



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA – FCT
CÂMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

ANDRÉ JESUS PERIÇATO

**CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA AOS ESTUDOS DE ZONEAMENTO
GEOAMBIENTAL COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ANDIRÁ, PARANÁ.**

Orientador: Prof. Dr. João Osvaldo Rodrigues Nunes.

**PRESIDENTE PRUDENTE/SP
2023**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA – FCT
CÂMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

ANDRÉ JESUS PERIÇATO

**CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA AOS ESTUDOS DE ZONEAMENTO
GEOAMBIENTAL COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ANDIRÁ, PARANÁ.**

Tese de Doutorado em Geografia apresentada ao Conselho do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Presidente Prudente, como requisito para obtenção do título de doutor em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. João Osvaldo Rodrigues
Nunes.

**PRESIDENTE PRUDENTE/SP
2023**

P441c

Periçato, André Jesus

CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA AOS ESTUDOS DE
ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL COMO SUBSÍDIO AO
PLANEJAMENTO AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
ANDIRÁ, PARANÁ. / André Jesus Periçato. -- Presidente Prudente, 2023
143 p. : tabs., fotos, mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de
Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente

Orientador: João Osvaldo Rodrigues Nunes

1. Vulnerabilidade ambiental. 2. Planejamento ambiental. 3. Unidades
geoambientais. 4. Bacia hidrográfica. 5. Geoprocessamento. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.

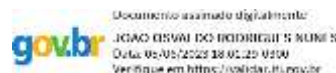
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA AOS ESTUDOS DE ZONEAMENTO
GEOAMBIENTAL COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO ANDIRÁ, PARANÁ

AUTOR: ANDRÉ JESUS PERIÇATO

ORIENTADOR: JOÃO OSVALDO RODRIGUES NUNES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Geografia, área:
Produção do Espaço Geográfico pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. JOÃO OSVALDO RODRIGUES NUNES (Participação Virtual)
Departamento de Geografia / Unesp/FCT - Câmpus de Presidente Prudente

Prof. Dra. MARGARETE CRISTIANE DE COSTA TRINDADE AMORIM (Participação Virtual)
Departamento de Geografia / Unesp/FCT - Câmpus de Presidente Prudente

Prof. Dra. DANIELLE CARDOZO FRASCA TEIXEIRA (Participação Virtual)
Pós-doutoranda / Unesp/FCT - Câmpus de Presidente Prudente

Prof. Dr. JOÃO CÂNDIDO ANDRÉ DA SILVA NETO (Participação Virtual)
Departamento de Geografia / UFAM

Prof. Dr. ANTONIO FÁBIO SABBÁ GUIMARÃES VIEIRA (Participação Virtual)
Geografia / UFAM

Presidente Prudente, 05 de junho de 2023

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho representa a conclusão de uma importante fase em minha vida pessoal e profissional. Somente quem esteve presente nos últimos anos sabe o quão difícil foi o processo do doutoramento, somado a isso, não há como deixar de mencionar os efeitos que a pandemia trouxe para as nossas vidas, tanto no âmbito pessoal quanto profissional. O apoio de familiares e amigos foi fundamental para concretizar esta conquista.

Expresso minha profunda gratidão ao Professor Dr. João Osvaldo Rodrigues Nunes pela sua paciência e atenção dedicada, demonstradas em todos os momentos desta pesquisa.

Também estendo meus agradecimentos a Aline, secretária do Programa de Pós-Graduação, pela sua eficiência e prontidão em todos os atendimentos e esclarecimentos de dúvidas.

Às amizades construídas durante a graduação e mestrado, que, mesmo à distância, sempre forneceram apoio constante.

Ao Renan, meu colega de pós-graduação, agradeço pela constante disposição em me auxiliar e incentivar ao longo do doutorado.

Ao Victor, laboratório do Laboratório de Solos da Unesp, pelo seu auxílio fundamental nas atividades de laboratório.

Ao meu colega de pós-graduação, Edmiller da Unesp, agradeço pelo apoio contínuo e incentivo ao longo desses quatro anos.

À Joyce, pela sua parceria, compreensão e incentivo ao longo dessa jornada.

À minha família – pai, mãe e irmã – que nunca pouparam esforços para que eu pudesse concluir esta etapa, grato pelo constante apoio carinho e conselhos ao longo desses anos.

Agradeço a Deus, que nos momentos mais difíceis me deu força e lucidez para que eu pudesse escolher os melhores caminhos. Sem ele, jamais teria conseguido chegar até aqui.

Agradecimentos ao Programa de Pós-Graduação em Geografia por todo apoio e estrutura que oferecem aos seus discentes ao longo de toda nossa trajetória dentro da Universidade, nos proporcionando profissionalismo e qualidade nas disciplinas ofertadas, palestras e cursos oferecidos. Meus sinceros agradecimentos a todos que contribuíram de forma direta e indireta por este momento.

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

“A menos que modifiquemos à nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”. (Albert Einstein)

RESUMO

Os estudos ambientais e a atenção com o meio ambiente são questões imprescindíveis a serem discutidas atualmente. A intensificação e as constantes transformações nas formas de uso e ocupação da paisagem, tem gerado significativas mudanças na qualidade ambiental, afetando sobretudo a qualidade do meio ambiente, bem como a vida da população nos mais diversos espaços. Assim sendo, a pesquisa se pauta na motivação em contribuir com as formas de identificação e mapeamento das unidades geoambientais nos estudos de planejamento ambiental, identificando não somente as unidades geoambientais em função da análise apenas dos elementos físicos e sociais do meio, mas sim a análise integrada da sociedade e natureza em conjunto com a vulnerabilidade ambiental. Neste contexto, a compreensão da paisagem, a percepção da vulnerabilidade ambiental, bem como, o mapeamento e agrupamento da paisagem, apresentam-se de como ferramentas de extrema importância em estudos ambientais no âmbito do planejamento ambiental. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo geral, delinear estratégias para a elaboração de um modelo para o zoneamento geoambiental como subsídio aos estudos de planejamento ambiental com aplicação na bacia hidrográfica do rio Andirá, no estado do Paraná. Para tanto, sob a perspectiva metodológica, foi realizado o levantamento e análise e descrição dos aspectos do relevo como declividade, hipsometria, formas da vertente e de compartimentos geomorfológicos. Também foram caracterizados os solos, a geologia, a distribuição espacial da chuva, e por fim as formas de uso e ocupação da bacia hidrográfica. A integração dessas variáveis permitiu a realização do mapa de vulnerabilidade ambiental classificando a vulnerabilidade em quatro classes, que foram de baixa vulnerabilidade até muito alto nas respectivas porcentagens: 0,39%, 55,63%, 43,95% e 0,02%. De forma geral, as maiores vulnerabilidades foram encontradas nos setores onde associam solos de textura média, com declividades médias de 12 a 20% e com vertentes convergentes. Os usos da terra nessas áreas com elevada vulnerabilidade estão associados sobretudo a atividade canavieira. As áreas com baixa declividade, nos setores menos declivosos, com solos argilosos e vertentes planas a divergentes em sua forma. Os usos encontrados foram os cultivos temporários de soja e milho. Realizada a integração destas variáveis e a análise da vulnerabilidade foram identificadas quatro unidades geoambientais. As maiores vulnerabilidades foram identificadas associadas aos solos de textura média a arenosa. Por sua vez, as menores vulnerabilidades associaram a presença dos solos mais argilosos. O conhecimento e a identificação das unidades geoambientais, permitiu identificar as particularidades de cada unidade mapeada, reconhecendo suas potencialidades e fragilidades. A fim de melhor caracterizar a área de estudo, também foram realizadas algumas análises de granulometria, densidade do solo, resistência a penetração e a condutividade hidráulica. O conhecimento das principais limitações e vocações de uma determinada porção do território contribuem com a diminuição dos efeitos negativos provocados pelo uso inadequado dos recursos naturais, ocasionados, geralmente, pela falta de planejamento, contribuindo para um melhor aproveitamento de tais recursos, minimizando os efeitos negativos.

Palavras-chave: Vulnerabilidade ambiental. Planejamento ambiental. Unidades Geoambientais. Bacia hidrográfica. Geoprocessamento.

ABSTRACT

The study and care for the environment are paramount subjects for our time. The increasing and constant changes in landscape occupation and usage affect above all else the environmental conditions and the quality of life of populations living in all sorts of geographical spaces. With that in mind, this research is motivated by a drive to contribute to the means of identification and mapping of geoenvironmental units in the environmental planning field, identifying them not only through the analysis of the physical and social elements in and on themselves, but through integrated analysis of society and nature in the context of environmental vulnerability. In this context the understanding of the landscape and identification of environmental vulnerabilities, as well as the mapping and data grouping of the landscape present themselves as extremely important tools for environmental research and planning. Thus, the present thesis' main objective is tracing strategies for the elaboration of a geoenvironmental zoning model to serve as aid to environmental planning research, applied to a study of the Andira river drainage basin in the State of Parana, Brazil. From a methodological perspective a process of survey, analysis and description of relief characteristics such as aspect, hypsometry, slope shapes and geomorphological compartments were conducted. The soils, geology, spatial distribution of rainfall and the means of occupation and usage of the drainage basin were also characterized in the research. The integration and cross-referencing of these variables allowed for the making of an environmental vulnerability map that classifies the area under four categories, ranging from low vulnerability to very high vulnerability, with the corresponding percentages: 0,39%, 55,63%, 43,95% and 0,02%. Generally speaking the biggest vulnerabilities were associated to sectors presenting medium texture soils, with average aspects between 12 and 20% and convergent slopes. Soil usage in these high-vulnerability areas are heavily associated with sugarcane culture and related activities. In the lower aspect areas, which present clay soil and slopes with flat to divergent shapes, the identified use was seasonal cultivation of soy and corn. With the integration of these variables and the vulnerability analysis, four geoenvironmental units were identified. The highest vulnerabilities were found in medium to sandy soils. In turn, the lowest vulnerabilities were associated with the presence of the clayiest soils. Their understanding and analysis allows for the identification of particularities of each unit mapped and the recognition of its potential strengths and weaknesses. In order to better describe the researched area, some particle size, soil density, penetration resistance and hydraulic conductivity analysis were also conducted. Knowledge of the key weaknesses and tendencies of a given portion of land can contribute with mitigating the negative impacts resulting of the inadequate use of natural resources, often occasioned by a lack of planning, contribute to better use of said resources, thus minimizing negative impacts.

Keywords: Environmental vulnerability. Environmental planning. Geoenvironmental Units. Drainage basin. Geoprocessing.

LISTA DE FIGURAS.

