ; VALENTE, 2001; VETORAZZI, 2006; VETORAZZI, 2003; para citar alguns) puderam obter resultados confiáveis por meio de suas análises espaciais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

O município de Paranapanema possui 1.019,2 km² e está situado na região sudeste do estado de São Paulo (Figura 5), inserido na bacia hidrográfica do Alto Paranapanema entre as coordenadas geográficas 23° 16' 04" e 23° 38' 32" de latitude sul; 48° 36' 30" e 49° 00' 08" de longitude W.Gr, apresentando altitude média de 600m.

Figura 5 – Localização do município de Paranapanema em relação ao Estado de São Paulo



A classificação climática segundo Köppen é Cfa, que se caracteriza por clima temperado úmido de verão quente, com média de temperatura mensal máxima de 22°C e mínima de 18°C (VENTURA; BERENGUT; VICTOR, 1965) e chuvas com média anual acumulada de 1.407,9 mm (CEPAGRI, 2016).

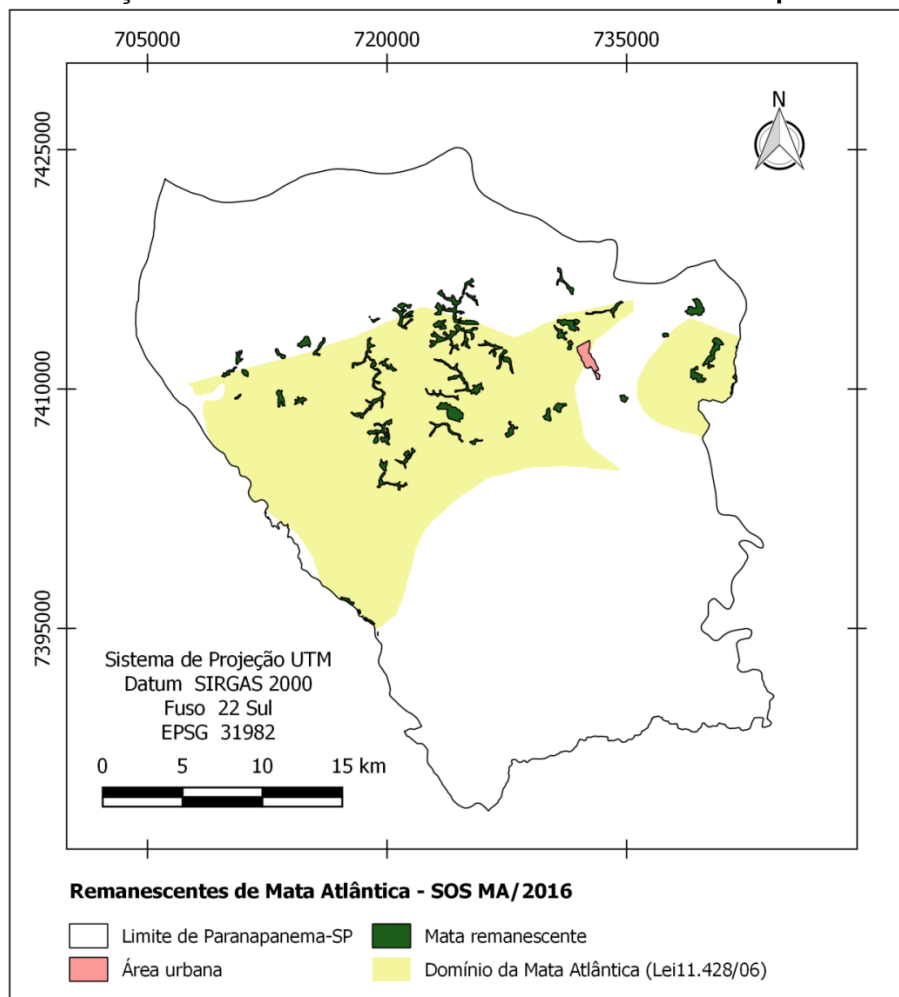
A remanescente da vegetação natural local está localizada na Floresta Estadual e na Estação Ecológica de Paranapanema, unidades de conservação contíguas com presença de vegetação natural fragmentada alternada com talhões

de floresta plantada de espécies comerciais. A partir delas pode-se caracterizar a vegetação característica de Floresta Estacional Semidecidual (CIELO-FILHO et al., 2009) com a presença de matas de transição e vegetação do cerrado.

O município se encontra inserido na faixa de recarga do aquífero Guarani na região Centro-Sul (GOMES et al., 2006), com o predomínio de Neossolo Quartizarênico nessa região de recarga (IAC, 1991; MIKLÓS; GOMES, 1996 apud GOMES et al., 2006). No entanto, existe uma maior incidência dos Latossolos Vermelhos dentro dos limites do município de Paranapanema (IAC, 1999; ROSSI, 2017).

Assim como Angatuba, Itatinga, Buri e Itapeva (municípios vizinhos), o município de Paranapanema também apresenta em parte de seu território uma área de domínio do bioma Mata Atlântica, como mostra a Figura 6 (SOS MA, 2016).

Figura 6 – Identificação da área de domínio da Mata Atlântica no município de Paranapanema



Fonte: Adaptado de SOS Mata Atlântica, 2016.

3.2 Material

3.2.1 Programas utilizados

Para a obtenção, processamento e análise do banco de dados utilizados no trabalho foram utilizados os seguintes programas:

- a) QGIS 2.8.3 e 2.18.19 para processar arquivos em formato vetorial e matricial, álgebra de mapas e finalização dos mapas;
- b) *System for Automated Geoscientific Analyses* – SAGA GIS 6.2.0 para processar arquivos em formato vetorial e matricial (produção dos mapas de distância);
- c) SNAP 5.0.8 para o pré-processamento das imagens Sentinel 2A;
- d) Microsoft Excel 14.07208.5000 para montar a matriz de comparação pareada e calcular os pesos para os fatores da análise multicriterial.

3.2.2 Base cartográfica

A base de dados de hidrografia e curvas de nível utilizadas foram extraídas das cartas planialtimétricas do IBGE, com escala de 1:50.000, com 20 m de equidistância vertical entre as curvas, que são disponibilizadas de forma vetorizada para *download*. As folhas de orientação seguem conforme no Quadro 1:

Quadro 1 – Nomenclatura das folhas do IBGE de acordo com o município de referência

Folha	Nome
SF-22-Z-D-II-4	Paranapanema
SF-22-Z-D-II-3	Jurumirim
SF-22-Z-D-V-2	Foz do Apiaí-Guaçu
SF-22-Z-D-V-1	Guarizinho

3.2.3 Imagens orbitais

Para a identificação dos usos da terra foram utilizadas duas cenas com as imagens de satélite Sentinel 2A datadas de 04 de junho de 2017, com código

22KGV e 22KGU de localização, na qual fornece imagens com resolução espacial de 10, 20 e 60 metros, conforme as características apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Características das bandas do Sentinel-2 utilizadas

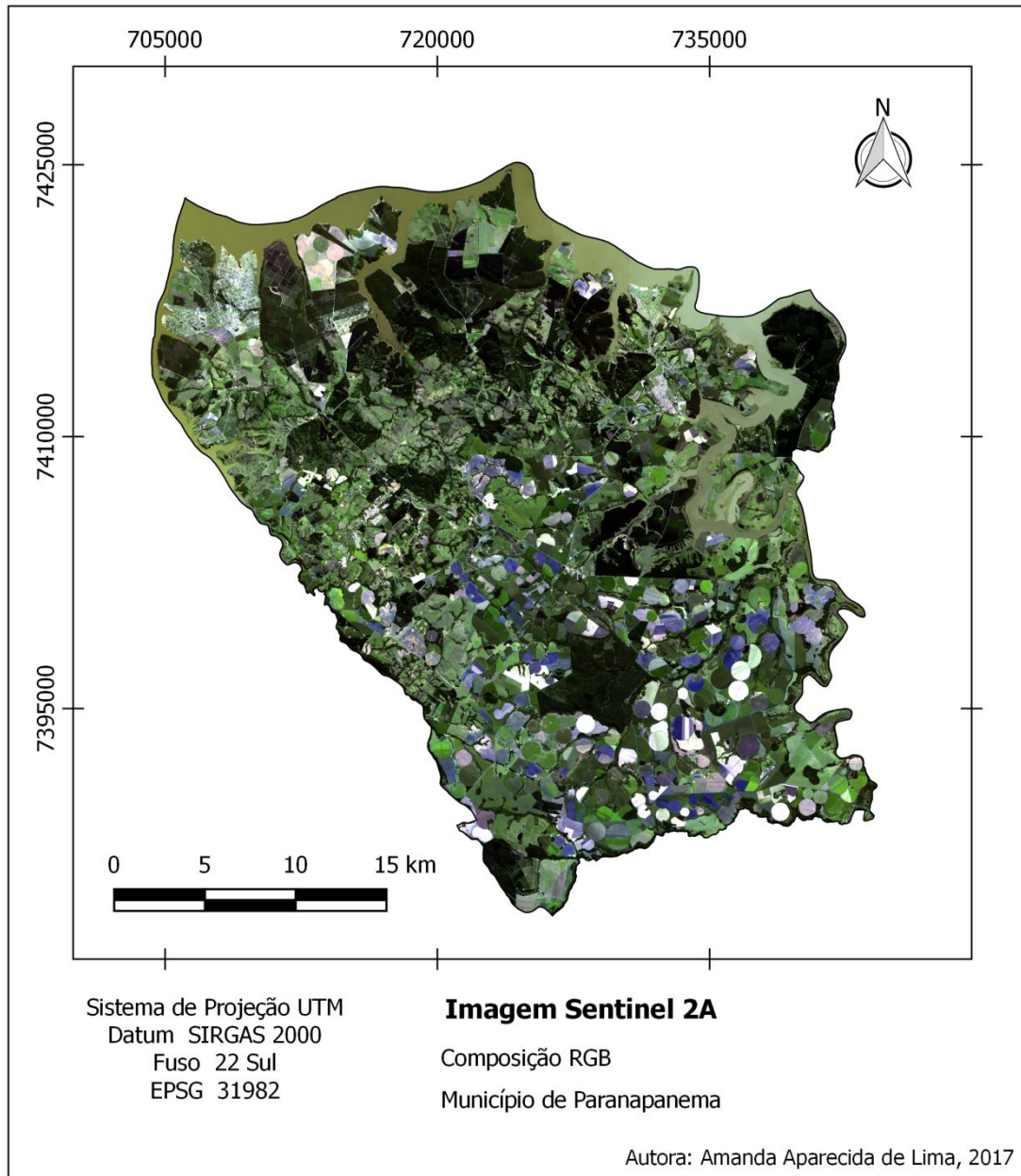
Bandas do Sentinel-2	Comprimento de onda central (nanômetro)	Resolução espacial (metros)
B02 – Blue	490	10
B03 – Green	560	10
B04 – Red	665	10

Fonte: Adaptado de Drusch et al., (2012)

Os produtos adquiridos são fornecidos pelo programa de observação da Terra Copernicus. Esse programa é o mais atual e promissor que visa estudar as condições ambientais, monitorar e mitigar os efeitos das alterações climáticas, além de garantir a seguridade social (ESA, 2018) e encontram-se em Nível 1C, o qual apresenta reflectância geocodificada para o Topo da Atmosfera (TOA – *Top Of Atmosphere*).

Para o presente trabalho foram utilizadas as imagens com resolução de 10 m, logo, são as bandas 02, 03 e 04, com respostas espectrais na faixa do azul, verde e vermelho, respectivamente, para a composição RGB (Figura 7) de cor verdadeira.

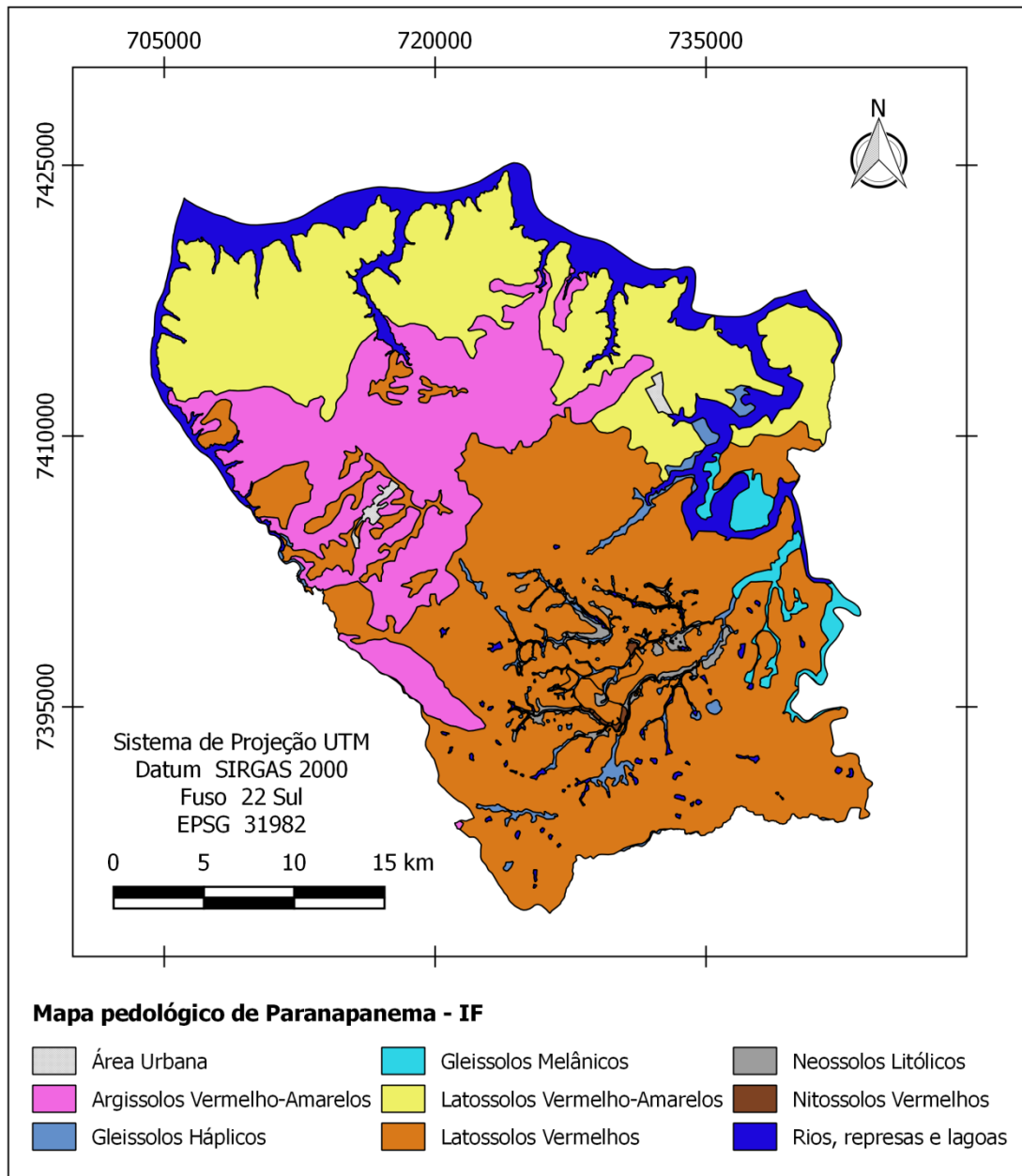
Figura 7 – Mapa do limite do município de Paranapanema-SP em composição RGB com imagens do Sentinel 2A de 2017



3.2.4 Mapa de Classes de Solos

O mapa de classe de solos do município de Paranapanema (Figura 8) foi obtido por meio da base de dados do Mapa pedológico do estado de São Paulo, disponibilizado pelo Instituto Florestal (IF), com escala de trabalho e finalização de 1:100:000 e 1:250.000, respectivamente, adaptado para um maior detalhamento, de modo que ocorra uma melhor interpretação dos atributos pedológicos (ROSSI, 2017).

Figura 8 – Classes de solos no município de Paranapanema-SP

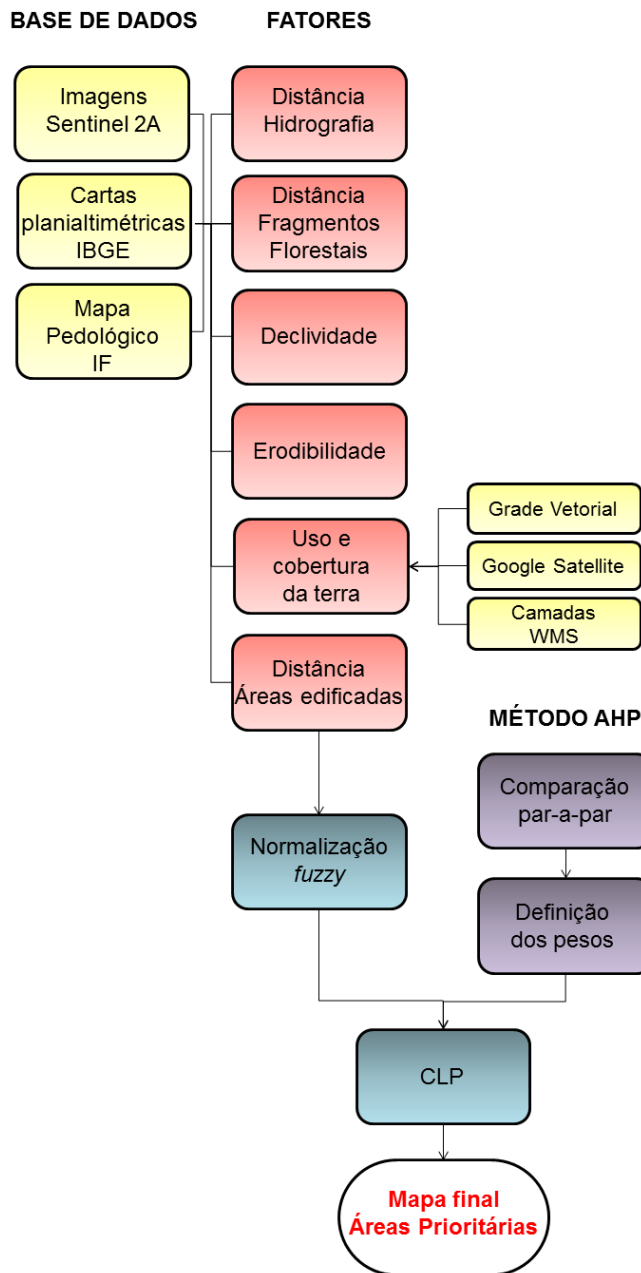


Fonte: Adaptado de Rossi (2017).

3.3 Metodologia

O fluxograma metodológico, Figura 9, tem como finalidade ajudar na visualização e no entendimento de todas as etapas realizadas para a composição do mapa final de realocação de áreas.

Figura 9 – Fluxograma da seqüência das etapas do trabalho



Autora: Amanda Aparecida de Lima, 2018.

3.3.1 Planos de informação

3.3.1.1 Uso e cobertura da terra

No presente trabalho, foi necessário fazer o uso de duas cenas de imagens orbitais do Sentinel-2 de modo que abrangesse todo o município de estudo. O pré-

processamento dessas imagens foi realizado no complemento Sen2core do *Sentinel-2 Toolbox* dentro do programa SNAP, desenvolvido e disponibilizado pela ESA, para a realização da correção atmosférica de TOA para a Superfície da Terra, BOA (*Bottom Of Atmosphere*), na resolução de 10 metros. Tal procedimento tem entrada de arquivo com produto de Nível 1C, transformando o arquivo de saída em Nível 2A, gerando imagens com reflectância corrigida e uma classificada (ESA, 2015).

Para definir as classes de uso e cobertura da terra, foi utilizado como base *raster* a composição RGB que fez uso das bandas 04, 03 e 02, para a vetorização das classes dos diferentes usos presentes na área de estudo. Esse procedimento foi realizado no QGIS com a utilização do complemento SCP (*Semi-Automatic Classification Plugin*), que é um sistema de classificação supervisionada na qual permite identificar os materiais da imagem conforme suas assinaturas espectrais com o uso do algoritmo *Maximum Likelihood* – máxima verossimilhança (MAXVER). Esse algoritmo relaciona-se ao Teorema de *Bayes*, no qual apresenta a probabilidade do *pixel* pertencer, ou não, à uma determinada classe de cobertura da terra fazendo a distribuição dessas probabilidades em forma de modelos normais multivariados (RICHARDS; JIA, 2006; CONGEDO, 2017).

Os autores ainda afirmam que, para utilizar esse algoritmo, é necessário que exista um número satisfatório de *pixels* para cada área de treinamento a fim de permitir o cálculo da matriz de covariância. A Equação 1 apresenta a função discriminante calculada para cada *pixel*:

$$g_k(x) = \ln p(C_k) - \frac{1}{2} \ln |\Sigma_k| - \frac{1}{2} (x - y_k)^t \Sigma_k^{-1} (x - y_k) \quad (1)$$

Onde: C_k = classe de cobertura do território k ; x = vetor de assinatura espectral de um *pixel* de imagem; $p(C_k)$ = probabilidade de que a classe correta seja C_k ; $|\Sigma_k|$ = determinante da matriz de covariância dos dados na classe C_k ; t = indica a transposição vetorial; Σ_k^{-1} = inverso da matriz de covariância; y_k = vetor de assinatura espectral da classe k .

Gerado o *raster* de classificação do uso e cobertura foi preciso realizar o procedimento de filtragem da imagem para agrupar mais claramente suas diferentes

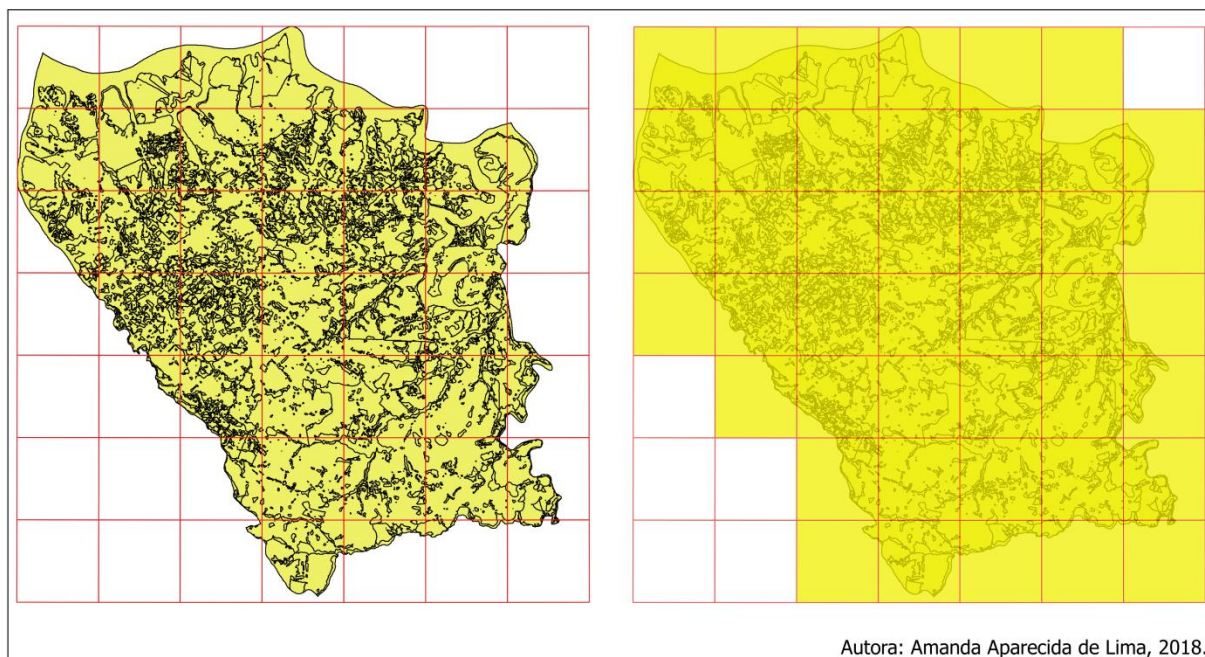
classes. Essa etapa foi realizada no Sextante do SAGA GIS com o algoritmo *Majority Filter*.

Depois de classificada, foi feita a poligonização (vetorização) das classes e então foi necessário readequar manualmente os polígonos que discriminavam erroneamente as classes de uso e cobertura da terra. Para isso utilizou-se três elementos principais, ainda dentro do QGIS: a) ferramenta de Camada Vetorial; b) plataforma Google Satellite; e c) camadas WMS.

O elenco desses elementos foi montado de forma lógica para organização, orientação e validação da discriminação das áreas poligonizadas.

- a) Com a utilização da ferramenta Camada Vetorial, criou-se uma grade em que abrangeu toda a extensão do município dividindo-o em 49 parcelas de 6,5 x 6,5 km, nas quais 43 dessas parcelas possuíam efetivamente parte do município (Figura 10);

Figura 10 – Croqui de ilustração da etapa a) Camada Vetorial – grade vetorial



Autora: Amanda Aparecida de Lima, 2018.

- b) Por meio do complemento chamado *OpenLayers Plugin* foi estabelecida uma comunicação com a plataforma do *Google Maps* que possui as imagens aéreas do *Google Satellite* suficientes para esclarecer as dúvidas de uso causadas pela classificação supervisionada;

- c) As camadas WMS (*Web Map Service*) foram conectadas a partir de links de comunicação disponibilizados pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA) por meio do projeto DataGEO, site pelo qual encontra-se disponível todo um banco de dados espaciais do Estado de livre acesso ao usuário. Com isso, o banco de dados da Biota FAPESP, dados de uso e cobertura da terra datados de 2010, 2013 e 2014 foram utilizados para realizar a confrontação (visualização) dos usos obtidos com a base de dados já existente.

Cada parcela da grade possuía valor 0 (sem preenchimento) e era tomada como uma unidade de readequação de polígonos, aquela parcela que fosse revisada e reajustada por completa atribuía-se valor 1 (com preenchimento). De modo que o procedimento fosse realizado, toda a grade era fechada, realizando toda a correção dos polígonos não correspondentes à sua real cobertura.

3.3.1.2 Extração dos fragmentos de floresta

Para esse plano de informação foi realizada a separação dos fragmentos de floresta nativa das demais camadas presentes no mapeamento de uso e cobertura da terra, fazendo com que estes sejam identificados de forma única.

A dificuldade apresentada na área de estudo foi de que a maioria dos fragmentos encontrados são aqueles que acompanham o curso d'água, além dos poucos isolados de tamanho reduzido. Então, a medida adotada para fins de conservação dessa cobertura vegetal foi fazer uso da área total desses fragmentos, eliminando apenas os de área menor que 1 ha (VALENTE, 2001; 2005) sem considerar a borda.

3.3.1.3 Modelo numérico do terreno e declividade

O Modelo Numérico do Terreno (MNT) foi gerado por meio da manipulação dos vetores referentes às curvas de nível das cartas planialtimétricas do IBGE. Essas curvas são unidas em uma mesma feição de acordo com o mesmo valor de cota e se as mesmas encontram-se contíguas. Feito isso, realizou-se a extração dos dados de cota das curvas vetorizadas em pontos (nós), esses pontos foram

interpolados com o atributo referente aos valores de cota, fazendo com que fosse gerado um *raster* no qual continha *pixels* com valores de altimetria, ou seja, o MNT da área de estudo.

A declividade do terreno foi gerada no QGIS com o auxílio da ferramenta de análise na opção *MDE*, resultando em porcentagem. Os resultado de declividade foi reclassificado na extensão Sextante com o algoritmo *r.reclass* do GRASS GIS, de acordo com a classificação de relevo da Embrapa (2013), que segue no Quadro 3:

Quadro 3 – Classificação da declividade em porcentagem

Classe de declividade (%)	Classe de relevo
0 – 3%	Plano
3 – 8%	Suave ondulado
8 – 20%	Ondulado
20 – 45%	Forte ondulado
45 – 75%	Montanhoso
>75%	Escarpado

Fonte: EMBRAPA (2013).

3.3.1.4 Hidrografia

O plano de informação referente aos cursos d'água foi obtido por meio da vetorização da rede de drenagem das cartas do IBGE e ajustadas manualmente, com base nas imagens de satélite, de acordo com o que se encontra atualmente no terreno. Juntamente a esses dados, também foi extraído o polígono referente à represa do plano de uso e cobertura da terra, e transformando-a em linhas foi possível gerar uma melhor representação da rede hidrográfica presente na área de estudo.

3.3.1.5 Áreas urbanizadas

A cobertura referente às edificações e ao meio urbanístico foi separada das demais classes de uso e cobertura de maneira que esta levasse uma identificação singular referente às áreas urbanizadas.

3.3.1.6 Erodibilidade dos solos

Para a produção desse plano de informação foi necessário reclassificar o mapa de solos do município, extraído do Mapa pedológico do estado de São Paulo, de Rossi (2017) e disponibilizado pelo IF, na escala de 1:100.000, em um mapa referente ao fator K de erodibilidade do solo.

Os valores de erodibilidade foram determinados de forma experimental dada pela unidade $t.ha.h.ha^{-1}.MJ^{-1}.mm^{-1}$ de perda de solo por unidade de índice de erosão ocasionada pela chuva (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1985) encontrada nos trabalhos de Bertoni e Lombardi (1990), Bloise et al. (2001), Mannigel et al. (2002) e Silva e Alvarez (2005). Por meio destes, foi realizada a média dos valores de K encontrados pelos autores e correlacionados com seus correspondentes, proporcionando um valor de vulnerabilidade ao processo erosivo singular a cada tipo de solo presente na área de estudo.

3.3.1.7 Áreas de restrição

O plano de informação, denominado áreas de restrição, é destinado às áreas onde não se aplica a recomposição florestal. Tais como áreas com edificações, corpos d'água e com presença de cobertura vegetal nativa. Depois de identificado esses planos de informação foi realizada a união dessas camadas em único plano com a atribuição de valores 0, para as áreas restritas, e 1 para as demais áreas em formato matricial.

3.3.2 Processo Hierárquico Analítico e mapeamento dos fatores

Para que os fatores sejam elencados, foi utilizada a Técnica Participatória (CHEN et al., 2001; EASTMAN, 2001; MALCZEWSKI, 1999; VALENTE, 2005), na qual os fatores são decididos por um grupo de especialistas de diversas áreas com a finalidade de gerar os reais agentes fundamentais para encontrar as áreas de prioridade para a recomposição florestal no município de Paranapanema, SP, e com isso, determinar os pesos desses fatores.

No presente trabalho, o corpo de decisão dos fatores foi composto por colaboradores da Estação Ecológica de Paranapanema, pelo Grupo de Estudos e Pesquisas Agrárias Georreferenciadas (GEPAG) da Faculdade de Ciências

Agronômicas da Unesp, campus de Botucatu, cujos componentes deste grupo são pesquisadores de diversas formações, além da participação de professores da mesma instituição de ensino.

As opiniões foram coletadas, estudadas e assim, definidos os fatores (proximidade à rede hidrográfica, proximidade aos fragmentos florestais, declividade, erodibilidade do solo, uso e ocupação da terra e distância das áreas urbanizadas) em reunião com parte do grupo de estudos. Fatores esses elencados de acordo com o grau de importância em relação à priorização de áreas destinadas à restauração florestal.

3.3.2.1 Normalização dos fatores

Passada a etapa de produção dos mapas dos fatores, parte-se para a padronização dos dados com o objetivo de realizar a álgebra de mapas. Frente a isso foi necessário normalizar as diferentes bases matriciais por meio da normalização.

A lógica *fuzzy* é a responsável pela normalização dos fatores com a equação Linear (Equação 3), representada por uma função em um intervalo entre os valores de 0 e 1, que leva em consideração o grau de vulnerabilidade da área. Dentre as demais equações *J Shaped*, *Sigmoidal*, *Complexa* e *Linear* definida para a melhor adequação da natureza dos critérios do trabalho (SILVA et al., 2004), e segue:

$$\mu = \frac{x - x_a}{x_b - x_a} \quad (3)$$

Onde: μ descreve a função *fuzzy*; e o x_a e x_b são os pontos de controle de mínimo e máximo.

Essa etapa de normalização foi realizada no SAGA GIS na ferramenta Fuzzify atentando-se aos valores da camada de entrada que devem estar todos com mesmo limite de extensão. Além disso, atentou-se também na escolha da metodologia sendo linear crescente ou linear decrescente de acordo com o ajuste visando o grau de prioridade do fator analisado.

3.3.2.2 Mapa de uso e cobertura da terra

O mapeamento de uso e cobertura da terra foi classificado de acordo com os diferentes níveis de vulnerabilidade em relação à classe do uso da terra. Uma vez que a situação apresentada para fragmentos florestais não é a mesma de uma área de pasto se associada com a regeneração natural de área degradada. Áreas severamente degradadas não apresentam condição de regeneração natural e, até mesmo o povoamento pelas espécies arbóreas e a sucessão secundária fica impedida dentro do período de tempo relacionado às atividades de necessidade do ser humano devido a barreiras no ambiente físico e/ou biótico (ENGEL; PARROTTA, 2003).