Figura 01 - Representação do espaço geográfico.....	23
Figura 02 - Mapa de localização da Bacia hidrográfica do rio Andirá.....	44
Figura 03 - Divisão administrativa dos municípios inseridos na área de estudo.....	45
Figura 04 - Processamento da imagem no <i>Zoner Photo Studio X</i>	52
Figura 05 - Amostras de ocupação e uso da terra na bacia hidrográfica do rio Andirá.....	55
Figura 06 - Esquema para mapa de vulnerabilidade ambiental.....	56
Figura 07 - Enquadramento das categorias e pesos da vulnerabilidade ambiental.....	59
Figura 08 - Determinação da condutividade em campo.....	62
Figura 09 - Fases para o mapeamento geoambiental.....	63
Figura 10 - Fluxograma metodológico da pesquisa.....	64
Figura 11 - Mapa Hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Andirá, Pr.	67
Figura 12 - Mapa de declividade da bacia hidrográfica do rio Andirá, Pr.....	68
Figura 13 - Mapa das formas do relevo da bacia hidrográfica do rio Andirá, Pr.....	70
Figura 14 - Mapa dos compartimentos do relevo da bacia hidrográfica do rio Andirá, Pr.....	71
Figura 15 - Mapa Litoestratigráfico da bacia hidrográfica do rio Andirá, Pr.....	74
Figura 16 - Mapa do esboço pedológico da bacia hidrográfica do rio Andirá, Pr.....	76
Figura 17 - Precipitação média mensal dos Municípios de São Jorge do Ivaí, Ourizona e de Nova Esperança de 2000 a 2020.....	79
Figura 18 - Mapa de distribuição espacial da média anual de pluviosidade da bacia hidrográfica do rio Andirá, Pr. no período de 2000 a 2020.....	80
Figura 19- Temperatura média do Ar para o município de Paranavaí 1972/2020.....	81
Figura 20 - Mapa de ocupação e uso da terra na bacia hidrográfica do rio Andirá, Paraná.....	83
Figura 21 - Porcentagem da produção rural em 2020.....	86
Figura 22 - Imagem SATVeg de mudança de uso da terra em Mandaguaçu, Paraná.....	87
Figura 23 - Imagem SATVeg de mudança de uso da terra em Ourizona, Paraná.....	87
Figura 24 - Imagem SATVeg de mudança de uso da terra em Presidente Castelo Branco, Paraná.	88
Figura 25- Evolução do Uso da Terra para a bacia hidrográfica do rio Andirá, Pr.....	89

Figura 26 - Mapa de Vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Andirá, Pr.....	82
Figura 27 - Imagem erosão Google Earth e SATVeg em Mandaguaçu, Pr.....	93
Figura 28 - Imagem erosão Google Earth e SATVeg em Presidente Castelo Branco, Pr.....	95
Figura 29 - Imagem erosão Google Earth em Mandaguaçu, Pr.....	96
Figura 30 - Imagem erosão Google Earth em Presidente Castelo Branco, Pr.....	97
Figura 31 - Uso de cana-de-açúcar no ponto 01 em Presidente Castelo Branco.....	98
Figura 32- Coleta das amostras em campo no ponto 01 em Presidente Castelo Branco.....	99
Figura 33- Identificação do perfil de solo no ponto 01.....	100
Figura 34- Dados de campo do ponto 01.....	100
Figura 35- Uso de cana-de-açúcar no ponto 02 em Presidente Castelo Branco.....	102
Figura 36- Identificação do perfil de solo no ponto 02.....	102
Figura 37 - Coleta das amostras em campo no ponto 02.....	103
Figura 38 - Dados de campo do ponto 02.....	104
Figura 39 - Paisagem de coleta no ponto 03 com cultivo de soja.....	105
Figura 40 - Coleta das amostras de solo no ponto 03 com cultivo de soja.....	106
Figura 41- Identificação do perfil de solo ponto 03.....	107
Figura 42- Dados de campo do ponto 03.....	107
Figura 43 - Plantio de cana-de-açúcar no ponto de coleta 04.....	109
Figura 44- Identificação do perfil de solo ponto 04.....	109
Figura 45 - Identificação do perfil e coleta do solo no ponto 04 com uso de cana-de-açúcar.....	110
Figura 46 - Dados de campo do ponto 04.....	111
Figura 47- Plantio de soja no ponto de coleta 05.....	112
Figura 48 - Identificação do perfil e coleta do solo no ponto 05.....	113
Figura 49 - Identificação do perfil de solo ponto 05.....	114
Figura 50 - Dados de campo ponto 05.....	114
Figura 51- Paisagem rural no ponto 06 com a presença de solo exposto.....	115
Figura 52 - Identificação do perfil e coleta do solo no ponto 06.....	116
Figura 53 - Identificação do perfil de solo ponto 06.....	117
Figura 54 - Dados de campo ponto 06.....	117
Figura 55- Mapa das Unidades Geoambientais da Bacia Hidrográfica do rio Andirá, Pr.....	120

Figura 56 – Paisagem com pastagens unidade 1 a.....	121
Figura 57- Diferentes culturas temporárias unidade 1 a.....	122
Figura 58 - Paisagem com diferentes culturas unidade 1b.....	123
Figura 59 - Diferentes culturas temporárias unidade 1b.....	123
Figura 60 - Uso de pastagens e mata na unidade 2 a próximo a São Jorge do Ivaí.....	124
Figura 61 - Presença de afloramentos rochoso na unidade 2 a.....	125
Figura 62 - Paisagem com cultivos temporários na unidade 2b.....	126
Figura 63 - Cultivo da soja na unidade 2b.....	127
Figura 64 - Perfil Geoecológico A-B.....	128
Figura 65 - Perfil Geoecológico C-D.....	129
Figura 66- Perfil Geoecológico E-F.....	130
Figura 67- Registros fotográficos da bacia hidrográfica do rio Andirá.....	132

LISTA DE TABELAS:

Tabela 01 - Dados de população total e área dos municípios da bacia hidrográfica.....	46
Tabela 02 - Classes de declividade da bacia hidrográfica do rio Andirá, Pr.....	67
Tabela 03 - Área e percentual das formas do terreno da bacia hidrográfica.....	70
Tabela 04 - Área e percentual das classes de solos da bacia hidrográfica.....	76
Tabela 05 - Classes de ocupação e uso da terra.....	83
Tabela 06 - Área das classes de Vulnerabilidade Ambiental.....	91

LISTA DE QUADROS:

Quadro 01 - Valores de permeabilidade.....	62
Quadro 02 - Preços médios de terras agrícolas em Reais por Hectare para o ano de 2021, Paraná.....	85
Quadro 03- Síntese das principais características das unidades Geoambientais da bacia hidrográfica do rio Andirá, PR.....	133

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 GEOGRAFIA - SOCIEDADE E NATUREZA.....	20
2.2 PLANEJAMENTO AMBIENTAL.....	25
2.3 ZONEAMENTO AMBIENTAL	30
2.4 VULNERABILIDADE AMBIENTAL.....	35
3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	43
3.1 Localização.....	43
3.2 Divisão administrativa da área de estudo	45
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	50
4.1 Produtos cartográficos.....	51
4.1.1. Cálculo e enquadramento dos pesos e categorias da vulnerabilidade ambiental a elaboração do Mapa de Unidades Geoambientais.....	55
4.2. Perfil Geoecológico	60
4.3 Análise Física.....	60
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	67
5.1 Análise do relevo.....	67
5.2 Análise do substrato rochoso e da cobertura pedológica.....	74
5.3 Análise climática.....	79
5.4 Análise da ocupação e uso da terra e das atividades econômicas	83
5.5 Análise da vulnerabilidade ambiental para a bacia hidrográfica do rio Andirá.....	91
5.6 Avaliação das características físicas das vulnerabilidades mapeadas.....	98
5.7 As unidades Geoambientais da bacia hidrográfica do rio Andirá.....	120
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	135
REFERÊNCIAS	137

1. INTRODUÇÃO

Os estudos ambientais e a atenção com o meio ambiente são questões imprescindíveis a serem discutidas atualmente. A intensificação e as constantes transformações nas formas de uso e ocupação da paisagem, tem gerado mudanças significativas na qualidade ambiental, afetando sobretudo a qualidade do meio ambiente, bem como a vida da população nos mais diversos espaços.

A Constituição Federal do Brasil de 1988 dispõe, no seu art. 225, a necessidade de conservação do meio ambiente, pressupondo não somente o presente, mas também as gerações futuras. Considera que todos têm o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, constituindo como um bem de uso comum de todos e essencial à sadia qualidade de vida, tendo o Poder Público e a coletividade o dever de preservá-lo (BRASIL, 1988).

Em face ao exposto, o desenvolvimento da presente pesquisa, pauta-se na motivação de contribuir com as formas de mapear e identificar os zoneamentos ambientais. Como desdobramento, o processo de compartimentação da paisagem em unidades geoambientais apresentam-se como uma importante ferramenta para os estudos no âmbito do planejamento ambiental, possibilitando oferecer suporte às políticas públicas de planejamento ambiental, seja de nível rural ou urbano (ROSS, 2003).

A escolha da área de estudo para a aplicação da pesquisa, caracteriza-se pela região apresentar grande diversidade de elementos naturais e sociais. A bacia hidrográfica do rio Andirá, está localizada na porção noroeste do estado do Paraná, sob a presença de contato litológico entre duas grandes formações (rochas sedimentares da Formação Caiuá e rochas magmáticas extrusivas da Formação Serra Geral).

Estudos dessa natureza podem fornecer subsídios ao Poder Público para aprimorar a gestão e o gerenciamento dos recursos naturais, abrangendo não apenas a bacia hidrográfica, mas também outras localidades no estado do Paraná e estados vizinhos. É relevante destacar que os processos de desestabilização da paisagem muitas vezes não decorrem da ausência de planejamento por parte do poder público, mas sim da falta de implementação.

O conhecimento das principais limitações e vocações de uma determinada porção do território contribui significativamente para mitigar os

efeitos negativos resultantes do uso inadequado dos recursos naturais, frequentemente causados pela carência de planejamento. Essa compreensão favorece uma utilização mais eficiente desses recursos, minimizando impactos adversos.

Os efeitos negativos podem ser os mais diversos possíveis e podem ser sentidos de diferentes intensidades, variando conforme a escala de análise. Em ambientes rurais, efeitos que impactam negativamente a paisagem, podem ser desde processos erosivos como rastejo do solo, ravinas, voçorocas, bem como, alterações na qualidade física do solo e contaminação de rios e lagos. Todos esses efeitos, estão diretamente ligados e, podem ocorrer concomitantemente.

Nesse contexto, a compreensão da paisagem, a percepção da vulnerabilidade ambiental, o mapeamento e o agrupamento da paisagem surgem como ferramentas cruciais em estudos ambientais dentro do âmbito do planejamento ambiental.

Utilizando as categorias de análise da Geografia, a pesquisa se baseia em conceitos de Paisagem e Região. A categoria de paisagem possibilita uma visão integrada e indissociável da natureza, considerando elementos tanto naturais quanto sociais, permitindo a interação entre sociedade e natureza e seus impactos no meio ambiente. A categoria de região, por sua vez, é relevante para os estudos de planejamento ambiental, permitindo a análise, identificação e classificação de diferentes tipos de divisões com base em critérios específicos.

Assim, a pesquisa buscou contribuir para a identificação e mapeamento de unidades geoambientais em estudos de planejamento ambiental, considerando não apenas os elementos físicos e sociais isoladamente, mas sim uma análise integrada da sociedade e natureza, juntamente com a vulnerabilidade ambiental.

Neste sentido, a hipótese da tese de doutorado parte do pressuposto de que uma análise da vulnerabilidade ambiental, integrada à dinâmica dos elementos da paisagem, pode ser uma ferramenta incluída para a elaboração de mapas de unidades geoambientais, subsidiando estudos e pesquisas de planejamento ambiental.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo geral, delinear estratégias para a elaboração de um modelo para o zoneamento geoambiental

como subsídio aos estudos de planejamento ambiental com aplicação na bacia hidrográfica do rio Andirá, no estado do Paraná.

Para tanto, são propostos como objetivos específicos: caracterizar os aspectos físicos vinculados aos recursos hídricos, as formas de relevo, as formações geológicas, os tipos de solos, a cobertura vegetal e o clima; caracterizar os aspectos históricos e sociais relacionados a ocupação e uso da terra; estruturar os sistemas ambientais (físicos e sociais) em informativos em ambiente de SIG, para formação de banco de dados; análise temporal das principais formas de uso e ocupação da bacia hidrográfica do rio Andirá, compreendendo a dinâmica da paisagem; identificar as áreas de vulnerabilidade ambiental, de ocupação e uso da terra, aptidão agrícola e das variáveis físicas na perspectiva da perda dos solos; avaliar a qualidade física de pontos em campo, mensurando as taxas de infiltração e compactação do solo em diferentes profundidades; identificar e mapear as unidades geoambientais da bacia hidrográfica do rio Andirá. Para a realização destes objetivos, o trabalho se organiza em diferentes momentos, que compreendem desde o levantamento bibliográfico, trabalho de campo, análise e interpretação dos dados.

O primeiro capítulo desta pesquisa abrange a introdução ao estudo. O segundo capítulo fornece uma base teórica, explorando temas que sustentaram a identificação de desafios e direcionamentos a serem seguidos. Nessa seção, foram abordados conceitos essenciais, incluindo Geografia – Sociedade e Natureza; Planejamento Ambiental; Zoneamento Ambiental; e Vulnerabilidade Ambiental.

O terceiro capítulo contextualiza e oferece uma visão geral da área de estudo, fornecendo detalhes sobre a localização e aspectos socioeconômicos que influenciam a ocupação da bacia hidrográfica.

No quarto capítulo, é descrito os procedimentos metodológicos adotados para conduzir esta pesquisa. São propostas a elaboração dos produtos cartográficos gerados, os critérios usados para criar o mapa de vulnerabilidade ambiental, bem como os métodos empregados nas análises físicas realizadas em laboratório e no campo.

O quinto capítulo apresenta os resultados da pesquisa, abrangendo a caracterização dos elementos naturais e socioeconômicos da bacia hidrográfica,

a análise da vulnerabilidade ambiental na área de estudo, e a identificação e mapeamento das unidades geoambientais na bacia do rio Andirá.

Finalmente, o trabalho se conclui com as considerações finais, sintetizando os principais resultados alcançados. Este momento traz uma reflexão sobre a relevância e contribuição do estudo, consolidando as descobertas e delineando possíveis implicações para futuras pesquisas ou ações práticas no âmbito ambiental.



CAPÍTULO 01

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente estudo concentra-se na análise ambiental e nas interações intrincadas entre sociedade e natureza. Nesse contexto, a tese tem como núcleo central o conceito de planejamento ambiental, desdobrando-se em uma série de etapas, meios e ferramentas com o propósito de enriquecer os estudos com uma abordagem de caráter ambiental.

Desta maneira, nesta seção, serão explorados temas e conceitos fundamentais presentes na Geografia enquanto ciência. Estes elementos servirão como base para a compreensão das temáticas abordadas na pesquisa.

2.1 GEOGRAFIA - SOCIEDADE E NATUREZA

A Geografia, como ciência, tem por objeto de estudo, a terra como morada do ser humano. O termo morada, refere-se ao espaço terrestre, no qual a sociedade ao longo da sua existência passa a ter consciência sobre este espaço (CONTI, 2002).

Esta consciência sobre o espaço terrestre, pode ser compreendida em três etapas:

- a) Consciência de que o espaço é um agregado de elementos heterogêneo, distribuídos de forma variada no planeta;
- b) Consciência de que os elementos heterogêneos formam unidades regionais definidas;
- c) Por fim, consciência dos processos interativos que envolvem natureza e sociedade.

Apoiando-se sobre esta última etapa, a Geografia contemporânea desenvolveu seus estudos por intermédio de uma visão indissociável entre sociedade e natureza. Contudo, ao longo de sua trajetória, a ciência geográfica passou por conflitos dicotômicos entre seu viés físico e humano – tal fato teve seus reflexos nos estudos entre grandezas de ordem naturais e sociais.

Por muito tempo, a Geografia Física se preocupou prioritariamente com a natureza – de mesmo modo, a Geografia humana se atentou aos estudos sociais. Contudo, no progredir da ciência, a Geografia Física passou a incorporar a ação humana como um agente transformador do meio (CONTI, 2002).

A obra “A natureza da Geografia Física”, discorre sobre a evolução da Geografia Física ao longo da história, e como foi influenciada ao longo do tempo por diferentes escolas – sobretudo a francesa, americana e alemã. Grandes transformações foram presenciadas em estudos mais integrados e o avanço dos mesmos, quando passou-se estudar o predomínio dos processos (GREGORY, 1992).

O pensamento que se tinha, até 1950, era que a Geografia Física ainda possuía pouco conhecimento dos processos ambientais a fim de se ter uma compreensão da paisagem. Contudo, foi somente no predomínio dos processos, especialmente com a abordagem realista, que os estudos foram além das regularidades até então observadas. Doravante, procuraram-se mecanismos e estruturas subjacentes responsáveis pelos processos (ação contrária as abordagens funcionais).

Esta nova abordagem nos estudos geográficos, com uma tendência a um enfoque sistêmico, contribuiu com o desenvolvimento de uma Geografia mais ambiental. Segundo Gregory (1992), este momento ficou conhecido na ciência como o “advento do homem” – o presente, tão modificado pela ação humana, já não pode ser a chave para compreender o passado.

Este encaminhamento nos estudos, bem como a forma de abordagem, derivou para pesquisas e estudos aplicados as ações humanas. São apontadas três tendências neste novo modo de se fazer pesquisa na Geografia:

a) tendência em se analisar os eventos externos, pois segundo o autor, são as causas dos prejuízos e danos e, são para eles que as estratégias de controle das paisagens podem ser elaboradas;

b) tendências que se refletiu na justaposição das investigações do meio físico e da relevância socioeconômicas;

c) na tendência baseada na crescente consciência entre o mundo real e a maneira o qual o meio ambiente é percebido pela humanidade.

Diversos autores, contribuíram com a temática entre a Geografia e sua relação com a sociedade e natureza. No final do século XIX e metade do século XX, predominavam a fragmentação nas formas de abordar os estudos geográficos – resultando no seu esfacelamento. Houverem tentativas, por parte dos geógrafos, em analisar o meio físico de forma integrada por meio de conceitos como paisagem e geossistemas. Por sua vez, estas articulações foram

ganhando força, sobretudo após os anos 70, com a emergência da “questão ambiental”. Estas articulações contribuíram para que os autores e pesquisadores contemporâneos passassem a vincular em suas pesquisas as demandas ambientais (SUERTEGARAY; NUNES, 2001).

Os geógrafos atuais, não abandonaram a compreensão da dinâmica da natureza, mas acrescentaram em suas análises, as derivações da natureza pela dinâmica social. Deste modo, deve-se pensar que não existe exclusivamente uma geografia puramente física, já que a questão ambiental é interdisciplinar e o estudo deve ser encarado de forma integrada e, não unicamente pelo viés natural.

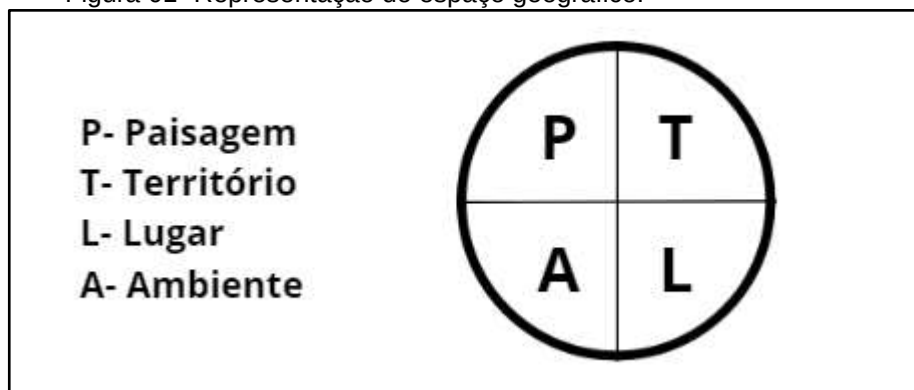
O marco das preocupações da Geografia com o meio ambiente, em incorporar nos estudos ambientais as questões sociais, políticas e econômicas com o uso racional dos recursos, se deu em 1968 com o Clube de Roma. Portanto, como já referido, foi a partir das décadas seguintes que a conservação e preservação do meio, integrando-se a natureza e sociedade, passou a assumir um relevante papel na qualidade de vida da sociedade (SANTOS, 2004).

Neste período, os estudos geográficos passam então a privilegiar a complexidade das interações geográficas, integrando sociedade e natureza. Posteriormente, esta prática resultaria na emergência dos geossistemas. Para Monteiro (2001), o geossistema e sua interpretação do meio, apresenta-se como uma tentativa de melhoria na investigação da Geografia Física.

De forma complementar, outra abordagem que permitiu a conexão dos estudos entre sociedade e natureza, foi a partir do conceito de espaço uno e múltiplo. Este conceito possibilitou uma nova forma de interpretação e leitura do espaço geográfico – permite múltiplas conexões que se expressam através dos diferentes conceitos como, paisagem, região, território, lugar e ambiente (SUERTEGARAY, 2001, 2003).

A interpretação do espaço geográfico, segundo a Suertegaray (2001), pode ser representada por meio dos conjuntos de conceitos por meio de um disco setorizado (Figura 01) em quatro partes: 1) paisagem, 2) território, 3) lugar, 4) ambiente.

Figura 01- Representação do espaço geográfico.



Fonte: Suertegaray (2001). Organização: O autor.