Frente a isso, atribui-se valores para cada classe de uso de acordo com o seu grau de vulnerabilidade relacionado ao tipo de cobertura do solo de cada classe e sua capacidade de proteção contra processos erosivos. Sendo assim, as áreas urbanizadas, os fragmentos florestais e áreas alagadas levaram valor nulo, por serem áreas restritas, seguindo das florestas plantadas seguindo da fruticultura, depois agricultura, pastagem e por fim, solo exposto possuindo o maior valor.

Depois da atribuição de valores foi realizada a etapa de conversão dos vetores para *raster* a partir do atributo gerado.

3.3.2.3 Mapa de proximidade aos fragmentos florestais

Para a obtenção do fator de distância dos fragmentos foi considerado o plano de informação dos fragmentos florestais de mata nativa com áreas maiores do que um hectare. Assim como o mapa de uso e cobertura da terra, o mapa de fragmentos foi rasterizado contendo apenas dados de valor zero para as áreas de interesse.

Com o arquivo gerado de entrada, no SAGA GIS realizou-se a análise das distâncias entre os fragmentos por meio da ferramenta de análise de dados *Grid>Distances* chamada *Proximity Grid*. Essa ferramenta utiliza a metodologia de medida de distância euclidiana expressa pela Equação 2:

$$d_E = \sqrt{\sum_{y=1}^S (n_{i1} - n_{i2})^2} \quad (2)$$

Onde: n_{i1} e n_{i2} são as abundâncias da i -ésima amostra na primeira e segunda parcela, e S é o total de amostras.

Obtido o mapa de distância dos fragmentos de floresta, foi realizado o recorte da área de estudo com o limite do município para realizar a normalização desse fator. Para isso, utilizou-se a função linear decrescente, que quanto mais distante dos fragmentos mais próximo o valor será de 0, de modo que quanto mais próximo dos fragmentos mais próximo de 1 será o valor, indicando maior vulnerabilidade dos fragmentos e, com isso, maior prioridade à restauração visando a conservação dos mesmos.

3.3.2.4 Mapa de declividade

O mapa de declividade foi gerado com a utilização da ferramenta de análise *MDE* no QGIS, e foi apresentada em porcentagem. Esse plano de informação foi reclassificado em classes de acordo com as classes de relevo estabelecidas pela EMBRAPA (2013).

Para a padronização desses valores foi aplicada a função linear crescente, cuja vulnerabilidade do meio aumenta de acordo com o aumento da classe de declividade.

3.3.2.5 Mapa de proximidade à rede hidrográfica

No mapa de proximidade à rede hidrográfica foram utilizados os dados de hidrografia disponíveis nas cartas planialtimétricas do IBGE e também o polígono referente à represa que, gerados no QGIS, é uma das limitações do município. Nesse plano de informação ainda vetorizado foi atribuído um único valor para as feições e então foi transformado para *raster* para efetuar o cálculo da distância, por distância euclidiana no SAGA GIS.

Na normalização foi realizada a função linear decrescente, indicando que quanto mais próximo da rede hidrográfica maior a necessidade de vegetação, ou seja, maior prioridade.

3.3.2.6 Mapa de distância às áreas urbanizadas

O mapa de distância em relação às áreas urbanizadas foi gerado por meio da camada referente a esse uso e teve atribuição de valor 0 para ser transformado em *raster*.

No SAGA GIS foi efetuado o cálculo da distância por distância euclidiana e efetuado o corte do arquivo gerado com o polígono referente ao limite do município. Com isso, passou-se para o processo de normalização com a utilização da função linear crescente, indicando que quanto mais distante dessas áreas menor a influência antrópica, e logo maior será a prioridade de restauração visando à conservação dos fragmentos florestais.

3.3.2.7 Mapa de erodibilidade do solo

Tendo como base as diferentes classes de solo presentes no município, o mapa de erodibilidade do solo foi gerado por meio da relação do fator K de erodibilidade com as classes de solo. Os valores do fator de erodibilidade foram inseridos na tabela de atributos de acordo com os diferentes tipos de solo para a partir daí efetuar a rasterização desse plano de informação.

A padronização dos dados foi realizada por meio da função linear crescente, indicando maior vulnerabilidade à erosão de modo que há o aumento do fator K.

3.3.2.8 Determinação de importância dos fatores

Segundo a metodologia proposta por Saaty (1987; 1977), foi realizada uma comparação em pares entre os fatores para determinar a importância que cada um possui em relação ao outro no Processo Hierárquico Analítico – AHP, isso ocorre com a comparação de dois a dois por meio de uma matriz quadrada com ordem n , no qual n é o número de fatores (Tabela 1) aplicados.

Tabela 1 – Matriz quadrada de comparação par-a-par

	A ₁	A ₂	...	A _n
A ₁	w ₁ / w ₁	w ₁ /w ₂	...	w ₁ / w _n
A ₂	w ₂ /w ₁	w ₂ / w ₂	...	w ₂ /w _n
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
A _n	w _n / w ₁	w _n /w ₂	...	w _n / w _n

Fonte: Adaptado de Saaty (1977).

Os valores de comparação entre os fatores são determinados conforme a Tabela 2 proposta por Saaty (1977; 1987) respeitando uma escala de valores:

Tabela 2 – Escala de pontos utilizados na comparação pareada

Escala de importância (w _i)	Definição na comparação pareada
1	Dois fatores são igualmente importantes para o objetivo
3	Um fator é moderadamente importante sobre outro para o objetivo
5	Um fator é fortemente importante sobre outro para o objetivo
7	Um fator é muito fortemente importante sobre outro para o objetivo
9	Um fator é extremamente importante sobre outro para o objetivo
2, 4, 6, 8	Valores intermediários
1,1, 1,2, ..., 8,9	Valores decimais podem ser utilizados para avaliações mais refinadas

Fonte: Nicolete (2015).

Em sequência à montagem da matriz, conforme a proposta de Saaty (1977; 1987), Silva et al. (2004), propôs a Equação 4 para o cálculo dos pesos, que segue:

$$w_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}} / \sum_{k=1}^n \left[\left(\prod_{j=1}^n a_{kj} \right)^{\frac{1}{n}} \right] \quad (4)$$

Onde: o w_i representa o peso para cada fator; e n o número de fatores.

Após realizado o cálculo dos pesos para cada fator, calculou-se o valor de w' , apresentado na Equação 6. Esse cálculo se torna possível após encontrar o máximo

de *eigenvalue*, que de acordo com Saaty (1987) o valor de $\lambda_{m\acute{a}x} \geq n$, para que a matriz seja recíproca e positiva, conforme apresentado na Equação 5:

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{1}{n} \left(\frac{w'_1}{w'_1} + \frac{w'_2}{w'_2} + \dots + \frac{w'_n}{w'_n} \right) \quad (5)$$

$$w' = A * w \quad (6)$$

Onde: A é a Matriz =[a_{ij}].

A próxima etapa é aplicar o cálculo do índice de consistência (CI), proposto por Saaty (1977), para saber qual foi o grau de consistência obtido pelo pareamento da matriz conforme mostra a Equação 7:

$$CI = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1} \quad (7)$$

Definido o valor do CI foi necessário realizar o cálculo de Razão de Consistência (CR) apresentada na Equação 8, cuja razão relaciona o resultado do CI com o chamado Índice de Aleatoriedade (RI) previamente determinado como mostra a Tabela 3 (SAATY, 1977; 1987):

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (8)$$

Tabela 3 – Valores do Índice de Aleatoriedade de acordo com os fatores

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Adaptado de Saaty (1987)

Segundo Saaty (1987), o valor obtido de CR deve ser menor que 0,1, indicando consistência na matriz e os pesos previamente elencados poderão ser utilizados. Caso o valor encontrado seja superior ao valor de 0,1 necessita-se

reavaliar a atribuição de valores realizada na montagem da matriz quadrada de combinação pareada.

3.3.3 Combinação Linear Ponderada

O método de Combinação Linear Ponderada (CLP), proposto por Voogd (1982), gera o *score* dos mapas finais calculados por meio de uma média ponderada conforme se apresenta na Equação 9. Esse *score* final foi gerado mantendo a mesma escala dos *scores* previamente normalizados, logo, também mostra valores que variam de 0 a 1.

$$S = \sum_i w_i x_i \quad (9)$$

Onde: S é o *score* final; w_i é o peso atribuído ao fator i; e o x_i é o valor médio que foi normalizado para aquele mesmo fator i.

Para os casos que apresentam áreas restritas, ou seja, áreas que não devem gerar resultados de adequação, com a possibilidade de na CLP realizar a multiplicação do resultado final pelo plano de informação que declaram quais são as restrições contidas na área de estudo. Essas áreas são declaradas restritas por apresentar características que se enquadram no objetivo da adequação (fragmentos remanescentes), e/ou localidades onde não existe a possibilidade de adequação (áreas urbanizadas). Para a representação desses dados de forma matricial e normalizada de acordo com os valores presentes nos demais fatores, a restrição é expressa na escala binária 0/1, no qual 0 representa as áreas restritas e 1 representa a serem adequadas (lógica Booleana).

Frente a essa situação, o *score* final que apresenta a necessidade de aplicar a exclusão das áreas restritas é dado pela Equação 10.

$$S = \sum_i w_i x_i \cdot \prod_j c_j \quad (10)$$

Onde: c_j é o *score* de representação binária da exclusão j .

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Definição dos fatores

Os fatores foram elencados por meio da TP proposta pelos componentes da comissão multidisciplinar de acordo com o seu grau de importância às áreas prioritárias para a restauração florestal no município de Paranapanema, SP. Os fatores elencados definidos seguem em ordem classificatória do mais importante para o de menor importância: proximidade à rede hidrográfica; proximidade entre os fragmentos; declividade; erodibilidade; uso e ocupação da terra; e distância das áreas urbanizadas.

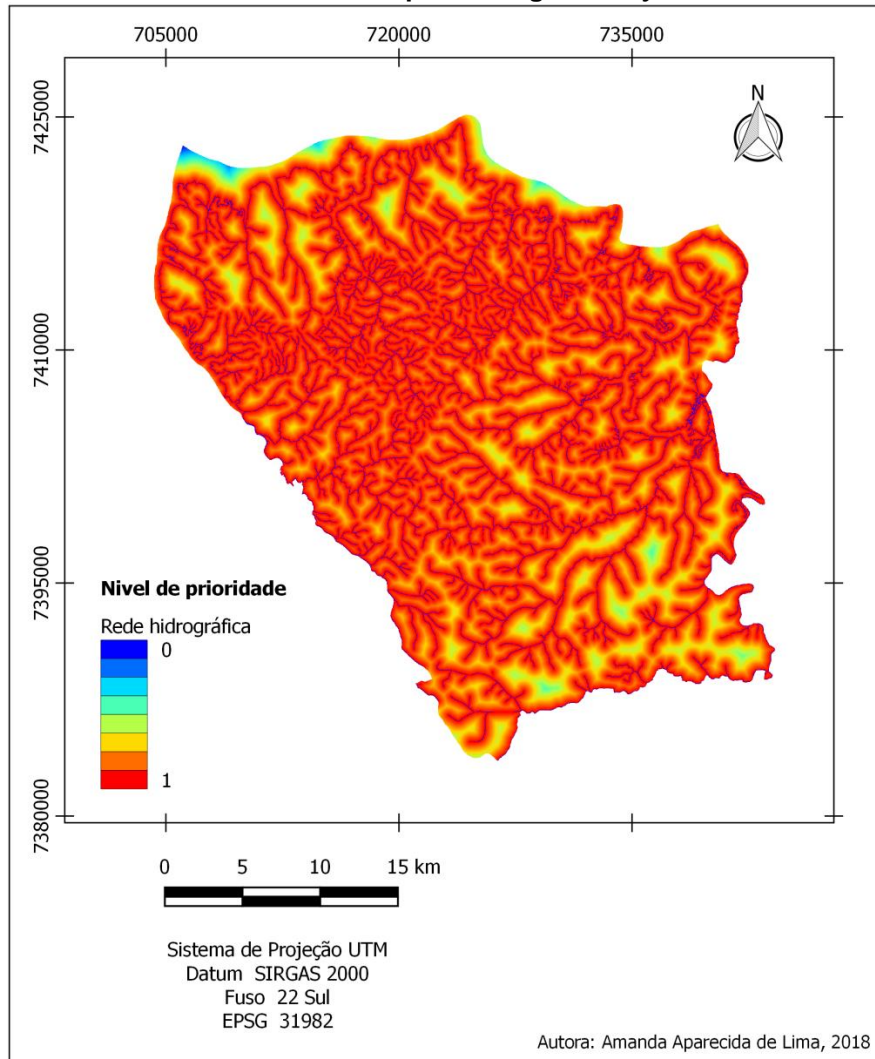
4.1.1 Mapa de Proximidade à rede hidrográfica

Existe uma grande importância voltada à conservação das matas ciliares, não só perante a legislação vigente, como Área de Preservação Permanente (BRASIL, 2012b; BRASIL, 2017), mas também por sua contribuição na proteção dos cursos d'água e nascentes. A proteção ocorre por meio da barreira de vegetação que permite a não deposição de materiais trazidos com o escoamento superficial de forma direta no curso d'água (CORRÊA et al., 2017).

A barreira formada pela vegetação proporciona ao ambiente a diminuição de contaminação por componentes químicos provenientes da agricultura; diminui os custos com o tratamento da água; diminui os riscos de deslizamento de terra e enchentes; refúgio para fauna terrestre, quanto à aquática, por meio da manutenção da qualidade da água frente à temperatura e sua oxigenação; além de participarem como corredores ecológicos na conexão de remanescentes de cobertura vegetal natural na conservação da biodiversidade (AQUINO et al., 2012; NASCIMENTO, 2001).

Com isso, a vulnerabilidade encontrada nos limites da rede de drenagem é alta partindo-se da tomada de decisão à conservação dos recursos hídricos e da biodiversidade. Portanto, a Figura 11 mostra a padronização das distâncias encontradas no município em relação à rede de drenagem presente, indicando alta importância da presença de vegetação em suas proximidades.

Figura 11 – Mapa de Proximidade à rede hidrográfica no município de Paranapanema, SP, normalizado pela da lógica *fuzzy*



4.1.2 Mapa de proximidade entre os fragmentos florestais

A fragmentação da cobertura natural do solo afeta negativamente nos serviços ecossistêmicos decorrentes da ausência de determinadas espécies, alteração nos ecossistemas e processos ecológicos. Construção de estradas, expansão agrícola e o desmatamento podem afetar na composição e no crescimento de espécies vegetais (MITCHELL et al., 2015). A fragmentação de florestas tropicais que promove a falta de conexão entre os fragmentos é a maior impulsionadora da crise global de extinção (MATOS et al., 2017).

Com finalidade conservacionista, foi adotada a inserção dos fragmentos menores limitados em 1 ha, visando o auxílio no fluxo biológico da paisagem para a manutenção dos fragmentos maiores encontrados na região (SOUZA, REIS;

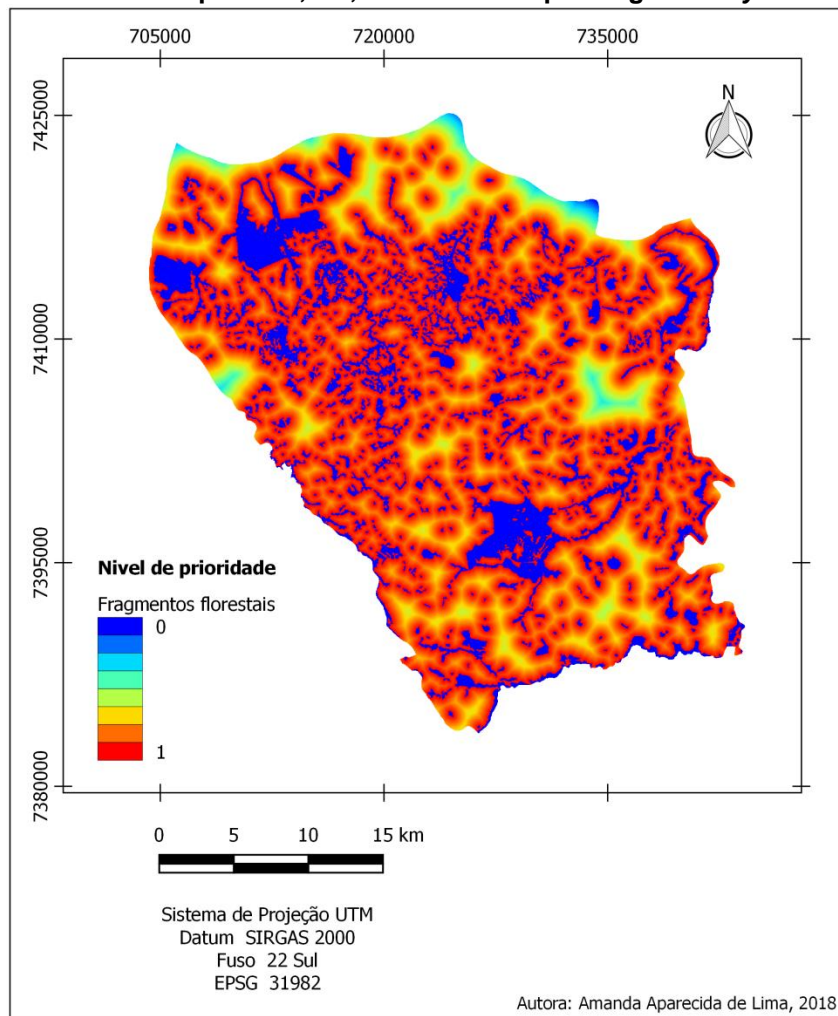
PEDROSA, 2014). Porém, somente os fragmentos de florestas maduras com maior tamanho que serão capazes de preservar habitats de espécies sensíveis, principalmente aquelas que necessitam de grandes áreas (FERRAZ et al., 2007), característica pouco aparente na área de estudo.