Cada parte deste disco, representa a visão analítica privilegiada por um ou outro geógrafo. Deste modo, tem-se uma representação que permite a possibilidade de diferentes leituras a respeito da dinâmica do espaço geográfico. Segundo a autora “sua dinâmica” é representada pelo movimento, o girar do círculo. Este giro expressa a ideia: um todo uno, múltiplo e complexo”. Portanto, a representação permite expressar a concepção de que o espaço geográfico pode ser lido através desses diferentes conceitos, contudo, deve-se reconhecer que cada uma dessas dimensões/conceitos está contida em as demais (SUERTEGARAY, 2001).

Conclui a autora, que os conceitos (paisagem, território, lugar, ambiente) possuem uma perspectiva balizadora na Geografia, permitindo a análise e leitura sob diferentes óticas do espaço geográfico, proporcionando um caminho metodológico.

A paisagem, apresenta-se como um importante conceito para compreender as relações entre os aspectos físicos e sociais - permitindo caminhar sob uma leitura sistêmica do espaço geográfico.

Na literatura, diversos autores conceituaram a paisagem. Schier (2003, p. 82) destaca importantes autores na escola alemã, como Humboldt, Ritter e Ratzel, clássicos autores que se utilizaram da paisagem como método e transcrição de dados sobre as áreas distintas do planeta. Humboldt, se destaca por sua visão holística da paisagem, associando os elementos diversos da natureza e da ação humana; Ritter por sua vez, não tinha como objeto de estudo a paisagem propriamente dita, mas complementou e sistematizou os estudos de Humboldt dando destaque as análises regionais e suas descrições, tendo como

foco os fenômenos existentes; Ratzel diferente de Humboldt, utilizou-se o conceito de paisagem sob a ótica antropogênica, para ele a paisagem não funciona como uma forma local e delimitada, ela é o resultado do distanciamento do espírito humano do seu meio natural.

Na escola Anglo-americana, Carl Sauer (1998) trouxe importantes contribuições para Geografia. O autor possuía uma visão culturalista da paisagem onde, a ação humana interagindo com a natureza através de sua cultura, resultaria na formação da paisagem – sendo percebida como um conjunto de formas físicas e culturais (RODRIGUES; SILVA, 2013).

Para Sauer (1988, p.42) a paisagem “está em um processo constante de desenvolvimento ou dissolução e substituição”. Assim, no sentido corológico, a alteração da área modificada pelo homem e sua apropriação para o uso são de importância fundamental.

Na escola francesa, importante contribuição aos estudos de paisagem, foi de Georges Bertrand. Anteriormente, os estudos franceses eram voltados sobretudo para descrição de seu território, os quais eram meramente descritivos, com o intuito de caracterizar as individualidades de cada região. Bertrand (2004) discorre que a paisagem não é a simples adição dos elementos geográficos disparatados, “é em uma determinada porção dos espaços, o resultado da combinação dinâmica dos elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável”.

Contudo, sua grande contribuição para os estudos de paisagem na Geografia, foi quando o autor propôs um esboço metodológico de estudo global da paisagem em diferentes grandezas escalares do global ao local. Elas foram divididas em unidades superiores (zona, domínio e região natural) e unidades inferiores (geossistemas, geofáceis e geótopos). Para o autor, o geossistema consistia na relação mútua entre o Potencial Ecológico (geomorfologia + clima + hidrografia) a Exploração Biológica (vegetação + solo + fauna) e a Ação Antrópica.

Esta proposta surge como uma tentativa de superar os estudos sob a ótica do que Bertrand apresenta como elementos geográficos disparatados. Apresenta-se como nova possibilidade de avançar para uma abordagem menos fragmentada nos estudos geográficos.

No Brasil, o conceito de paisagem, a partir dos estudos geomorfológicos, também teve forte influência dos trabalhos publicados por Jean Tricart, tendo como uma das principais referências a obra *Ecodinâmica* (1977). Posteriormente, com o avanço das técnicas de geoprocessamento, a linha epistemológica alemã se fez presente também nos estudos realizados no Brasil. Destacam-se aqui autores como Ab'-Saber, Aroldo de Azevedo e Jurandyr Ross (MAXIMIANO, 2004).

Segundo Vitte (2007, p. 75), “a maior contribuição aos estudos sobre as paisagens naturais” no Brasil foi de Ab'-Saber (1969) que promoveu uma renovação metodológica e instrumental nas pesquisas geomorfológicas desenvolvidas no território nacional. Ele compreendeu a paisagem como sendo o resultado de uma relação de processos passados (responsáveis pela compartimentação regional) e atuais (responsáveis pela atual dinâmica das paisagens).

Portanto, a interpretação do espaço geográfico, sendo ele, uno e múltiplo, possibilitou uma abordagem que privilegia o estudo da Geografia, bem como, das relações entre sociedade e natureza.

2.2 PLANEJAMENTO AMBIENTAL

O planejamento ambiental, especialmente após os anos de 1970 e 1980, se tornou objeto frequente nos estudos geográficos – quando os estudos na Geografia passaram a incorporar a dinâmica humana sobre o meio ambiente.

Orientando-se por uma abordagem que contemple nas suas discussões a relação entre sociedade e natureza, Leef (2006) apresenta uma importante contribuição na interdisciplinaridade do planejamento ambiental. O autor traz o conceito de “saber ambiental” como sendo condição a integração interdisciplinar e transdisciplinar do conhecimento para explicar o comportamento dos sistemas ambientais complexos – bem como a problematização acerca do conhecimento fragmentado.

Tal conceito, permite a construção de um campo de conhecimento teórico e prático pautado na rearticulação entre a sociedade e natureza. Contudo, o saber ambiental está em constante desenvolvimento. Cabe ressaltar que, o termo excede o campo das ciências ambientais (constituídas como um

conjunto de especializações), abre-se, portanto, para área dos valores éticos, dos conhecimentos práticos e dos saberes tradicionais.

As abordagens do planejamento ambiental, devem estar em harmonia entre os temas do meio social e natural. Devem ser encarados como face da mesma moeda – o ser humano deve, portanto, ser considerado parte integrante da natureza, bem como detentor de conhecimentos e valores. Os valores, por sua vez, vão ao longo do tempo reproduzindo socialmente no processo histórico, agindo constantemente sobre o meio ambiente (QUINTAS; OLIVEIRA, 1995).

Portando, planejamento ambiental deve ser trabalhado de forma indissociável entre a sociedade e natureza nos estudos geográficos, contemplando abordagens que compreendam essas relações em sentido amplo – da multidimensionalidade entre o químico, biológico, social, político e cultural. Se fundamenta a partir da problematização, esforçando-se, desta forma, para superar o estático e o convencional, avançando em teorias e processos resultantes da interação entre as multidimensionalidades destacadas (GUERRA; CUNHA, 2006).

Desta forma, as ações humanas devem ser precedidas por um entendimento do meio através dos planejamentos. Estes, por sua vez, irão fornecer prognósticos, bem como estabelecer diretrizes dos usos e dos recursos, tendo como objetivo o caráter preventivo destas ações realizadas pela sociedade (ROSS, 2003).

Entretanto, a interação entre o social e o natural, nem sempre são adequadas e contempladas efetivamente nos trabalhos realizados. Frequentemente as pesquisas dão um peso maior em análises e decisões técnicas, não considerando as percepções da sociedade pertencente as áreas que estão sendo planejadas (FADINI; CARVALHO, 2004).

Segundo Santos (2004), os estudos de planejamento ambiental decorrem da competição por novas terras e recursos, tendo como objetivo compatibilizar os usos, bem como a proteção de ambientes ameaçados por esses conflitos. Para a autora, deve-se buscar um desenvolvimento harmonioso nos estudos, considerando as vocações, potencialidades e limitações do meio ambiente – estas diferenças ambientais devem ser levantadas e espacializadas.

A autora acrescenta que, o planejamento se apresenta em como um processo (começo, meio e fim). As fases mais frequentes nos estudos

ambientais são: 1) a de definição dos objetos, 2) o de diagnóstico, 3) o de levantamento de alternativas, 4) e pôr fim a tomada de decisão. Em síntese, este método segue uma estrutura organizacional que envolvam a pesquisa (tem por objetivo reunir e organizar os dados para facilitar a sua interpretação), a análise (refere-se à organização dos dados que serão posteriormente avaliados para atingir a compreensão do meio) e pôr fim a síntese (refere-se a aplicação dos conhecimentos alcançados para a tomada de decisão). Pode ser incluído ainda em fase posterior a síntese, o monitoramento do que foi proposto.

Entretanto, cabe destacar que cada fase no processo para o planejamento, apresenta seus componentes, métodos e produtos específicos. As fases se encadeiam e se alimentam por meio das informações obtidas nas etapas anteriores. Todavia, em função dessas fases estarem interligadas, há autores que não as consideram como fases, e sim como momentos distintos no processo (SANTOS, 2004).

Rodriguez (1991), complementarmente, embora em momento histórico anterior a Santos (2004), estrutura o planejamento ambiental em cinco fases: 1) implementação metodológica e operativa, 2) análise e sistematização de indicadores ambientais, 3) diagnósticos do meio com a identificação de impactos, 4) riscos e eficiência de uso/ elaboração de um modelo de organização territorial, 5) proposição de medidas e instrumentação de mecanismo de gestão.

Sob a ótica da interdisciplinaridade entre os estudos ambientais (sociedade e natureza), Monteiro (2001) apresenta importantes contribuições sobre a temática do planejamento ambiental. O autor salienta que os estudos geográficos não devem seguir um raciocínio linear, é preciso atentar-se em privilegiar as multiplicidades das interações geográficas. A teoria do Geossistema apresentado pelo autor surge, portanto, na evolução da investigação da Geografia Física, possuindo como fundamento, a inter-relação entre o natural e o humano.

Contudo, cabe destacar que o planejamento ambiental se apresenta como uma atividade a ser implementada, e não apenas na produção de documentos. No entanto, o processo não se esgota na implementação, como já enfatizado, o mesmo deve ter continuidade ao longo do tempo, através das fases de monitoramento e avaliação.

Portando, é em síntese, um instrumento que visa a adequação do uso e controle dos recursos, bem como a proteção ao ambiente. Santos (2004), destaca que seu surgimento se deu em razão do aumento da competição por terras e recursos energéticos e biológicos, ocasionando a necessidade de se compatibilizar tais usos. Destaca-se ainda, sobre seu surgimento, em resposta ao desenvolvimento tecnológico de caráter materialista, sobretudo o do bem-estar humano. Desta forma, a sua realização possibilita a solução de conflitos que possam ocorrer entre as metas de conservação do meio ambiente e do planejamento tecnológico.

O planejamento ambiental pode ser concebido de diferentes formas, onde a escolha do instrumento ocorre em função dos objetivos – podem ser realizados em ambientes rurais ou urbanos, assim como em áreas que apresentam ambas situações. As bacias hidrográficas, são recortes comumente utilizados nos planejamentos ambientais, estes por sua vez, podem contemplar áreas rurais e/ou urbanas, podendo abranger um ou mais municípios.