Além do serviço de manutenção dos fragmentos menores, adota-se a escolha de uma quantia maior de fragmentos a fim de aumentar a possibilidade de conexão entre eles. Visto que, as áreas quanto mais próximas dos fragmentos florestais maior a necessidade de proteção que são desempenhadas pela recuperação vegetal nativa, com o objetivo de contribuir com o aumento da continuidade da vegetação natural possibilitando a troca genética e condução de populações por meio dessa área contínua (SARTORI, 2010).

A Figura 12 mostra a maior importância de recuperação nas limitações desses fragmentos florestais indicadas pelo valor 1, e as mais distantes dessas áreas indicadas pelos valores tendendo a 0.

Um fator que contribuiu para a fragmentação presente no município foi decorrente das boas condições promovidas pela presença de um relevo apto para a implantação de agricultura temporária. As boas características físicas do local fizeram com que a agricultura se alastrasse por grande parte do território, fazendo com que toda área “ideal” fosse aproveitada. Os fragmentos remanescentes isolados de maior tamanho são os destinados à Reserva Legal, onde somente se conserva a vegetação nativa por obrigação do cumprimento da legislação vigente (BRASIL, 2012a), quando cumprida.

Figura12 – Mapa de proximidade entre os fragmentos florestais presentes no município de Paranapanema, SP, normalizados pela lógica fuzzy



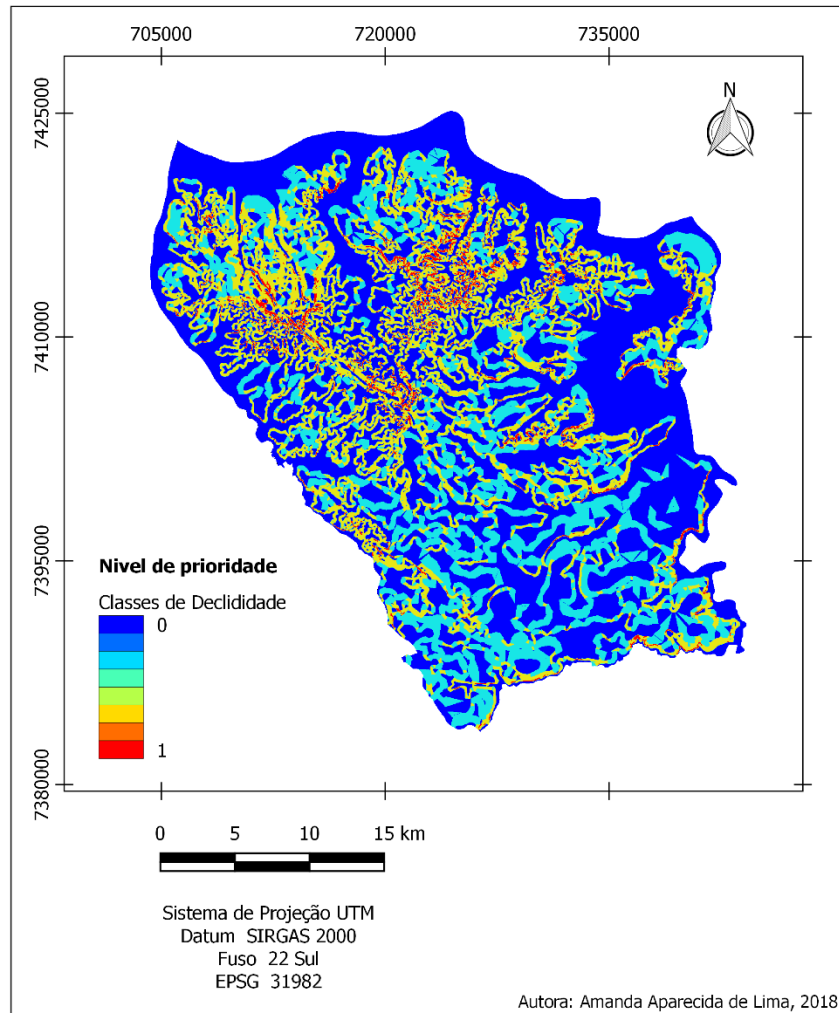
4.1.3 Mapa de declividade

Como citado anteriormente, a declividade influenciou de forma significativa nas características da paisagem atual. A Figura 13 apresenta os valores de declividade em porcentagem padronizadas com valores próximos de 0 para as classes de menor vulnerabilidade (relevo plano) e maior vulnerabilidade (relevo montanhoso) para os valores mais próximos de 1.

Prioriza-se a recuperação de relevo mais acidentado pela necessidade da presença de vegetação na proteção permanente do solo, frente à sua contribuição na suscetibilidade à erosão (BERTONI; LOMBARDI, 1990), mas também por conta da dificuldade da implantação de processos produtivos (FERRAZ; VETTORAZZI,

2003) e na sua colheita em declividades maiores que 30%, frente aos indivíduos florestais (EASTMAN et al., 1995).

Figura 13 – Mapa das classes de declividade presentes no município de Paranapanema, SP, normalizados pela lógica *fuzzy*



O município apresenta, segundo a classificação do relevo da EMBRAPA (2013), 45,28% do território corresponde ao relevo plano (Tabela 4) se considerada somente a área denominada como útil, que se trata da exclusão da água represada. O município ainda apresenta 27,57% de seu território com relevo suavemente ondulado e somente 2,49% de áreas não mecanizadas (PEREIRA, 2002).

Frente a isso, mais de 70% de toda a extensão é considerada apta para a implantação de culturas temporárias com operações mecanizadas em relação à declividade local.

Tabela 4 – Classes de declividade e suas respectivas áreas no município de Paranapanema, SP

Classes de declividade	Classes de relevo	Área (ha)	Área (%)
0-3	Plano	41.816,98	45,28
3-8	Suavemente ondulado	24.939,88	27,57
8-20	Ondulado	22.880,55	26,10
20-45	Fortemente ondulado	2.255,27	2,47
45-75	Montanhoso	16,00	0,02
>75	Escarpado	0	0
Total (área útil)	-	91.908,68	100

Nota: área de domínio da represa = 10.008,22 ha

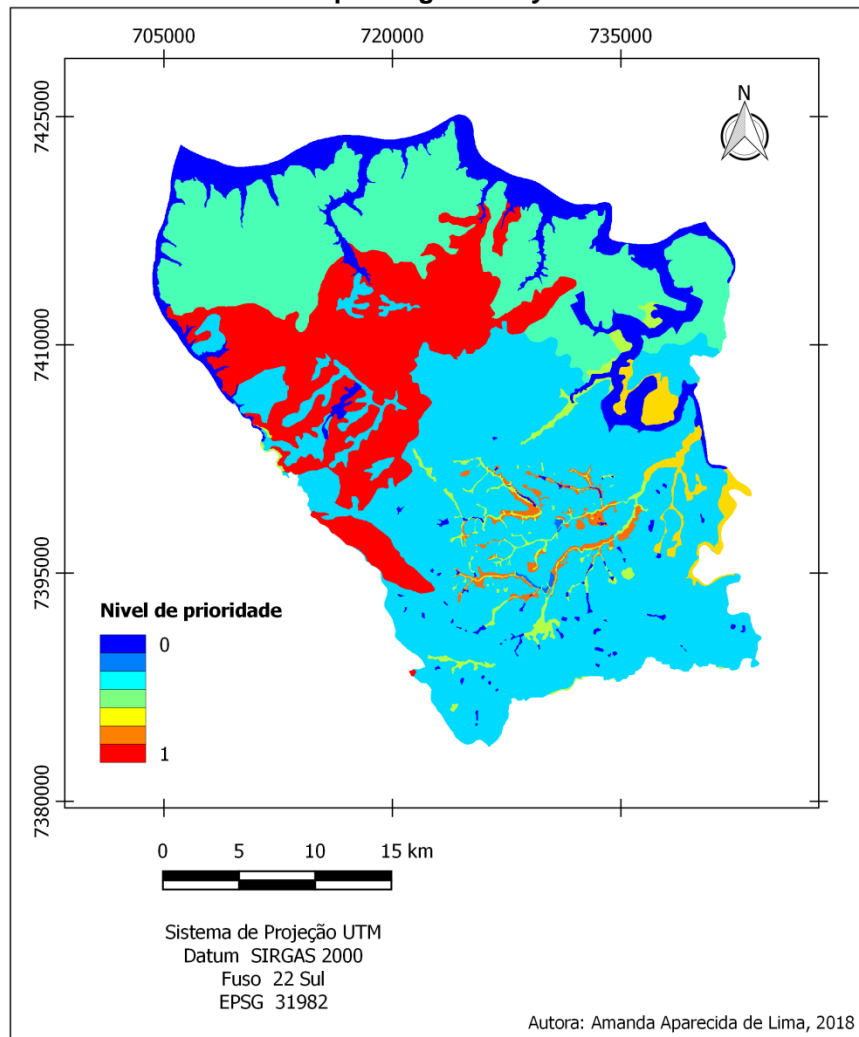
4.1.4 Mapa de erodibilidade do solo

O fator erodibilidade varia entre os diferentes tipos de solo, por mais que a declividade, chuva, tipo de vegetação na cobertura e o manejo aplicado sejam os mesmos, alguns tipos de solo sofrem erosão mais do que outros (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990). Com isso, cada tipo de solo encontrado no estudo possui um grau de tendência à erosão que foi atribuído na sua área de abrangência.

Essa atribuição referente à erodibilidade do solo foi padronizada por meio da lógica *fuzzy* com a função linear crescente num *score* de 0 a 1, onde os valores mais próximos de um representam os solos de maior vulnerabilidade a processos erosivos, e aqueles mais próximos de zero são os de menor tendência.

Essa tendência de erosão das diferentes classes de solo, presente na área de estudo, cresce com o aumento do fator K, levando também em consideração a falta de cobertura vegetativa em períodos de chuva excessiva (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990). Com isso, se associados o fator erodibilidade de cada tipo de solo com as classes de uso/ocupação da terra, o risco de erosão seria agravado nesse mapa. Porém, essa consideração de fatores só ocorre na execução da CLP.

Figura 14 – Mapa de erodibilidade do solo do município de Paranapanema, SP, normalizado pela lógica fuzzy



Esses valores de K foram obtidos com base nos trabalhos de Bertoni e Lombardi (1990), Bloise et al. (2001), Mannigel et al. (2002), Silva e Alvarez (2005), por meio da média dos resultados apresentados conforme apresentado na Tabela 5.

Na área de estudo encontra-se a predominância dos Latossolos Vermelhos com 48,22% seguido pelos Latossolos Vermelho-Amarelos com 26,25% do território. Porém, apresentam valores baixos de erodibilidade, dentre as classes de solos avaliadas, estando à frente somente dos Nitossolos (MANNIGEL et al., 2002). Os Nitossolos apresentam taxas maiores de argila se comparados com os Litossolos, que são solos mais arenosos, por isso, também deve-se levar em consideração a declividade do terreno onde esse solo é incidente.

Tabela 5 – Valores de erodibilidade das classes de solo no município de Paranapanema, SP

Classes de solo	Legenda	Fator K	Área (ha)	Área (%)
Argissolos Vermelho-Amarelos	PVA	0,045	18.315,5	19,94
Gleissolos Háplicos	GX	0,021	20.66,73	2,25
Gleissolos Melânicos	GM	0,026	1.817,95	1,98
Latossolos Vermelho-Amarelos	LVA	0,012	24.109,57	26,25
Latossolos Vermelhos	LV	0,010	44.286,55	48,22
Neossolos Litólicos	RL	0,036	1.157,94	1,26
Nitossolos Vermelhos	NV	0,006	97,58	0,11
Total	-	-	91.851,82	100

Fonte: Bertoni e Lombardi (1990); Bloise et al. (2001); Mannigel et al. (2002); Silva e Alvarez (2005).

4.1.5 Mapa de uso e cobertura da terra

O mapa apresentado a seguir é o de uso e cobertura da terra do município de Paranapanema gerado por meio da classificação supervisionada semiautomática.

O mapa de uso e cobertura (Figura 15) reforça a premissa de que a maior atividade praticada no município é a agricultura, que em sua maioria é de agricultura temporária irrigada por pivôs central. De acordo com a Tabela 6, 38,50% do município é destinado à agricultura e na sequência tem-se a pastagem com 19,69% da área total.

O avanço da agricultura é o principal responsável pelo desmatamento da vegetação natural, sem deixar de incluir as áreas de mata ciliar, que mesmo sendo declaradas como Áreas de Preservação Permanente (BRASIL, 2012b) não vêm sendo conservadas. Essa cobertura vegetal está contida nos remanescentes florestais de floresta nativa apresentado somente 13,90% do total da cobertura do município com grandes áreas de matas ciliares invadidas para alocação de pivô, caso frequentemente encontrado na presente área de estudo visto em análise da imagem de satélite.

Figura 15 – Mapa de uso e cobertura da terra do município de Paranapanema, SP datado de junho de 2017

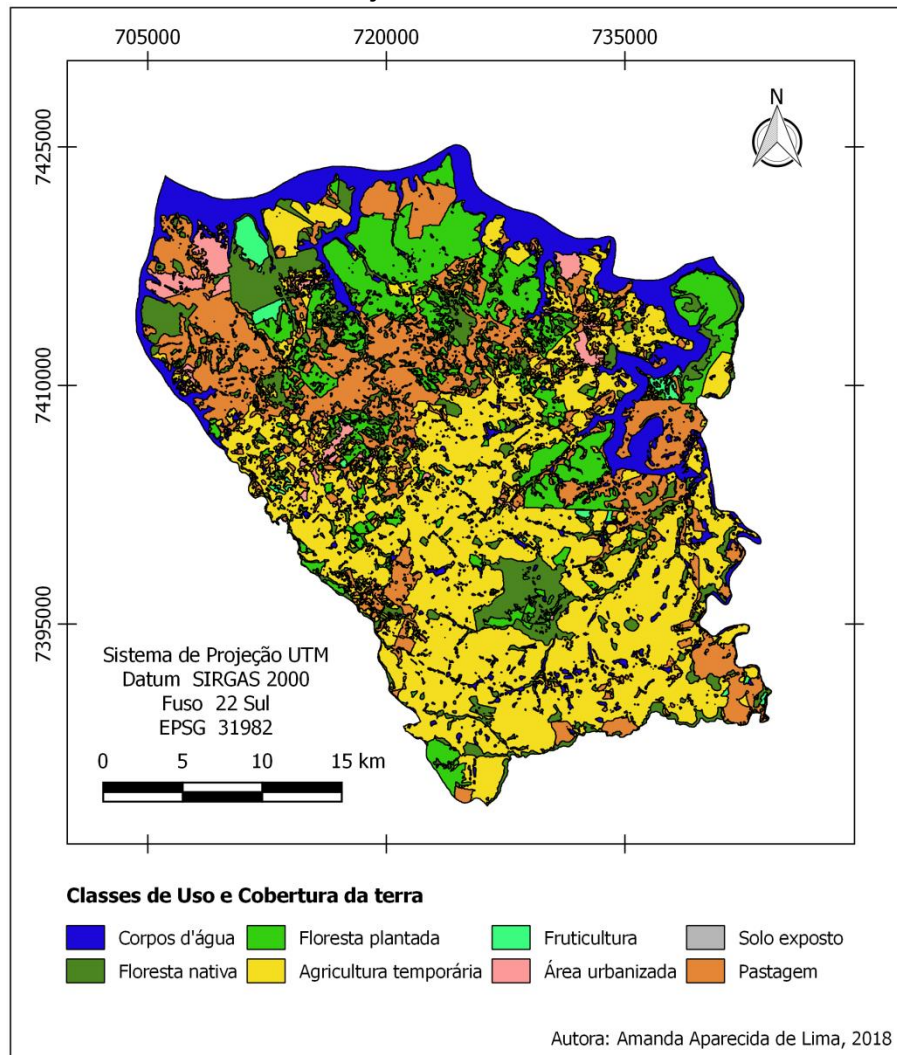


Tabela 6 – Uso e cobertura da terra para o município de Paranapanema, SP

Uso e cobertura	Área (ha)	Área (%)
Corpos d'água	11.786,29	11,57
Floresta nativa	14.161,42	13,90
Floresta plantada	13.236,98	12,99
Agricultura temporária	39.215,68	38,50
Fruticultura	1.025,81	1,01
Pastagem	20.053,59	19,69
Áreas urbanizadas	2.355,86	2,31
Solo exposto	27,03	0,03
Total	101.862,66	100

Ao norte encontra-se a represa de Jurumirim com uma área de 10.008,22 ha dentro de Paranapanema, além da presença de grande quantidade de água represada de uso particular licenciado, essa cobertura corresponde a 11,57% do território. Por ser uma área rica em irrigação natural, a presença de tanques de água armazenadas artificialmente é grande, gerando facilidades ao produtor rural, mas prejudicando os recursos hídricos naturais.

O uso referente à pastagem é encontrado em toda extensão, porém, está mais concentrado na região noroeste totalizando em 19,69% do total. A prevalência desse uso é decorrente da presença de um relevo mais acidentado encontrado na região, onde há uma dificuldade de operação de maquinário de uso agrícola.

As áreas declaradas como urbanizadas englobam as localidades onde se encontram edificações, que segundo apresentado na Tabela 6, responde por 2,31% da cobertura. Nelas se encontram os centros urbanos da cidade de Paranapanema, do distrito de Campos de Holambra, os loteamentos de condomínios privados e construções aparentes nas imagens do Sentinel 2A.

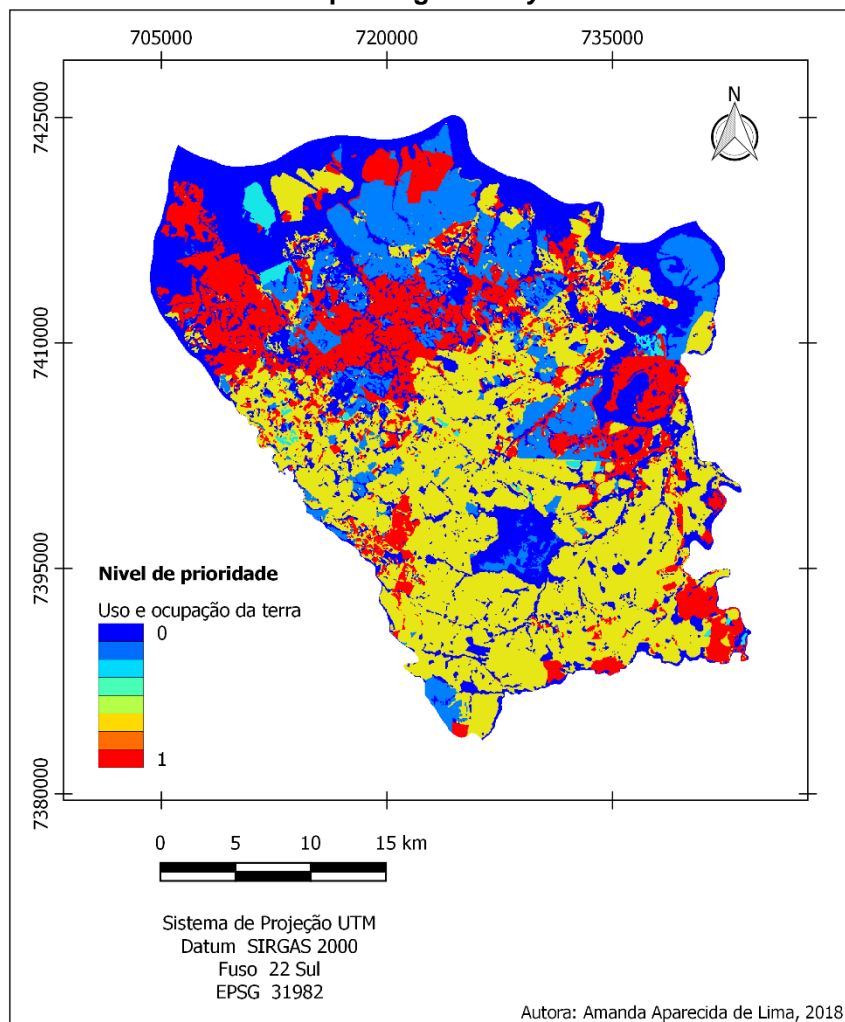
Além da floresta nativa, a floresta plantada se apresenta de forma bem significativa, com 12,99% da área total, juntamente à cobertura de fruticultura com 1,01%. Elas contribuem de forma significativa ao se tratar de riscos à erosão com a diminuição do escoamento superficial; diminuição do impacto das chuvas diretamente nos solos; interceptação dessa água pela parte aérea do vegetal; infiltração da água causada por canalículos no solo provocados por raízes em decomposição; maior deposição de matéria orgânica aumentando a capacidade de retenção de água no solo; e também na contribuição da vegetação para a diminuição da erosão eólica, fazendo com que as partículas do solo não sejam carregadas pelo vento (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

Na Figura 16, visualiza-se o mapa de uso e cobertura da terra após atribuição referente à vulnerabilidade ambiental da composição dos diferentes uso/cobertura (DE PAULA; SOUZA, 2011) que foi padronizada por meio da lógica *fuzzy* com a função linear crescente num *score* de 0 a 1, cujos valores mais próximos de um correspondem aos usos mais vulneráveis.

Os diferentes tipos de uso e cobertura implicam em sua estrutura características de vulnerabilidade ambiental, onde a análise da paisagem é feita integrando todos os fatores e processos envolvidos (DE PAULA, 2008).

Características citadas acima referentes à propensão, ou não, aos processos erosivos devido à falta de cobertura florestal; assim como a influência antrópica sob os fragmentos florestais remanescentes; áreas descobertas com alto nível de movimentação de sedimentos por escoamento superficial, fazendo com que a condição e a qualidade dos recursos hídricos sejam prejudicadas; e também a dessedentação animal e a utilização demasiada de agrotóxicos e fertilizantes químicos na agricultura que, contaminam o solo e água, afetam diretamente todo o ecossistema envolvido, possibilitando a ponderação da vulnerabilidade ambiental de acordo com cada tipo de uso e cobertura da terra presente na área de estudo.

Figura 16 – Mapa de uso e ocupação da terra no município de Paranapanema, SP, normalizado pela lógica fuzzy



Vale levantar a discussão sobre a cobertura mais adequada que irá promover menor impacto causado sob os recursos naturais em virtude da

conservação do meio em que ela atua. A presente unidade de estudo possui grandes áreas de agricultura sem qualquer atenção voltada à conservação de seus recursos naturais. Logo, o foco da abordagem da projeção de uso/cobertura da terra deve estar direcionado à conciliação das aplicações locais e globais de modelagem de uso e cobertura, juntamente à incorporação de processos ecológicos no uso/cobertura (TITEUX et al., 2016) .

Unidades de Conservação como a Floresta Estadual de Paranapanema e a Estação Ecológica de Paranapanema, que tem “a finalidade de proteção do ambiente natural, gerenciamento voltado ao manejo integrado dos recursos, realização de pesquisas básicas e aplicadas e ao desenvolvimento de programas de educação conservacionista” (BRASIL, 1993), são parcelas que podem não contribuir com as populações da região, visto que estão concentradas em uma única localidade sem conexão com os demais fragmentos do município.

Frente a isso, a atividade conservacionista é desempenhada em âmbito local, e com isso, promove o apartamento das populações que nele habitam. A execução de estudos ambientais, voltados à geração de corredores ecológicos e estratégias de aplicabilidade desse mecanismo, é uma alternativa conservacionista expansiva que trará resultados benéficos ao meio em âmbito regional.

4.1.6 Mapa de distância das áreas urbanizadas

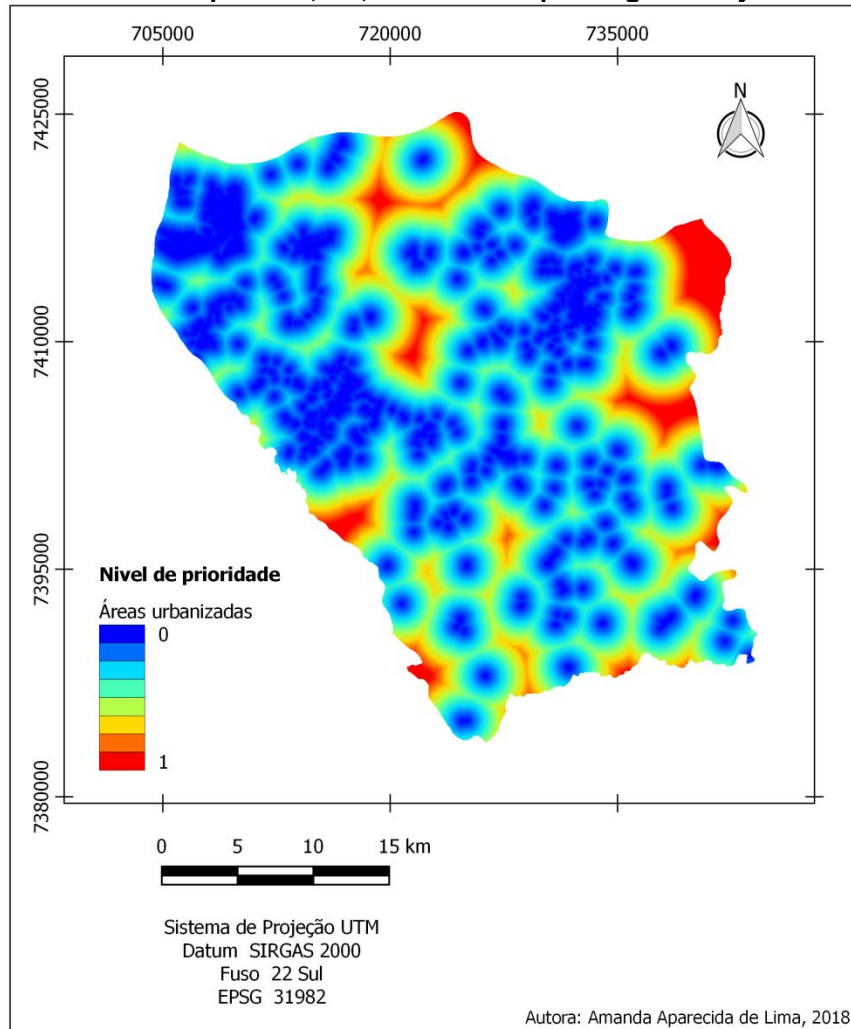
A identificação do plano de informação referente às áreas que possuem edificação foi possível por meio da resolução espacial das imagens do Sentinel 2A demonstrando uma cobertura mais detalhada das distâncias dessas áreas em relação às demais localidades.

Com isso, o critério definido como distância das áreas urbanizadas teve seus valores padronizados de acordo com o *score* de 0 a 1 (Figura 17), considerando que as localidades mais próximas às áreas urbanizadas são as que mais sofrem ação antrópica e não aptas à recuperação de vegetação natural.

A proximidade de áreas urbanizadas à vegetação traz riscos para ambos os lados. Como por exemplo, risco de incêndio e de movimentação de terra por conta da ocupação indevida da cobertura (ALVES; CUNHA, 2016) que causam prejuízos tanto para a população humana afetada, quanto para o ambiente natural que sofrerá

perda de indivíduos da fauna e da flora. Os incêndios florestais são fortes responsáveis pela perda dessa cobertura (MELO; DURIGAN, 2010).

Figura 17 – Mapa de distância das áreas urbanizadas presentes no município de Paranapanema, SP, normalizado pela lógica *fuzzy*



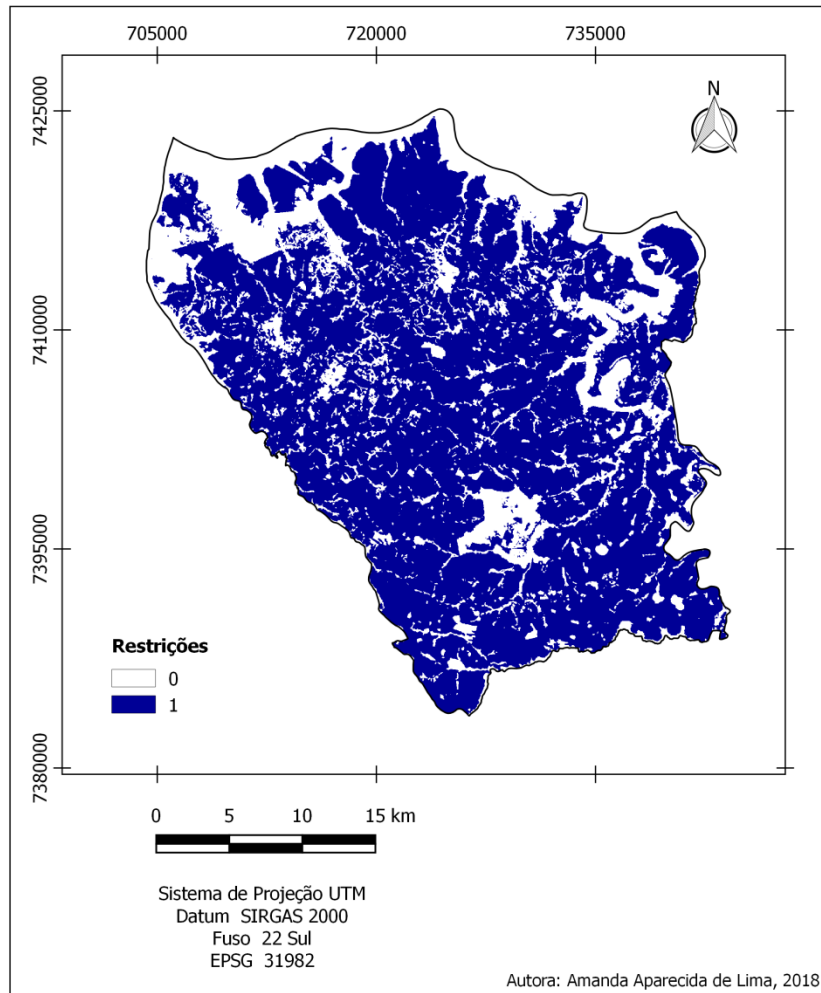
4.1.7 Restrições

As áreas de restrição adotadas no trabalho foram as de áreas alagadas, cobertura vegetal nativa e de áreas urbanizadas. Essas localidades são interpretadas como áreas que apresentam uma limitação da recuperação da vegetação e são representadas por meio da lógica booleana (EASTMAN, 1995), onde as restrições tem valor zero, conforme a Figura 18.

A grande quantidade de barragens de uso outorgado da água é um dos motivos de se apresentar tantas restrições. A grande disponibilidade de água facilita a utilização desse recurso para os proprietários rurais. Além das pequenas represas,

também se encontra a grande quantidade de água represada na represa de Jurumirim, uso significativo para a composição do componente restrição.

Figura 18 – Mapa das áreas restritas do município de Paranapanema, SP, normalizado pela lógica booleana



Assim como foi explanado no tópico que trata das distâncias das áreas urbanizadas, grande parte dessas áreas, agora nas restrições, se deve por conta dos loteamentos de terra que estão localizados no limite da represa de Jurumirim. Esses loteamentos estão destinados à construção de residências, locais onde não se pode destinar à restauração de ecossistema.