Oliveira e Cruz (2006), desenvolveram uma pesquisa sobre as dinâmicas naturais das paisagens cearenses e sua importância para o planejamento ambiental. Os autores aplicaram o estudo na área litorânea do estado do Ceará, e se apoiaram sobre a visão integrada entre os elementos da paisagem. Sendo assim, os mesmos se utilizaram das diretrizes metodológicas já existentes para a elaboração de um zoneamento ecológico econômico. Assim sendo, subdividiram em áreas em diferentes graus de estabilidade do meio ambiente, de acordo com suas características naturais e de conservação. Foram identificadas áreas instáveis, medianamente estáveis e as áreas estáveis. Tais resultados são de extrema importância no estabelecimento de diretrizes de uso e ocupação da terra com base nas fragilidades observadas.

De forma semelhante, Leite *et al.* (2016) trabalharam com a análise da paisagem na cidade Fortim, também no Ceará, com subsídio ao planejamento ambiental. Neste trabalho os autores, por meio de imagens de satélite de alta resolução, delimitaram cinco unidades de paisagens compreendendo as áreas de planície litorânea e áreas de tabuleiro litorâneo. No estudo, foram identificados o desenvolvimento de atividades não compatíveis com a unidade de paisagem e suas potencialidades, tais como residências e loteamentos em topos de falésias, entre outros. Estas situações promovem a degradação dos

recursos naturais e paisagísticos. Os autores concluem que o processo de planejar o território pressupõe que se reflita sobre as bases ambientais, os ciclos que se estabelecem, as potencialidades e limitações inerentes, compreendendo a paisagem na totalidade.

Manfré *et al.* (2013), utilizaram o planejamento ambiental para avaliar e comparar três formas distintas de fragilidade ambiental, visando realizar um zoneamento ambiental. A área de estudo para a aplicação da pesquisa foi em Ibiúna, cidade localizada no estado de São Paulo. Os autores escolheram duas bacias hidrográficas rurais com características semelhantes de declividade, taxa de dissecação, litologia, classes de solo, classes de uso e dados climáticos para que pudessem ser representativas para a região em estudo. Aplicando os modelos de fragilidade do Ross e Crepani, identificaram-se as áreas menos e mais sensíveis das bacias hidrográficas, contribuindo para a realização da compartimentação ambiental, considerando as áreas com prioridades de restauração e áreas com a necessidade de melhorias no manejo do solo. Os autores salientam que estudos com esse caráter tem o papel de fornecer estratégias de uso da terra, proporcionando novas percepções sobre o ordenamento do território e manejo e gestão de serviços ambientais.

No Paraná, Compagnoni *et al.* (2009), realizaram um estudo no município de Pato Branco, avaliando o planejamento ambiental urbano e suas ações sobre a bacia hidrográfica do rio Penso. Por meio do mapeamento, foram identificadas as áreas suscetíveis a riscos ambientais relacionados aos aspectos físicos e sociais da bacia hidrográfica. Neste estudo, foram diagnosticados que apesar de alterada, mais de 50% da mata ciliar continua preservada. Entretanto, os autores identificaram que das treze nascentes mapeadas, nenhuma atende as exigências legais, previsto na legislação vigente. Também foram identificadas áreas com ocupação urbana em vertentes com inclinação superiores a 30% não possuindo proteção nenhuma, potencializando os riscos de escorregamentos.

Estudo semelhante foi desenvolvido por Soares *et al.* (2011), na Região Metropolitana de Curitiba. Os autores elaboraram para a bacia do rio Pequeno, diretrizes básicas para o desenvolvimento a ocupação visando uma ação ambiental sustentável. Desta forma, foi analisado o uso atual em contraste as características naturais do meio físico, considerando a vocação e aptidão das áreas, sobretudo as agrícolas. Como resultado, foi identificado que 27% da área

total da bacia deveria ser de Área de Preservação Permanente (APP) e que 59% da área de preservação permanente está de acordo com a legislação. Entretanto, o restante reflete-se em áreas com uso inadequado, sendo necessária, portanto, a recuperação. Segundo os autores, os estudos de análise do potencial de uso das terras, em conjunto com a legislação ambiental, representam importantes subsídios ao planejamento ambiental.

2.3 ZONEAMENTO AMBIENTAL

Os zoneamentos ambientais, são comumente utilizados por parte do poder público como instrumento legal para implementar normas de ocupação e uso do território nacional. No Brasil, como exemplo tem-se o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE). No estado do Pará sua execução partiu de uma análise integrada entre os elementos contidos na paisagem, possuindo como recorte as bacias hidrográficas (ITCG, 2010). As bacias hidrográficas, são comumente utilizadas nos estudos geográficos por apresentarem um sistema natural bem definido topograficamente, contribuindo na análise e interpretações das interações (SANTOS, 2004).

Na década de 80 do século XX, a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), regulamentada pela lei nº6.938 de 1981 (BRASIL, 1981), institui o Zoneamento Ambiental como instrumento da PNMA, com a finalidade de que este instrumento, somado a outros estudos, contribuam na preservação, melhoria e na recuperação da qualidade ambiental, bem como no desenvolvimento econômico.

A Constituição Federal de 1988, em seu inciso IX do artigo 21, prevê que compete a União a elaboração e a execução de planos de ordenamento do território e do desenvolvimento econômico e social, apresentando como base as metodologias de Zoneamento Ambiental (SENA, 1999).

O artigo 2º do decreto 4.297, de 10 de julho de 2002 (BRASIL, 2002), dispõe que os ZEE juridicamente apresentam-se como um instrumento de organização do território e, “tem por objetivo geral, organizar, de forma vinculada, as decisões dos agentes públicos e privados [...]” levando em consideração “ [...] a importância ecológica, as limitações e as fragilidades dos ecossistemas, estabelecendo vedações, restrições e alternativas [...]”. Quanto

ao processo de elaboração e implementação, o zoneamento “[...] buscará a sustentabilidade ecológica, econômica e social, com vistas a compatibilizar o crescimento econômico e a proteção dos recursos naturais, em favor das presentes e futuras gerações [...]”.

O artigo dispõe ainda que, para fins de reconhecimento pelo Poder Público Federal, os zoneamentos deverão gerar produtos e informações nas escalas: 1:5.000.000 e 1: 1.000.000 na escala nacional, 1: 1.000.000 ou maiores em zoneamentos macrorregionais, 1:1.000.000 a 1:250.000 em macrorregiões podendo variar até a 1:100.000 para algumas regiões do Brasil, 1: 100.000 ou maiores a zoneamentos para “[...] indicativos operacionais de gestão e ordenamento territorial, tais como planos diretores municipais, planos de gestão ambiental e territorial locais, usos de Áreas de Preservação Permanente”.

Santos e Ranieri (2013) enfatizam que os zoneamentos ambientais articulam com outros instrumentos da PNMA, entre eles os autores destacam a avaliação de impactos ambientais, o licenciamento de atividades efetivas ou potencialmente poluidoras e a criação de espaços territoriais especialmente protegidos. Ranieri *et al.* (2005), aponta que ao passo que se tem uma área com a indicação das localidades com maior ou menor aptidão para as atividades específicas, ele pode reforçar a necessidade de um EIA-RIMA ou até mesmo dispensar a utilização do instrumento.

O processo de zoneamento ambiental, apresenta-se como uma importante ferramenta nos estudos de planejamento e ordenamento territorial. Porém, para tanto, tem-se a necessidade de conhecer os recursos disponíveis no meio em estudo. Deste modo, a aplicação e utilização do zoneamento e/ou a compartimentação são comumente utilizadas como avaliador do território, visto que os elementos são analisados partindo da ótica integrada entre os atores sociais e os elementos naturais (SILVA; SANTOS, 2004).

A elaboração de um zoneamento ambiental, consiste em dividir uma área em parcelas homogêneas que apresentem características semelhantes. O zoneamento faz parte de um conjunto de projetos cujo objetivo é fornecer uma orientação para o desenvolvimento sustentável dos recursos naturais e de planejamento do território, evidenciando sobretudo os problemas ambientais (MATA, 1981; ROCHA, 1995).

Para Santos (2004), os zoneamentos apresentam-se como forma de expressão do planejamento ambiental. São definidos pelo agrupamento de variáveis da paisagem que possuem, por sua vez, elevado grau de associação. Estes agrupamentos ou zonas, levam conta a potencialidade e/ou vocação do meio, bem como a vulnerabilidade ou fragilidade do meio, que são limitantes a estabilidade da paisagem.

De forma semelhante, Montañó *et al.* (2005) expõem que o zoneamento geoambiental permite a visualização, de forma objetiva, das áreas mais suscetíveis a ocorrência dos processos naturais, bem como a maior ou menor aptidão das unidades mapeadas para as atividades específicas.

A compartimentação da paisagem, é frequentemente utilizada pelo poder público, como instrumento legal para a implementação de normas e diretrizes de uso e ocupação do território. Neste sentido, os zoneamentos ou a compartimentação ambiental possibilitam a determinação das suscetibilidades do ambiente, tendo como base a análise de fatores ambientais específicos, tais como os relacionados ao meio físico, biológico e antrópico (SOUZA, 2000).

Benatti (2003), reforça que os zoneamentos devem constituir e precisam ser analisados como uma ferramenta de desenvolvimento regional, bem como a uma própria política de ordenamento territorial.

De forma geral, Souza (2000) e Ranieri *et al.* (2005) argumentam que existem diversas formas e produtos de zoneamentos ambientais, podendo apresentar diferentes variações de denominações. Estes produtos podem se expressar de diferentes formas, com diferentes recortes, escalas, métodos e objetivos, porém, todos têm um ponto em comum, os quais são incorporar os aspectos ambientais levantados na divisão territorial em zonas.

Barros e Castro (2006) realizaram um estudo de compartimentação geoambiental em uma área de tensão ecológica no complexo de Campo Maior, PI. Os autores realizaram as análises tendo como ponto de partida as relações entre o solo, a vegetação, estrutura geológica e florística. Foram divididas em três unidades geoambientais e em oito sub-ambientes. As unidades foram agrupadas levando consideração cada tipo de solo, geologia e, como esses indicadores naturais resultariam em arranjos diferentes sobre o território, principalmente no que se refere a vegetação.

Menezes *et al.* (2011), realizaram um mapeamento geoambiental no município de São Pedro do Sul, no Rio Grande do Sul. No processo de zoneamento, os autores analisaram diversos elementos do meio físico, bem como o de uso e ocupação da terra. Por meio desta correlação de elementos, foi possível subdividir o território em oito unidades geoambientais. Como procedimento metodológico, a pesquisa fora dividida em: análise das bases cartográficas; trabalhos de campo; e trabalho em gabinete em ambiente SIG (sistema de informação geográfica). As variáveis mapeadas em SIG foram o mapa hipsométrico, clinográfico, hidrográfico, comprimento e amplitude das vertentes, unidades de relevo, litológico, pedológico, e por fim de uso e ocupação da terra. As unidades foram definidas com base nas características individuais de cada atributo frente as aptidões de uso.