4.2 Definição dos pesos

Para dar continuidade ao procedimento de produção do mapa das áreas prioritárias, após a padronização dos fatores elencados, foi realizada a ponderação

desses fatores por meio da matriz de comparação pareada, que segue estruturada na Tabela 7.

Tabela 7 – Matriz de comparação par-a-par para os fatores elencados

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	1	3	5	7	7	9
A2	0,3333	1	3	5	5	7
A3	0,2	0,3333	1	3	5	7
A4	0,1429	0,2	0,3333	1	3	7
A5	0,1429	0,2	0,2	0,3333	1	3
A6	0,1111	0,1429	0,1429	0,1429	0,3333	1

Notas: $\lambda_{m\acute{a}x} = 6,58$; CI = 0,12; e CR = 0,09.

A1 = Proximidade à rede hidrográfica; A2 = Proximidade aos fragmentos florestais; A3 = Declividade; A4 = Erodibilidade do solo; A5 = Uso e cobertura; A6 = Distância das áreas urbanizadas.

Conforme proposto por Saaty (1987), o valor do *eigenvalue* foi maior que o número de fatores ($n = 6$) com valor de 6,58. Na sequência dos cálculos de obtenção de pesos, o valor final do CR foi igual a 0,09 indicando preenchimento aleatório sem haver necessidade de reestruturação ao apresentar valor inferior ao de 0,1.

Depois de avaliada a consistência do preenchimento da matriz por meio da técnica de AHP, obteve-se a atribuição dos pesos para cada fator elencado, conforme segue a Tabela 8.

Tabela 8 – pesos dos fatores elencados

Fatores	Valor da ponderação
Proximidade à rede de drenagem	0,4567
Proximidade aos fragmentos florestais	0,2493
Declividade	0,1458
Erodibilidade do solo	0,0806
Uso e Ocupação da terra	0,0446
Distância às áreas urbanizadas	0,0230

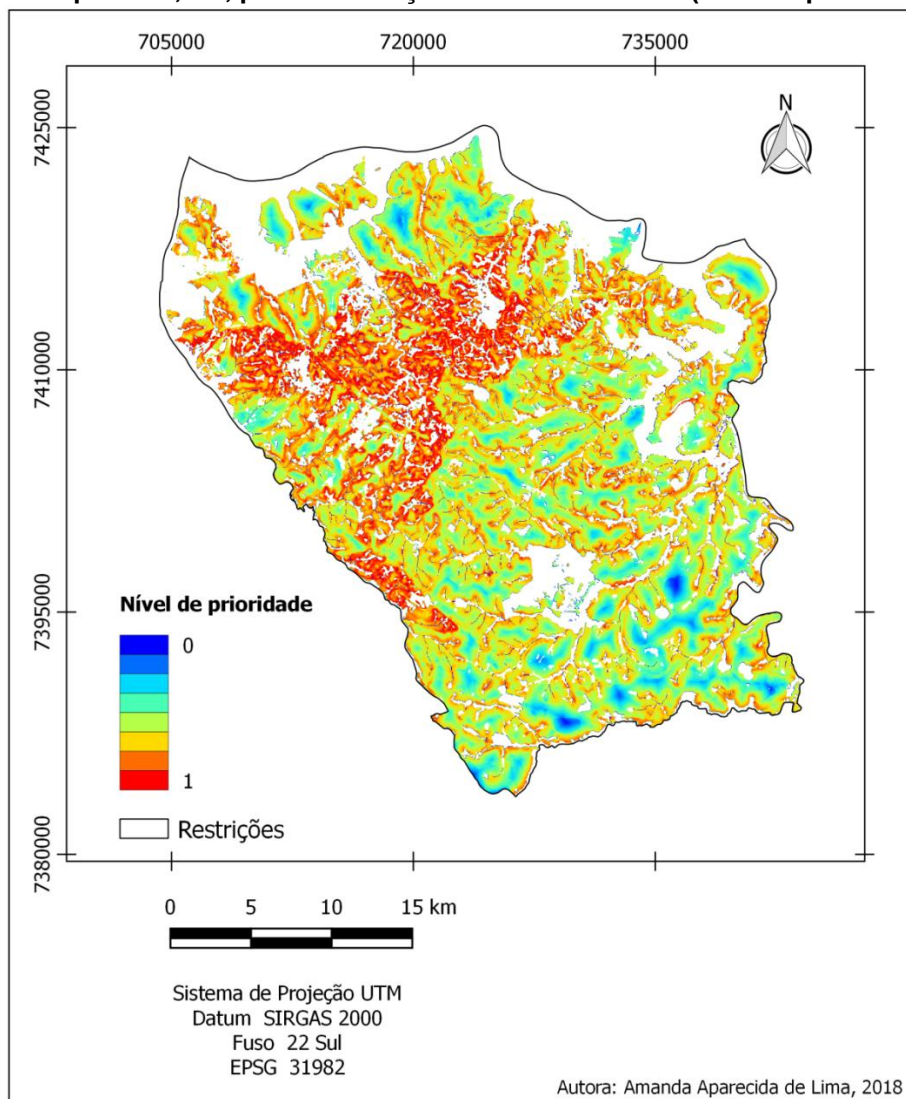
Segundo a tabela, a obtenção dos pesos para a proximidade à rede de drenagem (0,4567) e aos fragmentos florestais (0,2493) foram os de maiores valores, fazendo com que a alta prioridade seja relacionada a esses planos de

informação. Porém, o fator declividade também influenciou fortemente a classe de maior nível de prioridade mesmo com valor (0,1458) de peso menor que os fatores anteriores. Esses fatores que possuem menores pesos são decisivos na determinação de uma delimitação mais precisa das prioridades.

4.3 Mapa de áreas prioritárias a recuperação da vegetação nativa no município de Paranapanema, SP

O mapa de áreas prioritárias à recuperação da vegetação nativa (Figura 19) foi obtido por meio da técnica CLP dentro do ambiente SIG.

Figura 19 – Mapa de Áreas Prioritárias à recuperação da vegetação nativa no município de Paranapanema, SP, por Combinação Linear Ponderada (nível de prioridade)

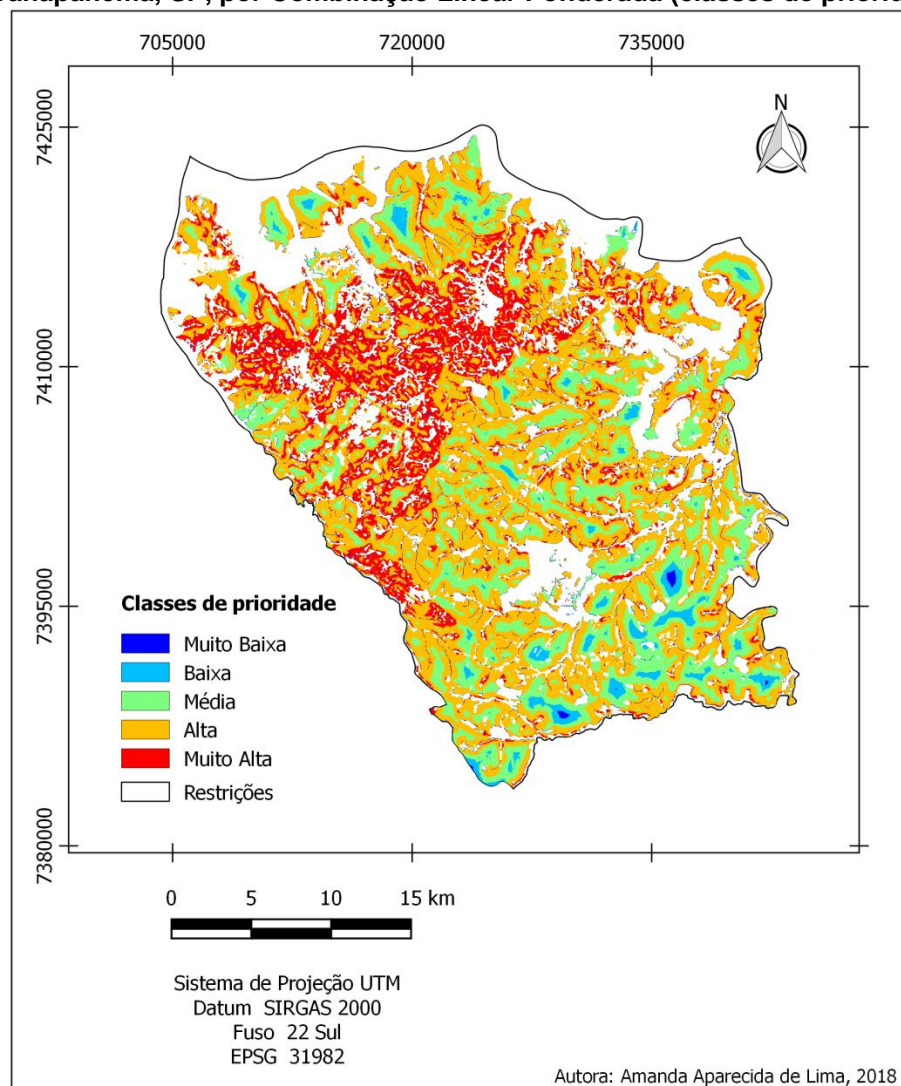


Os mapas em operação foram os fatores elencados (proximidade à rede hidrográfica, proximidade aos fragmentos florestais, declividade, erodibilidade do solo, uso e cobertura e a distância das áreas urbanizadas) com a integração das restrições.

O resultado apresentado após a operação foi de acordo com os valores de padronização dos fatores, logo a representação do mapa final também é representado num *score* de zero (0) a um (1) com a mesma lógica de vulnerabilidade. Conforme os valores se aproximam de um, mais a paisagem necessita de cobertura vegetativa, ou seja, de recuperação florestal.

As classes de prioridade à recuperação foram divididas em cinco níveis: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta (CATELANI et al., 2012; SARTORI, 2012; SILVA et al., 2016), conforme reclassificação apresentada na Figura 20.

Figura 20 – Mapa de Áreas Prioritárias à recuperação da vegetação nativa no município de Paranapanema, SP, por Combinação Linear Ponderada (classes de prioridade)



A reclassificação das classes varia de acordo com a relação das amplitudes apresentadas em histogramas definidas dentro do ambiente SIG para os valores de mínimo e máximo presentes na área de estudo. Essas classes estão apresentadas na Tabela 9 com suas respectivas áreas de ocupação no território.

Tabela 9 – Ocupação das áreas das cinco classes de prioridade à recuperação vegetal nativa no município de Paranapanema, SP

Nível de prioridade	Área (ha)	Área (%)
Muito Baixa	1.748,08	2,38
Baixa	2.944,88	4,00
Média	16.428,79	22,33
Alta	39.937,30	54,29
Muito Alta	12.500,04	16,99
Total	73.559,09	100

Os resultados apresentados possuem forte conexão com o objetivo de conservação dos recursos hídricos e à proximidade aos fragmentos florestais. Esses resultados favorecem a conexão entre os fragmentos por meio da cobertura vegetal no decorrer dos cursos d'água. Embora os resultados apontem alto nível de prioridade à recuperação nas áreas que acompanham os cursos d'água, vale ressaltar que é definido por Lei que as margens devem ser recuperadas de acordo com a medida do leito do rio (BRASIL, 2012b), além das políticas propostas pela Proveg (Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa) que tem por um de seus objetivos impulsionar regularizações em propriedades rurais brasileiras (BRASIL, 2017). Políticas como a Proveg vêm propor soluções para ambientes degradados por meio de projetos como os de extensão entrando em contato direto com o produtor rural, e fazendo com que ele possa ter a visão do ganho proveniente das áreas a serem recuperadas.

Logo, além de os estudos afirmarem que há a necessidade de recuperação vegetal dessas localidades, a mata ciliar deve ser recuperada e estar presente obrigatoriamente, podendo até mesmo ser consideradas como áreas restritas.

Ainda segundo a Tabela 9, o nível de prioridade identificado como Muito Alta representa 16,99% de toda a área passível de reflorestamento. Essa área é tomada como foco de operações de recuperação, são elas que têm alta necessidade da

presença da cobertura vegetal, seguida da classe denominada Alta que representa 54,29 %.

Em virtude disso, atividades fortemente aliadas que podem contribuir para a recuperação de áreas degradadas são a criação e o cumprimento de políticas públicas que incentivam a implementação de medidas conservacionistas ao estabelecer uma rede entre áreas protegidas (METZGER, 2003) de modo que exista uma manutenção das populações e habitats da região (ALEXANDRE; CROUZEILLES; GRELE, 2010). Apontamento viável para a presente situação encontrada na região das UCs do município, unidades que se encontram isoladas por agricultura sem conexão por cobertura vegetal.

A Tabela 10 apresenta a caracterização ambiental do município evidenciando a maior, ou menor quantia de elementos/características que auxiliam na interpretação da prioridade adotada por meio do cruzamento entre as classes de prioridade (isoladas) com uso e cobertura da terra, classes de relevo e dos solos nos maiores níveis de prioridade.

Essa caracterização das três classes com maior prioridade vem com a finalidade de demonstrar a situação do meio ambiente em relação ao grau de necessidade da recuperação vegetal e, a partir disso, propor medidas a serem adotadas para a sua execução.

Um fator decisivo e muito aparente na visualização do mapa final de classes de prioridades é a presença dos Argissolos na mesma localidade onde é encontrado relevo mais declivoso. Mesmo que o peso atribuído ao fator erodibilidade seja ainda menor que os citados acima, ele foi de extrema importância para a composição da classe muito alta de prioridade. Logo, a junção de um solo de forte tendência a erodibilidade com relevo mais declivoso resulta em uma condição de maior fragilidade.

O fator uso e cobertura da terra também somaram importâncias para o resultado final de prioridade, onde a prioridade é muito alta o uso/cobertura pastagem é predominante, e onde o resultado se apresenta com prioridade alta, a predominância é de agricultura (SILVA et al., 2016).

Tabela 10 – Caracterização ambiental das áreas com nível de prioridade média, alta e muito alta no município de Paranapanema, SP

Classes de prioridade	Uso e cobertura	Classe de relevo	Classes de solo
		Área (%)*	
Muito Alta	Agricultura (29,80)	Plano (13,33)	GM (0,33)
	Floresta nativa** (0,59)	Suave ondulado (10,46)	GX (0,41)
	Floresta plantada (16,92)	Ondulado (65,49)	LVA (16,22)
	Fruticultura (0,50)	Forte ondulado (10,67)	LV (12,13)
	Pastagem (52,17)	Montanhoso (0,05)	-
	Solo exposto (0,03)	-	PVA (69,43) RL (1,47)
Alta	Agricultura (52,31)	Plano (44,57)	GM (2,01)
	Floresta nativa** (0,55)	Suave ondulado (33,36)	GX (1,97)
	Floresta plantada (17,22)	Ondulado (21,71)	LVA (27,34)
	Fruticultura (1,33)	Forte ondulado (0,35)	LV (57,18)
	Pastagem (25,55)	Montanhoso (0,005)	NV (0,001)
	Solo exposto (0,04)	-	PVA (10,51) RL (1,0)
Média	Agricultura (63,95)	Plano (61,67)	GM (1,35)
	Floresta nativa** (0,22)	Suave ondulado (33,38)	GX (0,60)
	Floresta plantada (20,0)	Ondulado (4,40)	LVA (22,36)
	Fruticultura (2,19)	Forte ondulado (0,55)	LV (72,54)
	Pastagem (13,62)	Montanhoso (0,002)	-
	Solo exposto (0,02)	-	PVA (3,01) RL (0,13)

* áreas dos fatores referentes ao nível de prioridade; ** cobertura vegetal nativa em fragmentos menores que 1 ha.

O nível médio de prioridade é caracterizado para estabelecer uma comparação entre as classes alta e muito alta. Nessa classe encontra-se em predominância no uso e cobertura destinados à agricultura temporária com 63,95%, a classe de relevo predominante é a de relevo plano com 61,67%, e as classes de solo são os Latossolos Vermelhos e os Latossolos Vermelho-Amarelos somados com 94,90% do total das classes de solos presentes nessa classe de prioridade.

Esses elementos não caracterizam um ambiente vulnerável se o foco permanecer nesses dados. No entanto, se a presença dos Argissolos (3,01%) e dos Gleissolos (1,95%), do relevo suave ondulado (33,38%) e a presença de pastagem e solo exposto forem levados em consideração, o ambiente passa a apresentar características que precisam de uma maior atenção frente à presença de cobertura vegetal.