Trabalho semelhante foi realizado por Trentin e Robaina (2012) no Rio Grande do Sul. Os autores realizaram um mapeamento geoambiental na bacia hidrográfica do Rio Itu, na porção oeste do estado. Neste estudo, os autores realizaram o mapeamento das características do meio físico (relevo, drenagem, solo, geologia, clima) e do uso e ocupação da terra. A interação entre essas características possibilitou a identificação de 09 unidades com alto grau de associação entre si. Ao final, os autores apresentaram uma tabela com as principais limitações e vocações de cada unidade mapeada.

O zoneamento ambiental, como instrumento de ordenamento do território, pode ser aplicado em diferentes situações na busca por melhores resultados nas formas de ocupação e uso da terra. Silva *et al.* (2018), realizaram um zoneamento ambiental em uma bacia hidrográfica ocupada por assentamento rural, na porção noroeste do estado do Mato Grosso do Sul. A pesquisa teve como objetivo propor um zoneamento ambiental para a bacia hidrográfica do córrego Indaiá, a partir de levantamentos de fragilidade ambiental, uso da terra e cobertura vegetal, bem como a espacialização das restrições ambientais considerando o Código Florestal Brasileiro. Os autores destacam que a proposta de zoneamento ambiental se apresentou como uma excelente ferramenta para o ordenamento físico territorial e auxiliar também no programa de gerenciamento de bacias hidrográficas em áreas de assentamento rurais.

Oliveira *et al.* (2011) se utilizaram do zoneamento ambiental para o mapeamento do risco a erosão em uma área de proteção ambiental no rio Lajeado no estado do Mato Grosso do Sul. Os autores trabalharam com elementos sobretudo do meio físico. Foram levados como critério de análise o grau de erodibilidade do solo; a equação universal de perda do solo adaptada; comprimento e declive da rampa das vertentes; e o valor de erodibilidade para cada cultura. Para a definição do zoneamento foi realizado a integração das variáveis citadas em conjunto com o uso da atual da terra, considerando a legislação sobre as áreas de preservação. Assim sendo, os autores subdividiram a área de estudo em 5 zonas: manutenção e preservação vegetal e áreas úmidas; recuperação de APP de acordo a legislação federal; recuperação de áreas degradadas pela erosão do solo; terras agrícolas usadas para culturas anuais; e por fim terras agrícolas utilizadas para pastagem como manejo regular. Os autores destacam que esses tipos de estudos permitem determinar zonas de uso do solo e conseqüentemente, a identificação de irregularidades e prioridades de conservação.

Evidencia-se que a compartimentação da paisagem e/ou o zoneamento ambiental permite desenvolver diversos tipos de inferências e estudos sobre determinada área. Sanches (2019), realizou um estudo por meio de compartimentos da paisagem, associando a sua relação com a valoração dos imóveis rurais no município de Faxinal, na região central do estado do Paraná. A diversidade no contexto geológico e geomorfológico da área de Faxinal, proporciona uma geodiversidade de formas com relevos escarpados, cachoeiras, grutas e diques. No estudo, o autor se utilizou de uma compartimentação da paisagem realizada por Fortes e Volkmer (2017) e fez a associação da valoração do preço da terra. Cruzando essas informações, foi possível observar uma maior valoração das terras nas áreas onde predominavam a pedogênese. As áreas com o predomínio da morfogênese foram as que tiveram menor valoração no preço da terra. Em contrapartida, essas áreas são as que apresentam uma maior geodiversidade de formas.

Periçato (2018) Periçato e Souza (2019), em pesquisa realizada no noroeste do estado do Paraná, também se utilizaram do zoneamento geoambiental para classificar e agrupar as fragilidades presentes na bacia hidrográfica do rio das Antas. A área de estudo está associada a formação Caiuá,

originando solos mais suscetíveis aos processos erosivos. Os autores por meio do zoneamento geoambiental, somado as formas de uso e ocupação e as condições naturais, identificaram três grandes unidades de paisagem na bacia hidrográfica do rio das Antas. De forma geral, as unidades se diferenciavam pela semelhança e predominância de diversos critérios e atributos. Os mais utilizados pelos autores foram as formas de ocupação e uso da terra, os tipos de solos e o relevo, considerando os valores de declividade e o índice de concentração de rugosidade (ICR).

2.4 VULNERABILIDADE AMBIENTAL

As intervenções humanas ao longo de sua evolução no mundo natural destacam-se como um tema essencial de estudo em Geografia. Essas mudanças tecnológicas, sociais e econômicas resultam em mudanças significativas nos sistemas ambientais, que podem ser vistas de diversas formas e intensidades.

Além da diversidade socioambiental, a seleção da área de estudo e a execução do tema se baseou na importância econômica que a bacia hidrográfica do rio Ivaí representa para a mesorregião norte central e noroeste do Paraná, bem como para os municípios que fazem parte dela. Há também um crescente uso dos recursos naturais, que está relacionada tanto ao avanço das áreas urbanas quanto à intensificação do uso agrícola.

A região em estudo destaca-se por ser um importante polo agrícola do estado do Paraná. Na porção norte central do estado são cultivados, predominantemente, culturas temporárias, que se desenvolvem sobre os solos formados a partir da alteração dos basaltos da Formação Serra Geral. Já na porção noroeste, as atividades da pecuária e cana-de-açúcar são as que mais se destacam, devido à presença de solos de textura média e arenosas, oriundos de rochas areníticas da Formação Caiuá.

A bacia hidrográfica em estudo contempla as características do norte e noroeste do estado do Paraná. Sua porção à montante, caracteriza-se pela presença dos solos de textura média e arenosa, desenvolvendo-se as atividades como pecuária e cana-de-açúcar, já na porção do médio curso para o baixo curso, têm-se os solos oriundos da Formação Serra Geral, no qual se

desenvolveram os solos com texturas argilosas. Nesta área, o uso predominante são com as culturas temporárias, sobretudo de soja e milho safrinha nos períodos de entre safra.

Portanto, sabe-se que a diferença litológica possui forte influência nos tipos de relevo e solo, bem como nas formas de ocupação e uso, contribuindo para uma maior ou menor degradação ambiental. Os solos arenosos possuem maior suscetibilidade quando comparados com os solos argilosos e, são considerados com menor fertilidade natural.

Sporl e Ross (2004) apontam que qualquer alteração nos diferentes componentes da natureza, resultarão na funcionalidade do sistema todo, que por sua vez pode desencadear na desestabilização do meio. Desta forma, a fragilidade pode ser interpretada como a capacidade do ambiente em sofrer intervenções. Quando o estado de equilíbrio dinâmico é quebrado, o sistema pode se colapsar, acarretando, portanto, para uma situação de risco. Cabe salientar que a desestabilização do sistema pode ter como indutores ou causadores, tanto os processos naturais como os processos antrópicos.

Os termos de fragilidade e vulnerabilidade ambiental são muitas vezes utilizados na ciência geográfica de formas análogas, portanto, tendem a abordar sobre as mesmas temáticas. Contudo, em muitos trabalhos o termo vulnerabilidade vem vinculado apenas sob o viés social, e fragilidade somente ao ambiental. No entanto, entende-se que ambos irão identificar e apresentar diferentes níveis de risco para um ambiente natural, que por sua vez pode ou não ser/estar modificado pelas atividades humanas. Desta forma, guiado pela indissociabilidade entre natureza e sociedade, parte-se do pressuposto que ambos os termos contribuem para os estudos desta temática ambiental.

Tricart (1977) em sua obra *Ecodinâmica*, apresenta importantes conceitos que contribuíram no avanço dos estudos de fragilidade ambiental. O autor apresenta a ideia sobre o funcionamento dos ecótopos, onde a dinâmica do meio ambiente age ativamente sobre as biocenoses. Biocenoses é caracterizada por um conjunto de seres vivos de um ecossistema. Desta forma, Tricart (1977) discorre que a gestão dos recursos ecológicos deve se pautar pela avaliação do impacto da ação humana sobre o ecossistema. Assim sendo, o autor propôs a ideia dos meios morfodinâmicos que se constituem em três meios,

classificados em estáveis, intergrades e fortemente instáveis. Os meios possuem como principais características:

- a) Estáveis – representam as condições em que a paisagem exterior se encontra sob um estado de equilíbrio entre os componentes da natureza; há um predomínio da pedogênese; intenso intemperismo químico; desenvolvimento da cobertura vegetal; processo também chamado de biostasia (equilíbrio do meio).
- b) Fortemente instáveis – paisagem exterior “sofre” fortemente com a desestabilização dos componentes da natureza; há o predomínio do intemperismo físico, bem como, na morfogênese; destruição dos recursos naturais; desenvolvimentos dos processos erosivos; processo também conhecido como resistasia (desequilíbrio do meio).
- c) Meios intergrades – representam a passagem gradual entre os dois meios (estáveis e fortemente instáveis); há uma ação coerente entre o intemperismo químico e o físico; um equilíbrio entre a biostasia e resistasia, entre a morfogênese e a pedogênese.

Tricart (1977) contribuiu apresentando o mapa ecodinâmico, que através da cartografia, ele apresenta o arranjo do território com a delimitação em zonas. Para a delimitação destes compartimentos, o autor considera a relação entre os solos, clima, hidrografia, relevo, bem como, as formas de uso e ocupação da terra.

Orientando pela lógica de pensamento de Tricart (1977), Ross (1990) inseriu novos critérios para definir as unidades ou os meios instáveis e estáveis. Para as unidades instáveis, o autor as definiu como sendo unidades que foram intensamente modificadas pelo homem. De forma oposta, as unidades estáveis foram definidas como sendo as unidades que se encontram em equilíbrio, portanto, encontram-se em seu estado natural – que foram “poupados” pelo homem.

Essa linha de pensamento do autor, partindo sob o prisma da Teoria Geral dos Sistemas, na qual o equilíbrio dinâmico é frequentemente alterado

pelas intervenções do homem no meio, gerando, por conseguinte, a uma desestabilização temporária ou até mesmo permanente, permitiu ampliar os conceitos de unidades estáveis e instáveis. Ross (1993), estabeleceu vários níveis ou graus para cada unidades, deste modo o autor as dividiu em níveis que vão de muito fraca a muito forte.

Como meio para o estudo da fragilidade do meio ambiente, Ross (1994) propôs uma metodologia classificando as unidades em fragilidade potencial e emergente, subdividindo-as em cinco níveis hierárquicos. Para o autor, as unidades de fragilidade potencial, corresponde a fragilidade natural do meio ambiente, que por sua vez, mesmo estando em equilíbrio, podem desestabilizar em função das características naturais dos elementos físicos, tais como a geologia, os diferentes tipos de solos e as distintas formas do relevo. As unidades classificadas em fragilidade emergente, estão associadas na relação dos aspectos naturais do meio ambiente (solo, relevo, declividade, clima) com os aspectos socioambientais, sendo as formas em que os homens se apropriam da natureza. Desta forma, uma unidade com uma certa fragilidade potencial média ou baixa, pode através das formas de ocupação e uso da terra apresentar-se como unidade de fragilidade emergente média a alta.