Quando analisado o nível alto de prioridade, os valores passam a evidenciar uma situação mais intensa de fragilidade, principalmente à erosão. Ao associar o uso/cobertura pastagem de 25,55%, valor maior que a da classe anteriormente analisada, com um relevo mais ondulado (21,71%) e maior incidência de Argissolos (10,51%) e Gleissolos (3,98%), mostrando alto potencial erosivo (BLOISE et al., 2001), fica aparente o aumento do risco de escoamento superficial (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990) e o carregamento de sedimentos para à rede de drenagem se associada à proximidade desses cursos d'água com a falta de mata ciliar (OLIVEIRA; SERAPHIM; BORJA, 2015).

Na sequência, a classe de priorização das áreas denominada muito alta é caracterizada por grandes áreas de pastagem (52,17%) associadas a um relevo predominantemente ondulado (65,49%), porém com presença significativa de declividade entre 20 e 75%, classificado por forte ondulado e montanhoso, e ainda grande incidência dos Argissolos com 69,43% do total. Características que mostram a intensa vulnerabilidade do ambiente e sua alta necessidade de cobertura vegetativa, vegetação essa arbórea e permanente frente ao relevo com declividade acidentada (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

Além do grau de vulnerabilidade, também é levado em consideração a aptidão das áreas a serem realocadas. A presença do relevo mais íngreme propicia a implantação de vegetação arbórea, excluindo a possibilidade da agricultura mecanizada.

Frente às condições apresentadas na pesquisa, vale apresentar algumas considerações como o incentivo de implantação de medidas como os Sistemas Agroflorestais (SAF) que permitem recriar as condições de um ambiente natural, é exemplo de ações destinadas à tentativa da reabilitação ecológica por meio da oferta dos serviços ecossistêmicos (VASCONCELLOS; BELTRÃO, 2018) mantendo a produtividade agrícola. A paisagem fragmentada é estruturada com a presença destes serviços ecossistêmicos (MITCHELL et al., 2015) promovendo o entendimento das interações que ocorrem na paisagem, assim como a do município de estudo, visando sua automanutenção.

A criação de *buffer* no entorno de fragmentos florestais são chamadas de zonas-tampão que, também são exemplos de implantação de vegetação em locais aptos, são medidas que podem auxiliar no aumento da conectividade vegetal e no aumento da viabilidade das populações (ALEXANDRE; CROUZEILLES; GRELLE,

2010) no município de estudo. Além disso, medidas como essa facilitam a sucessão ecológica dos fragmentos, visto que os estágios iniciais de sucessão em terras não são protegidos pela legislação ambiental brasileira sendo facilmente suprimidos (METZGER et al., 2009).

Contudo, se o objetivo maior está na conservação dos recursos hídricos e da biodiversidade cabe aqui frisar a junção da realização de estudos voltados ao ordenamento da paisagem em grande escala (TITEUX et al., 2016) em conjunto de políticas públicas, onde os dados levantados se tornam subsídios para aplicabilidade de projetos (ALEXANDRE; CROUZEILLES; GRELE, 2010) que visem à reabilitação ecológica dessa paisagem fragmentada. Medidas como o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG) que promove, no Decreto nº 8.972 de 2017, a ampliação e fortalecimento de políticas públicas voltadas para as citadas estratégias de conservação e recuperação da vegetação nativa (BRASIL, 2017), são exemplos de tentativas de impulsão do cumprimento da legislação ambiental vigente, mas também com os olhos voltados à produção na agropecuária a partir de suas boas práticas. Planos como este, se aplicados em Paranapanema, podem dar início às mudanças das práticas agropecuárias realizadas no município.

5 CONCLUSÕES

Frente aos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- A utilização da TP (na definição dos fatores) com a metodologia AHP (na obtenção dos pesos) junto à CLP (realização da álgebra de mapas) apresentou eficácia na determinação de áreas prioritárias à recuperação da vegetação visando à conservação dos recursos hídricos e da biodiversidade por meio do aumento da cobertura vegetal;
- A classe com alta prioridade (54,51%) de recuperação encontra-se predominantemente no decorrer da rede de drenagem e as declaradas como muito alta (16,91%) concentram-se na região de incidência dos Argissolos em conjunto das altas declividades;
- A classificação ambiental possibilitou melhor visualização das situações encontradas dentro do ambiente de estudo para diagnóstico e propostas de mudanças de cenário.

Existe uma necessidade de desenvolvimento de estudos voltados ao levantamento de propostas de conexão da cobertura vegetal na região com as UCs locais de Paranapanema-SP com o estabelecimento de corredores ecológicos.

REFERÊNCIAS

- AGÁPITO, A. O.; VIANNA, D. S.; CANDIDO, L. A.; MEZA, E. B. M.; VIANNA, M. A. D. Utilização do método de análise hierárquica (AHP) como ferramenta de auxílio multicritério no processo de decisão de priorização de projetos de ciência, tecnologia e inovação na Amazônia azul. p. 474-483. **Anais... XVIII Simpósio de Pesquisa Operacional & Logística da Marinha** [Blucher Marine Engineering Proceedings, v. 2, n. 1, São Paulo: Blucher, 2016. Disponível em: <<http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/utilizacao-do-mtodo-de-anlise-hierrquica-ahp-como-Aerramenta-de-auxlio-multicritrio-no-processo-de-deciso-de-priorizacao-de-projetos-de-cincia-tecnologia-e-inovao-na-amaznia-azul-22716>>. Acesso em: 04 mar. 2018.
- ALEXANDRE, B.; CROUZEILLES, R.; GRELLE, C. E. V. How Can We Estimate Buffer Zones of Protected Areas? A Proposal Using Biological Data. **Natureza & Conservação**. v. 8, n. 2, p. 165-170, 2010. Disponível em: <<http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/natcon.00802010>>. Acesso em: 15 jun. 2018.
- ALMEIDA-GOMES, M.; PREVEDELLO, J. A.; CROUZEILLES. The use of native vegetation as a proxy for habitat may overestimate habitat availability in fragmented landscapes. n. 31, p. 711-719, 2015. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-015-0320-3>>. Acesso em: 15 jun. 2018.
- ALVES, A. D.; CUNHA, L. J. S. Riscos naturais em áreas urbanas: avaliação da suscetibilidade em Santa Clara, Coimbra – Portugal. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral/CE, v. 18, n. 1, p. 63-83, 2016. Disponível em: <<http://uvanet.br/rcgs/index.php/RCGS/article/view/287/280>>. Acesso em: 30 mai. 2018.
- AMORIM, L. A.; PATTO, V. S.; AREITAS, L. A. C.; JUNIOR, I. G. S. J.; NETO, R. A. B. Agente de Suporte à Decisão Multicritério com Soma Ponderada-Auzzy em Gestão Pública Participativa: Um Estudo de Caso em Gestão Ambiental. iSys – **Revista Brasileira de Sistemas de Informação**. Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, p. 28-41, 2015. Disponível em: <<http://www.seer.unirio.br/index.php/isys/article/view/5076/4916>>. Acesso em: 04 mar. 2018.
- ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Valoração de serviços ecossistêmicos: por que e como avançar? **Sustentabilidade em Debate**. Brasília, DF, v. 4, n. 1, p. 43-58, 2013. Disponível em: <<http://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/9199>>. Acesso em: 16 mai. 2018.
- AQUINO, F. G.; ALBUQUERQUE, L. B.; ALONSO, A. M.; LIMA, J. E. F. W.; SOUSA, E. S. Cerrado: Restauração de Matas de Galeria e Ciliares. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Cerrados. Brasília, DF, 2012, 40 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/920222/cerrado-restauracao-de-matas-de-galeria-e-ciliares>>. Acesso em: 16 fev. 2018.

ASSAD, E. D. et al. Estruturação de dados geoambientais no contexto de microbacia hidrográfica. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2. ed. Planaltina: Embrapa, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1998. cap. 7, p. 119-137.

AZEVEDO, D. G.; GOMES, R. L.; MORAES, M. E. B. Estudos da fragmentação da paisagem na definição de áreas prioritárias para a recuperação ambiental da bacia hidrográfica do Rio Buranhém. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 34, n. 2, p. 127-144, 2016. Disponível em: <<http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/25554>>. Acesso em: 23 jan. 2018.

BARROS, A. C. **Análise multicritério aplicada ao zoneamento agrícola do município de Itaberá-SP**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017, 89p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, A. **Conservação do solo**. São Paulo: Icone, 1990, 355 p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, A. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livroceres, 1985, 368p.

BLOISE, G. L. A.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; REATTO, A.; GUIMARÃES, R. A.; MARTINS, E. S.; CARVALHO, A. P. A. **Avaliação da Suscetibilidade Natural à Erosão dos Solos da Bacia do Olaria-DA**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001, 33 p. Disponível em: <file:///C:/UNESP/1_Mestrado/Revisao_Bibliografica/Discussao/embrapasolos_melano.pdf>. Acesso em: 8 mai. 2018.

BRASIL. Decreto nº 8.972, de 23 de janeiro de 2017. Institui a Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa. **Diário Oficial da União**, Brasília, DA, 23 jan. 2017. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D8972.htm>. Acesso em: 10 abr. 2018.

BRASIL. Decreto nº 7830, de 17 de outubro de 2012. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DA, 17 out. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/D7830.htm>. Acesso em: 23 jan. 2018.

BRASIL. Código Florestal Brasileiro. Lei Federal 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DA, 25 mai. Seção 1. 2012b.

BRASIL. Lei Federal 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DA, 22 dez. 2006.

BRASIL. Lei Federal 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DA, 18 jul. 2000.

BRASIL. DECRETO N. 37.538, DE 27 DE SETEMBRO DE 1993. Cria a Estação Ecológica de Paranapanema e dá providências correlatas. Diário Oficial da União, Palácio dos Bandeirantes, 27 de setembro de 1993. **Diário Oficial da União**, Brasília, DA, 27 set. 1993.

BRITO, M. M.; WEBER, E. J.; PASSUELLO, A. Avaliação multicriterial aplicada ao mapeamento a suscetibilidade a escorregamentos: o caso do Bairro Cascata, Porto Alegre, RS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, UAPE, v. 10, n. 03, p. 735-749, jan. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgAe/article/view/233884/27378>>. Acesso em: 16 jan. 2018.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Orgs.). **Sistemas de informações geográficas: Aplicações na agricultura**. 2ª edição. Brasília – DF: Embrapa, 1998, 434 p.

CASTRO, D. M. **Efeitos de borda em ecossistemas tropicais: síntese bibliográfica e estudo de caso em fragmentos de cerrado, na região nordeste do Estado de São Paulo**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ecologia: Ecossistemas Terrestres e Aquáticos). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2008. p. 167.

CATELANI, C. S.; BATISTA, G. T.; TARGA, M. S.; DIAS, N. W. Determinação de áreas prioritárias para o restabelecimento da cobertura florestal, apoiada no uso de geotecnologias. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 113-126, 2012.

CEPAGRI. **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-inAormacoes/clima_muni_405.html>. Acesso em: 20 dez. 2016.

CHEN, K. P.; BLONG, R.; JACOBSON, C. MCE-RISK. Integrating multicriteria evaluation and GIS for risk decision-making in natural hazards. **Environmental Modeling e Software**, v. 16, n. 4, p. 387-397, 2001.

CIELO-AILHO, R.; BAITELLO, J.B.; PASTORE, J.A.; AGUIAR, O.T.; SOUZA, S.C.P.M.; TONIATO, M.T.Z.; LIMA, C.R.; RIBEIRO, A.P. Increasing the botanical collecting density at the Alto Paranapanema Basin region: floristic survey of the State forest and Ecological Station of Paranapanema. **Biota Neotrop**. v. 9, n. 3, 2009. Disponível em:

<<http://www.biotaneotropica.org.br/v9n3/en/abstract?inventory+bn02009032009>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

CONGEDO, L. **Semi-Automatic Classification Plugin**. Release 5.3.2.1, 2017.

Disponível em:

<<https://media.readthedocs.org/pdf/semiautomaticclassificationmanual-v4/latest/semiautomaticclassificationmanual-v4.pdf>>. Acesso em: 19 fev. 2018.

CORRÊA, L. R.; RODRIGUES, T. T.; STEFFANO, C.; FERRARESE, M. D. Leitura da paisagem como estratégia para proteção do patrimônio natural: uma experiência na RPPN Estadual Mo'ã Emitaara/RS. XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, **Anais...** Campinas, SP, p. 3076-3089, 2017. Disponível em:

<<https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/1956>>. Acesso em: 16 fev. 2018.

CROUZEILLES, R.; CURRAN, M.; FERREIRA, M. S.; LINDENMAYER, D. B.; GRELLE, C. E. V.; BENAYAS, J. M. R. A global meta-analysis on the ecological drives of forest restoration success. **Nature Communications**. v. 7, n. 11666, p. 1-8, mai. doi:10.1038/ncomms11666. 2016. Disponível em:

<<https://www.nature.com/articles/ncomms11666>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

DE PAULA, E. M. S. **Geotecnologia aplicada à compartimentação ambiental da bacia do rio Ceará-CE**. 2008. 109 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza - Ceará. 2008.

DE PAULA, E. M. S.; SOUZA, J. N. Sistemas de informação geográficas na análise da vulnerabilidade ambiental da bacia do rio Ceará-CE. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 63, n. 4, p. 515-525, 2011.

DIAS, E. M. P. S. **Modelo de apoio à decisão multicritério para seleção de fornecedores de azeite**. 2015. Dissertação (Mestrado em modelação, análise de dados e sistemas de apoio à decisão) - Faculdade de Economia da Universidade de Porto, Porto – Portugal, 2015.

DRUSCH, M.; BELLO, U. D.; CARLIER, S.; COLIN, O.; AERNANDEZ, V.; GASCON, A.; HOERSCH, B.; ISOLA, C.; LABERINTI, C.; MARTIMORT, P.; MEYGRET, A.; SPOTO, A.; SY, O.; MARCHESE, A.; BARGELLINI, E. P. Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. **Remote Sensing of Environment**, v.120, s.n., p.25-36, 2012. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com.ez87.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0034425712000636>>. Acesso em: 30 jan. 2018.

EASTMAN, J. R. Decision suport: decision strategy analysis. In: EASTMAN, J. R. **Idrisi Selva Manual**, Worcester: Clark Labs, ClarkUniversity, 222 p., 2012.

EASTMAN, J. R. Decision support: decision strategy analysis. In: **Idrisi 32 release 2: guide to GIS and image processing**. Worcester: Clark University, Clark Labs, p. 1-22, 2001.

EASTMAN, J. R. **Idrisi for Windows: Introdução e Exercícios tutoriais**. Editores da versão em português, HASENACK, H.; WEBER, E. Porto Alegre, UARGS Centro de Recursos Idrisi, 1998, 240 p.

EASTMAN, J. R. **Idrisi for Windows user's guide**. Worcester: Clark University, 1995. 109 p.

EGLER, A. E.; Vegetation Science concepts I. Initial floristic composition, a fator in old-field vegetation development. **Vegetatio**, v.4, p. 412-417, 1954.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2013, 306 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Geomática: modelos e aplicações ambientais**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DA, 2007, 593 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Boas práticas agrícolas, conservação e uso sustentável da biodiversidade na gestão territorial e no planejamento do uso da terra**. (folheto). 2006, 24 p.

ENGEL, V. L.; PARROTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu, FEPAF, Cap. 1, 2003, 340 p.

ESA. **About Copernicus: Overview**. 2018. Disponível em: <http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Overview3>. Acesso em: 31 jan. 2018.

ESA. **Sentinel-2 User Handbook**. ESA Standard Document, v. 2, 2015, 64 p. Disponível em: <https://sentinel.esa.int/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook>. Acesso em: 10 jan. 2018.

FERRAZ, G., NICHOLS, J.D., HINES, J.E., STOUAAER, P.C., BIERREGAARD Jr., R.O., LOVEJOY, T.E. A large-scale de forestation experiment: effects of patch area and isolation on Amazon birds. **Science**, 238–241, 2007. Disponível em: <<http://science.sciencemag.org/content/315/5809/238>>. Acesso em: 09 jun. 2018.

FERRAZ, S. F. B.; VETTORAZZI, C. A. Identificacao de areas para recomposicao florestal com base em principios de Ecologia da Paisagem. **Revista Árvore**. Vicoso, v. 27, n. 4, p. 575-583, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v27n4/a18v27n4.pdf>>. Acesso em: 9 abr. 2018.

FRANCISCO, C. E. S. et al. Espacialização de análise multicriterial em SIG: prioridades para recuperação de áreas de Preservação Permanente. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, **Anais...** Alorianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 2643-2650.