Desta forma, o conhecimento da fragilidade ambiental, se apresenta como uma importante ferramenta para o planejamento ambiental. Sobretudo, quando são analisados os sistemas físicos e sociais de forma integradas, favorecendo o entendimento e a compreensão das áreas com maior ou menor risco aos processos de desestabilização. Auxiliando assim, a definição e orientação das diretrizes e ações que devem ser implementadas no espaço físico territorial (GRISA, 2014).

De forma semelhante, Crepani *et al.* (2001) desenvolveram uma proposta metodológica para a análise da fragilidade ambiental. Os autores basearam-se pelos mesmos princípios que Ross (1994), embasado no conceito de Ecodinâmica de Tricart (1977). Contudo, Crepani *et al.* (2001) basearam-se na relação morfogênese /pedogênese e no aspecto sinótico oriundo das imagens de sensoriamento remoto, para assim então propor a análise da fragilidade ambiental. Em linhas gerais, a metodologia parte sobre uma análise preliminar através da interpretação da imagem de satélite, posteriormente na associação

das variáveis físicas e do uso e ocupação da terra, e pôr fim a classificação da fragilidade e estabilidade de cada unidade ambiental identificada.

Por muitos anos, a identificação das fragilidades e vulnerabilidades ambientais eram realizadas em campo, no entanto, com o desenvolvimento e avanço das técnicas do geoprocessamento e do sensoriamento remoto, os autores passaram a incorporar essas técnicas nos estudos, contribuindo a melhor eficácia e representação dos fenômenos em estudo. Cabe destacar que, a atividade de campo deve sempre ser utilizada e, o uso de ambos devem contemplar os estudos de vulnerabilidade ambiental (GRISA, 2014).

Em estudo realizado por Santos *et al.* (2010), identificou-se por meio da aplicação de uma metodologia de susceptibilidade ambiental na cidade de Tamboara-PR, que os solos apresentaram diferentes graus de vulnerabilidade. Conforme os tipos de uso da terra, os solos sobre o basalto apresentaram baixa e muito baixa vulnerabilidade a erosão nos topos e moderada ao longo das vertentes. Para as áreas sobre o arenito, os níveis de vulnerabilidade de fraca e muito fraca foi elevada para médias nos topos e forte nas vertentes, resultante do aumento da declividade e da elevada quantidade de areia na composição granulométrica dos solos.

Os problemas relacionados a vulnerabilidade ambiental não são só encontrados nas áreas rurais, mas também na transição entre o rural e o urbano. Nóbrega *et al.* (1992) realizaram uma compartimentação em uma bacia hidrográfica na cidade de Umuarama, no estado do Paraná, visando o planejamento urbano, com intuito de subsidiar o poder público quanto à ocorrência e evolução de processos erosivos. Os autores identificaram quatro compartimentos, sendo um, o mais alto e estável, e três em setores mais baixos, porém, mais dissecados. Os três compartimentos dissecados foram os mais suscetíveis a erosão e já apresentando alguns focos próximo à área urbana. Para os autores, a ocorrência dos focos de erosões, são resultantes da não consideração da natureza arenosa dos materiais, somado a concentração de drenagem em superfície. Tal fato, reflete a falta de planejamento urbano relacionado a questões de infraestrutura básica.

Almeida *et al.* (2020) afirmam que as dimensões que envolvem o conceito de vulnerabilidade ambiental são tipologias de informações cruciais para o planejamento da gestão de um dado território. Diante disso, os autores

realizaram um estudo de vulnerabilidade no município de Teixeira Freitas, no estado da Bahia. Para tanto, foram correlacionados dados de geologia, solos, declividade e ocupação e uso da terra. Para cada uma dessas classes de dados, foram atribuídos valores de 1 a 5 para a menor e maior vulnerabilidade. Como resultado, foram identificados que o município se encontra com aproximadamente 74% de seu território classificado com vulnerabilidade muito baixa a baixa e o restante classificados com média, alta a muito alta. Os autores destacam que os resultados foram de suma importância para evidenciar as vulnerabilidades do município, bem como, para indicar as áreas prioritárias para a conservação ambiental.

Tendo como área de estudo a bacia hidrográfica, Cabral *et al.* (2011) caracterizaram e avaliaram a fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Doce, no estado de Goiás. Para tanto, os autores se utilizaram de indicadores como a declividade, erodibilidade, erosividade e uso e ocupação da terra. As unidades mapeadas através da cartografia, retrataram as potencialidades físicas naturais da paisagem, com o predomínio da fragilidade baixa. No entanto, destacam os autores, que as áreas cultivadas com soja e milho apresentaram um grau de fragilidade maior quando comparados com as demais localidades, face a não haver a cobertura vegetal em todo o ciclo das culturas, sobretudo em áreas com declividades superiores a 8% de inclinação.

Se utilizando das técnicas de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica, Bacani *et al.* (2015) avaliaram a vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do Alto Rio Coxim. Os autores tiveram como objetivo, utilizando-se da lógica fuzzy, propor um modelo de ordenamento físico territorial. Como resultados, os autores identificaram um aumento significativo da vulnerabilidade ambiental associada as atividades de pecuária. Como diretrizes para o ordenamento territorial, os principais aspectos destacados pelos autores foram a inclusão de remanescentes florestais, as áreas de preservação permanente, a recuperação de áreas de uso ilegal através do reflorestamento, os incentivos à exploração agroflorestal como alternativa de uso sustentável, e por fim, estimular o rotacionamento de áreas ocupadas por agriculturas pela alternância entre agricultura e pastagens.

Utilizando de técnicas semelhantes, Fushimi (2016) avaliou a vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares em parte dos

municípios de Marabá Paulista e Presidente Epitácio, ambas no estado de São Paulo. Para tanto, a autora realizou o cruzamento das informações de relevo, declividade, solos, substrato rochoso, cobertura vegetal, curvatura da superfície terrestre e uso da terra. Os mapas foram cruzados em ambiente SIG utilizando técnica AHP, bem como, lógica fuzzy na ponderação dos pesos. Como resultados, a autora gerou um mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos, contribuindo, especialmente, na orientação de medidas preventivas e corretivas de controle à erosão por intermédio do planejamento ambiental.

De forma semelhante, Nishizima (2021) estudando a vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares no setor centro-sul do município de Mirante do Paranapanema, SP, assim como Fushimi (2016), gerou um mapa espacializando diferentes vulnerabilidades ambientais para área em estudo. Contudo, a autora se utilizou de outras variáveis para a confecção do mapa de vulnerabilidades. A sobreposição foi entre as características geomorfológicas, formas do terreno, tipos de solo, declividade, uso da terra e cobertura vegetal, temperatura da superfície e por fim o uso do NDVI. A correlação dos mesmos, permitiu a autora espacializar a vulnerabilidade ambientais aos processos erosivos. Destaca-se neste estudo, que a autora ao correlacionar o NDVI, gerou dois mapas de vulnerabilidade, sendo um para o mês de março e um para junho.

O campo de pesquisa na temática da vulnerabilidade ambiental, por considerar a ação humana como agente ativo nas formas de desestabilização do meio ambiente, permite trabalhar em diferentes escalas de análise (rurais e urbanas).

Pedro (2014), realizou um estudo de vulnerabilidade ambiental compreendendo as formas de apropriação do espaço urbano considerando a vulnerabilidades do relevo a serem ocupados. A autora teve como objeto de estudo as cidades de Presidente Prudente e Marília ambas no estado de São Paulo. Utilizando-se de indicadores naturais, sociais e econômicos, foi possível quantificar a fragilidade e a vulnerabilidade quanto as formas de ocupação nos espaços urbanos. Os principais achados que autora obteve, foram que as áreas mais vulneráveis eram ocupadas pelas classes menos favorecidas para ambas as cidades, contribuindo com os problemas ambientais urbanos.



CAPÍTULO

02

**LOCALIZAÇÃO E
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE
ESTUDO**

3. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Neste capítulo dedicado à localização da área de estudo, serão definidas a posição e a contextualização da Bacia Hidrográfica do Rio Andirá no âmbito da Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí, situada no estado do Paraná. Serão enfatizados os aspectos geográficos abrangentes que caracterizam uma área de pesquisa.

3.1 Localização

A Bacia Hidrográfica do Rio Andirá encontra-se na porção noroeste do estado do Paraná, situada no Terceiro Planalto Paranaense, conforme delineado por Maack (2012). Suas regiões abrangem de 23°33'10"S - 52°19'28"W, a jusante, até 23°24'26"S - 52°08'10"W, a montante (Figura 02).

As nascentes da bacia estão localizadas nos municípios de Presidente Castelo Branco e Mandaguaçu, ocupando uma área de aproximadamente 257 km². O curso principal estende-se por pouco mais de 35 km desde a nascente até sua foz, que deságua no Rio Ivaí. As altitudes médias na região variam de aproximadamente 268 a 597 metros nos setores mais elevados.

Figura 02-Mapa de localização da Bacia hidrográfica do rio Andirá.



Elaboração: O autor (2021).

3.2 Divisão administrativa da área de estudo

A área de pesquisa abrange quatro municípios, conforme evidenciado na Figura 03. De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), a população total desses municípios totaliza aproximadamente 38 mil habitantes (Tabela 01), o que representa menos de 0,3% da população total do estado do Paraná. Entretanto, é relevante ressaltar que a região em análise está situada nas proximidades da cidade de Maringá, a qual exerce influência espacial na dinâmica regional, desempenhando o papel de polo regional.

Figura 03 - Divisão administrativa dos municípios inseridos na área de estudo.



Elaboração: O autor (2021).

Tabela 01- Dados de população total e área dos municípios da bacia hidrográfica

Município	Área total Km²	População*	Área do município pertencente a bacia	
			Km²	%
Pres. Castelo Branco	155,734	5.395	39,281	15,25
Mandaguaçu	294,019	23.781	24,458	9,50
Ourizona	176,457	3.423	114,56	44,50
São Jorge do Ivaí	315,088	5.535	79,149	30,75

População* estimada 2021 (IBGE) Fonte: IBGE, 2021. Elaboração: O autor.

Quanto às características socioeconômicas, a região da bacia hidrográfica está inserida no processo histórico que ocorreu em todo o norte e noroeste do estado do Paraná.

O processo histórico de colonização e ocupação do território paranaense se deu em diferentes momentos e por diferentes frentes de ocupação. De acordo com Serra (2001) as frentes pioneiras que colonizaram o Paraná foram: a tradicional, a norte e a sudoeste. A frente norte, onde se encontra a área de estudo, ocorreu na segunda metade do século XIX, tendo como principais personagens os paulistas e os mineiros. A motivação para o deslocamento para as terras do norte paranaense foi, sobretudo, pela crise do café no estado de São Paulo, somada à presença dos solos férteis que favoreciam o cultivo cafeeiro nas terras do norte paranaense.