GARCIA, L. S.; SANTOS, A. M.; AOTOPOULOS, I. G.; AURTADO, R. S. fragmentação florestal e sua influência sobre a fauna: Estudo de Caso na Província Ocidental da Amazônia, Município de Urupá, Estado de Rondônia. **Anais... XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, INPE, p. 3163-3170, 2013.

GENELETTI, D.; GUASTAMACCHIA, M. Un sistema di supporto alla pianificazione per un'area protetta. **Estimo e Territorio**. n. 11, p. 54-59, 2005.

GIORDANO, L.C., 2004. **Análise de um conjunto de procedimentos metodológicos para a delimitação de corredores verdes (greenways) ao longo de cursos Aluviais**. 2004. Tese (Doutorado em Geociências). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, 2004. p. 178. Disponível em: <<http://200.145.6.238/handle/11449/102933>>. Acesso em: 26 ago. 2017.

GOMES, M. A. A.; AILIZOLA, H. A.; SPADOTTO, C. A. Classificação das áreas de recarga do sistema Aquífero Guarani no Brasil em domínios pedomorfoagroclimáticos – subsídio aos estudos de avaliação de risco de contaminação das águas subterrâneas. **Revista do Departamento de Geografia**, p. 67-74, 2006.

GRAVES, M. R.; BOURNE, S. G. **Landscape pattern metrics at fort Benning, Georgia**. 2001. SERDP Technical Notes Collection, ERDC/EL TN-ECMI-02-2, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS. Disponível em: <www.wes.army.mil/el/>. Acesso em: 26 ago. 2017.

IAC. Instituto Agronômico de Campinas. Solos do Estado de São Paulo. **Mapa Pedológico de São Paulo**. Campinas: IAC/Embrapa, 1999. Mapa, escala 1:500.000. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/solossp/solos_sao_paulo.html>. Acesso em: 20 dez. 2016.

IAC. Instituto Agronômico de Campinas. **Plano Cartográfico do Estado de São Paulo**: carta pedológica do Estado de Ribeirão Preto, SP. Campinas: IAC, escala 1:100.000. 1991.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. 1ª edição. São José dos Campos: Parênteses, 2009, 672 p.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, A. B.; OLIVEIRA, R. E. Biodiversidade e restauração da floresta tropical. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu, FEPAF, Cap. 2, 2003, 340 p.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. Tradução de Herman Kux, São Paulo, Oficina de Textos, 2009.

LEDA, V. C. **Modelagem da produtividade de cana-de-açúcar utilizando índices de vegetação**. 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016, 59 f.

MAGNAGO, L. A. S.; MARTINS, S. V.; VENZKE, T. S.; IVANAUSKAS, N. M. Os processos e estágios sucessionais da Mata Atlântica como referência para a restauração florestal. In: MARTINS, S. V. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Viçosa, MG, UFV, 2 ed., 2015, Cap. 3, p. 70-101.

MALCZEWSKI, J. **GIS-based land-use suitability analysis**: a critical overview. Progress in Planning, New York, n. 62, p. 3-65, 2004.

MALCZEWSKI, J. **GIS and multicriteria decision analysis**. New York, ed: John Wiley, 1999. 362 p.

MANNIGEL, A. R.; CARVALHO, M. P.; MORETI, D.; MEDEIROS, L. R. fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002. Disponível em: <<http://eduem.uem.br/ojs/index.php/ActaScifgron/article/viewfile/2374/1787>>. Acesso em: 8 mai 2018.

MARTENSEN, A. C.; RIBEIRO, M. C; BANKS-LEITE, C.; PRADO, P. I.; METZGER, J. P. Associations of Forest Cover, Fragment Area, and Connectivity with Neotropical Understory Bird Species Richness and Abundance. *Conservation Biology*. v. 26, n. 6, p. 1100-1111, 2012. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/23360125?seq=1&cid=pdf-reference#references_tab_contents>. Acesso em: 22 jul. 2018.

MATOS, F. A. R.; MAGNAGO, L. F. S.; GASTAUER, M.; CARREIRAS, J. M. B.; SIMONELLI, M.; MEIRA-NETO, J. A. A.; EDWARDS, D. Effects of landscape configuration and composition on phylogenetic diversity of trees in a highly fragmented tropical forest. **Journal of Ecology**. v. 105, p. 265-276, 2017. Disponível em: <<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1365-2745.12661>>. Acesso em: 15 jun. 2018.

MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Impacto do fogo e dinâmica da regeneração da comunidade vegetal em borda de Floresta Estacional Semidecidual (Gália, SP, Brasil). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 37-50, jan.-mar. 2010.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (org.) **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: CNPq, 2012. 266 p.

MENEZES, P. M. L. de. **Novas tecnologias cartográficas em apoio às geotecnologias e à análise geográfica**. UARJ – Departamento de Geografia. Rio de Janeiro, RJ, 2003. 11 p. Disponível em: <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal9/Nuevastecnologias/Cartografia/03.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2016.

METZGER, J. P. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas? In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, cap.3, p. 51-76, 2003.

METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; DIXO, M.; BERNACCI, L. C.; RIBEIRO, M. C.; TEIXEIRA, A. M. G.; PARDINI, R. Time-lag in biological responses to landscape changes in a highly dynamics Atlantic forest region. **Biological Conservation**. v. 142, p. 1166-1177, 2009. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/biocon. Acesso em: 15 jun. 2018.

MIKLÓS, A. A. de W. ; GOMES, M. A. A. **Levantamento semi-detalhado dos solos da Bacia Hidrográfica do Córrego do Espriado, Ribeirão Preto - SP**. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, Relatório de consultoria. 1996. 48 p.

MITCHELL, M. G. E.; CASTRO, A. F. S; MARTINEZ-HARMS, M.; MARON, M.; McALPINE, C.; GASTON, K. J.; JOHANSEN, K.; RHODES, J. Reframing landscape fragmentation's effects on ecosystem services. **Trends in Ecology & Evolution**. 2015, 33 p.

MMA. **Mapeamento para a conservação e recuperação da biodiversidade na Mata Atlântica**: em busca de uma estratégia espacial integradora para orientar ações aplicadas. Brasília, 2013, 216 p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2005. 250p.

NASCIMENTO, C.E.S. **A importância das matas ciliares**: rio São Francisco. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2001. Disponível em: <http://www.cpsa.embrapa.br:8080/public_eletronica/downloads/SDC179.pdf>. Acesso em: 01 jun. de 2018.

NICOLETE, D. A. P. **Áreas hidrologicamente homogêneas como subsídio ao manejo de bacias hidrográficas**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrônômicas , Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015, 76 p.

NICOLETE, D. A. P.; ZIMBACK, C. R. L. Zoneamento de risco de incêndios florestais para a fazenda experimental Edgardia – Botucatu (SP), através de sistemas de informações geográficas. **Agrogeoambiental**. v. 5, n. 3, p. 55-62, 2013.

NOSSACK, A.A. **Planejamento da recomposição florestal pela análise multicriterial na sub-bacia do córrego do descavado visando a conservação de recursos hídricos**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômicas , Universidade Estadual Paulista. Botucatu-SP, 2012, 83 p.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto**. Rio de Janeiro: UARJ, IGEO, Departamento Geografia, LAGEOP, v. 2. 1 CD-ROM. Curso de Especialização em Geoprocessamento, 1999.

NUNES, M. H.; HIGUCHI, P.; SILVA, A. C.; BERG, E. V. D.; SANTOS, M. C. N. Dinâmica de populações de espécies arbóreas em fragmentos de floresta aluvial no sul de Minas Gerais, Brasil. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 46, n. 1, mar. 2016, p. 57-66.

OGC. OpenGIS Consortium. The Abstract Specifications. **Open GIS Consortium Technical Committee**, 2006. Disponível em:
><http://www.opengeospatial.org/standards/as> >. Acesso em: 15 dez. 2016.

OLIVEIRA, F. G.; SERAPHIM, O. J.; BORJA, M. E. L. Estimativa de perdas de solo e do potencial natural de erosão da bacia de contribuição da microcentral hidrelétrica do Lageado, Botucatu – SP. **Energia na Agricultura**. v. 30, n. 3, p. 302-309, 2015. Disponível em: <<http://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/1555>>. Acesso em: 17 mai. 2018.

PARANAPANEMA. **Estação Ecológica**. 2016. Prefeitura Municipal da Estância Turística de Paranapanema. Disponível em:
>http://www.paranapanema.sp.gov.br/portal/?page_id=454<. Acesso em: 20 dez. 2016.

PENACHIO, S. M. **Potencial de permeabilidade do solo por meio de índices de vegetação na fazenda Lageado, Botucatu (SP)**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017, 73 p.

PEREIRA, L. C. **Aptidão agrícola das terras e sensibilidade ambiental: proposta metodológica**. 2002. 122p. Tese (Doutorado em Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2002. Disponível em:
<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/149311/1/PereiraL.C-1.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2018.

PINA, G. A. **Análise multicritério na identificação de áreas para a recuperação ecológica no plano de manejo ambiental municipal**. 2017. 65 A. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Júlio Mesquita Filho, Jaboticabal, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/152440>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

PONZONI, A. J.; SHIMABUJURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2ª ed. atualizada e ampliada. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 160 p.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS**. Versão 2.8.3. 2015. Disponível em:
<<https://qgis.org/downloads/>>. Acesso em: 21 fev. 2018.

REZZADORI, T.; HARTMANN, M. T.; HARTMANN, P. A. Proximidade de rodovias pode influenciar a fragmentação florestal? Um estudo de caso no norte do Rio Grande do Sul. ISSN 2175-7925. **Revista Biotemas**, set. 2016, p. 21-28.

RIBEIRO, M. C.; MARTENSEN, A. C.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M.; SCARANO, F.; FORTIN, M. The Brazilian Atlantic Forest: A Shrinking Biodiversity Hotspot. **Biodiversity Hotspots**. doi: 10.1007/978-3-642-20992-5_21 p. 405-434, 2011. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-20992-5_21>. Acesso em: 15 jun. 2018.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**. v. 142, p. 1141-1153, 2009. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/biocon>. Acesso em: 15 jun. 2018.

RICHARDS, L.; JIA, X. **Remote sensing digital image analysis: An introduction**. 4ª ed., Alemanha, 2006, 439 p. Disponível em: <http://148.206.53.84/tesiuami/S_pdfs/Remote20Sensing20Digital20Image20Analysiss.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2018.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora: UAJA, 2007.p. 220.

RODRIGUES, R. R.; MARTINS, S. V.; BARROS, L. C. Tropical Rain forest regeneration in na área degraded by mining in Mato Grosso State, Bazil. **Forest Ecology and Management**, v. 190, p. 323-333, 2004. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/lcb/lerA/divulgacao/produtos/artigos/2004Aemv190n2p323-333.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2018.

ROSSI, M. 2017. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado**. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. V.1. 118p. (inclui Mapas). Disponível em: <<http://iAlorestal.sp.gov.br/2017/11/08/iA-lanca-mapa-de-solos-do-estado-de-sp-em-simposio-de-restauracao-ecologica/>>. Acesso em: 23 jan. 2018.

SAGA GIS DEVELOPMENT TEAM. **System for Automated Geoscientific Analyses – SAGA GIS**. Versão 6.2.0. 2017. Disponível em: <<https://sourceAorge.net/projects/saga-gis/Ailes/SAGA20-206/>>. Acesso em 21 Aev. 2018.

SAATY, T. The analytic hierarchy process: what is and how it is used. **Pergamon Journals Ltd**, USA, Pittsburgh, v. 9, n. 3-5, p. 161-176, 1987.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**. Maryland Heights v. 15, p. 234-281, 1977.

SARTORI, A. A. C.; SILVA, R. A. B.; ZIMBACK, C. R. Combinação Linear Ponderada na definição de áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais em ambiente SIG. Viçosa, PR, **Árvore**, v. 36, n. 6, p. 1079-1090, 2012.

SARTORI, A. A. C. **Análise multicritérios na definição de áreas Prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais**. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia).Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp, Botucatu-SP, 2010. p. 111.

SILVA, A. M.; ALVAREZ C. A. Levantamento de informações e estruturação de um banco dados sobre a erodibilidade de classes de solos no estado de São Paulo. **Geociências**, v. 24, n. 1, p. 33-41, 2005. Disponível em:

<<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/9738/9098>>. Acesso em: 08 mai. 2018.

SILVA, A. N. R.; RAMOS, R. A. R.; SOUZA, L. C. L.; RODRIGUES, D. S. MENDES, J. A. G.. **SIG: uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e transportes**. São Carlos: Ed dos Autores, 2004.

SILVA, M. S. A.; SOUZA, R. M. Padrões espaciais de fragmentação florestal na Flona do Ibura – Sergipe. **Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 3, p. 121 – 137, set./dez. 2014. DOI: 10.4215/RM2014.1303. 0009

SILVA, J. L.; TONELLO, K. C.; VALENTE, R. A.; MINGOTI, R. Diagnóstico ambiental como subsídio à restauração florestal e manutenção hidrológica da bacia do Ribeirão dos Pinheirinhos, Brotas-SP. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 1, p. 1-13, janeiro-março de 2016. Disponível em: <<http://200.145.140.50/index.php/irriga/article/view/811/1404>>. Acesso em: 22 jan. 2018.

SOS MA. **Servidor de Mapas On-Line**. 2016. Disponível em: <<http://mapas.sosma.org.br/>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

SOUZA, J. R.; REIS, L. N. G.; PEDROSA, A. S. Caracterização e susceptibilidade ecológica dos fragmentos florestais nas bacias do Ribeirão Douradinho e Ribeirão Estiva – Minas Gerais. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia, v. 15, n. 51, 2014, p. 85-94. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/23625>>. Acesso em: 9 abr. 2018.

TABARELLI, M.; AGUIAR, A. V.; RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; PERES, C. A. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: Lessons from aging human-modified landscapes. **Biological Conservation**. v. 143, p. 2328-2340, 2010. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/biocon>. Acesso em: 15 jun. 2018.

TITEUX, N.; HENLE, K.; MIHOUB, J. P.; REGOS, A.; GEIJZENDORFFER, I. R.; CRAMER, W.; VERBURG, P. H.; BROTONS, L. Biodiversity scenarios neglect future land-use changes. *Global Change Biology*. V. 22, n. 7, p. 1-11, 2016. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/gcb.13272>>. Acesso em: 17 mai. 2018.

TRAFICANTE, C. **Ecologia da paisagem para avaliação da idoneidade de Redes ecológicas, como subsídio para o planejamento Territorial**. 2007. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Botucatu-SP, 2007. p. 141.

VALENTE, R. O. A. **Definição de áreas prioritárias para conservação e preservação florestal por meio da abordagem multicriterial em ambiente SIG**. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” USP, Piracicaba, 2005, 121 p.

VALENTE, R. O. A. **Análise da estrutura da paisagem na bacia do Rio Corumbataí, SP**. Piracicaba, 2001. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 2001. 144p.

VALÉRIO FILHO, M. Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas ao planejamento regional. **Anais...** VI Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Presidente Prudente: ABGE, 1998. CD-ROM.

VASCONCELLOS, R. C; BELTRÃO, N. E. S. Avaliação de prestação de serviços ecossistêmicos em sistemas agroflorestais através de indicadores ambientais. **Interações**, Campo Grande, MS, v. 19, n. 1, p. 209-220, jan./mar. 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1518-70122018000100209&script=sci_abstract&tlng=es>. Acesso em: 8 jun. 2018.

VENTURA, A.; BERENGUT, G.; VICTOR, M. A. M. Características edafo-climáticas das dependências do Serviço Florestal do Estado de São Paulo. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v.4, n.4, p.57-140, 1965.

VETTORAZZI, C. A. **Avaliação multicritérios, em ambiente SIG, na definição de áreas prioritárias à restauração florestal visando à conservação de recursos hídricos**. 2006. P.151. Tese (Livre Docência em Geoprocessamento) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. **Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais**. Série Técnica IPEA, v. 12, n. 32, p.25-42, 1998.

VIANA, V.M. Conservação da biodiversidade de fragmentos de florestas tropicais em paisagens intensivamente cultivadas. In: **Abordagens interdisciplinares para a conservação da biodiversidade e dinâmica do uso da terra no novo mundo**. Belo Horizonte/Gainesville: Conservation International do Brasil/Universidade Federal de Minas Gerais/ University of Florida, p. 135-154, 1995.

VOOGD, H. **Multicriteria evaluation for urban and regional planning**. Pion, London, 1982, 380 p. Disponível em: <<https://pure.tue.nl/ws/Ailes/3744610/102252.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2018.