Neste processo de colonização, o estado do Paraná passa a estabelecer relações com empresas privadas que se encarregaram de realizar o processo de venda e distribuição dos lotes. A empresa que promoveu os parcelamentos das terras na região noroeste do Paraná foi a Companhia de Terras Norte do Paraná, que mais tarde em 1951 passou a se chamar Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP). O principal mecanismo para atrair os trabalhadores para a região era o potencial uso agrícola da região, sobretudo para o cultivo do café.

O modelo de distribuição de terras adotado pela CMNP priorizou a pequena propriedade, valorizando o pequeno produtor. Os lotes eram retangulares, com o lado mais extenso perpendicular ao rio ou ao declive do terreno, formando uma configuração conhecida como "espinha de peixe". As áreas mais elevadas eram destinadas ao cultivo do café, enquanto as mais baixas eram reservadas para pequenas pastagens e culturas de subsistência, como arroz, feijão e milho (SERRA, 1993).

O sucesso no modelo adotado pela CMNP se deu principalmente pelo baixo preço, condições facilitadas de pagamento, bem como, pela qualidade do solo, fatores esses que foram imprescindíveis para o sucesso do empreendimento. Até 1943, a Companhia vendera cerca de 117 mil alqueires, dez anos depois, em 1953, este número já havia mais que dobrado, foram vendidos cerca de 400 mil alqueires, com mais de 26 mil lotes agrícolas. Todo esse êxito, fez com que houvesse um crescimento populacional jamais visto no Brasil. No ano de 1940 a região contava com aproximadamente 340 mil habitantes, representando aproximadamente 27% da população total do estado do Paraná. Contudo, somente dez anos depois, a região já contava com mais de 1 milhão de habitantes, correspondendo na época a quase a metade de toda a população do estado (SERRA, 1993).

As décadas de 60 e 70, são marcadas pela queda no cultivo e produção do café. Os principais fatores que ocasionaram a queda foram o fim da marcha de colonização somado a queda no valor do preço do café. Neste momento, havia muita oferta de café no mercado, este processo resultou em uma forte crise no setor cafeeiro intensificado pela geada no ano de 1975, afetando grande parte do cultivo de café na região norte e noroeste do estado (SERRA, 2010).

Esse processo culminou na modernização do campo, com a mecanização e a substituição do cultivo do café por culturas temporárias e pastagens (MORO, 1991; FIDALSKI, 1997). Atualmente, a bacia hidrográfica do rio Andirá é predominantemente ocupada por pastagens e plantações de cana-de-açúcar a montante, e por culturas temporárias nas áreas de médio e baixo curso.

Cabe enfatizar as grandes mudanças ocorridas neste período no território do norte e noroeste do Paraná. No campo, as lavouras de café deram espaço para as culturas temporárias como soja, milho e algodão. Os pequenos produtores que não possuíam condição de se adaptar a modernização do campo foram arrendando ou vendendo suas propriedades, resultando no surgimento de grandes propriedades.

Toda essa transformação é caracterizada por profundas mudanças demográficas. O êxodo rural atingiu uma magnitude tão expressiva que, nas décadas de 70, a população do norte do Paraná registrou uma taxa negativa no crescimento populacional. Gradualmente, observou-se uma alteração na

dinâmica rural-urbana, com a redução da população rural e o crescimento notável da população urbana (MORO, 1995).

CAPÍTULO 03

PROCEDIMIENTOS METODOLÓGICOS



4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos aplicados neste trabalho foram baseados nos pressupostos apresentados por Silveira e Córdova (2009) e classificados quanto a abordagem, à natureza, aos objetivos e aos procedimentos. Compondo-se da seguinte forma:

- Quanto à abordagem: quantitativa;
- Quanto à natureza: pesquisa aplicada;
- Quanto aos objetivos: descritivo, explicativa e prognóstica;
- Quanto aos procedimentos: bibliográfica, pesquisa de campo e atividade em gabinete.

Quanto aos procedimentos específicos, a pesquisa se apoia sob a perspectiva sistêmica. Tendo como ponto de análise a inter-relação entre sociedade e natureza. A fim de avaliar e retratar as diferentes formas de associação entre os elementos físicos em conjunto com as formas de ocupação e uso da terra.

Na etapa inicial, realizou-se um levantamento bibliográfico abrangente para subsidiar e fundamentar toda a parte teórica do trabalho, aprofundando-se nos temas relevantes e correlatos à pesquisa. Para isso, foram consultados materiais já existentes, como teses, dissertações, periódicos e sites eletrônicos, fornecendo suporte aos procedimentos técnicos e operacionais.

Além disso, a pesquisa conta com a análise de diversos materiais, incluindo imagens de satélite, cartas topográficas e bases digitais disponíveis em sites eletrônicos governamentais. As cartas topográficas, adquiridas por meio do Instituto Água e Terra do Estado do Paraná (IAT), foram fundamentais como base cartográfica inicial, utilizando escalas de 1:50.000 e datadas de 1995. As cartas selecionadas para a área de estudo incluem São Jorge do Ivaí (SF-22-SYDI-3), Mandaguaçu (SF-22-SYDI-4) e Juçara (SF-22-SYD-IV-1).

Paralelamente, como fase inicial da pesquisa, foram realizados trabalhos de campo de natureza investigativa. O objetivo principal dessas atividades foi identificar da área de estudo - como características das formas de ocupação e

uso da terra, bem como os aspectos físicos e naturais (solos, relevo, hidrografia, geologia) da bacia hidrográfica.

4.1 Produtos cartográficos

As cartas de hipsometria e declividade foram confeccionadas com o auxílio do *software Qgis 2.6.1* em conjunto com o *ArcMap 10.4.1*. Tendo como base para a elaboração dos produtos cartográficos as imagens de radar *Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar (PALSAR)* obtidas através do satélite *Advanced Land Observing Satellite (ALOS)*.

Por meio das imagens de radar, em conjunto com as cartas topográficas, foi possível identificar e delimitar o contorno da bacia hidrográfica, bem como a identificação da rede de drenagem.

Para a análise da declividade, foi aplicado a ferramenta *slope* no *software ArcMap* utilizando-se da imagem de radar PALSAR. Posteriormente, foram classificados a declividade utilizando os critérios propostos por Ross (1994), classificando a declividade em porcentagem e subdividindo-as em classes de 0 a 3%, 6 a 12%, 12 a 20% e de 20 a 30%. As cores utilizadas estabeleceram a seguinte relação: cores mais frias, menor declividade e cores mais quentes, maior declividade.

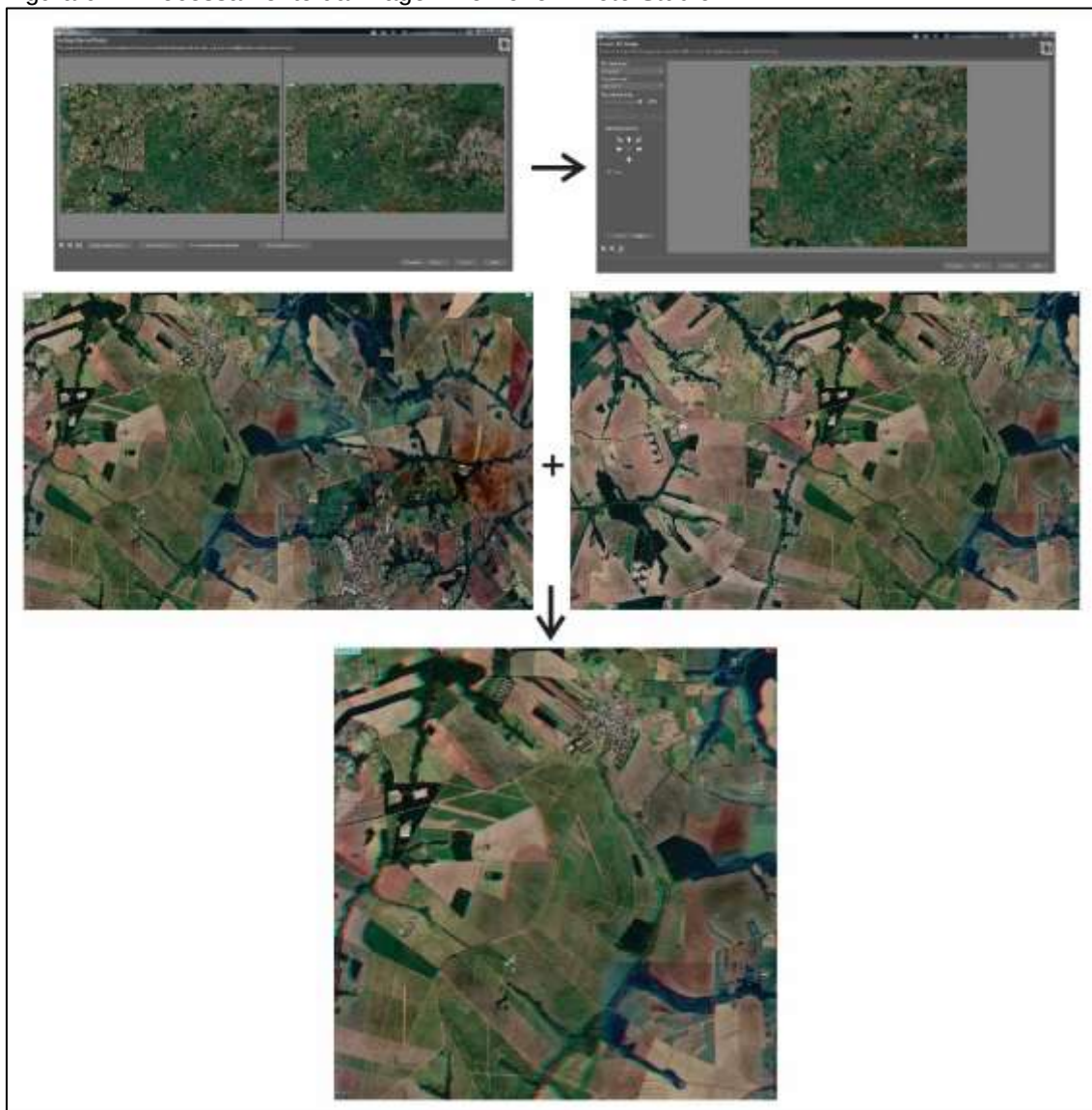
Assim como na carta de declividade, para a produção da hipsometria, também foi utilizado a imagem de radar PALSAR e foram classificadas as cotas altimétricas em classes que variaram a cada 100 metros. O uso das cores, seguiu o mesmo padrão com cores mais frias para menores altitudes a cores mais quentes para maiores altitudes.

O mapa correspondente as formas do terreno, foi elaborado a partir dos dados derivados do MDE proveniente da imagem de radar SRTM do *Topodata*. Por meio do MDE foi realizado a classificação das formas do terreno em feições convexas, côncavas e planas. As curvas de nível foram extraídas do MDE e serviram como auxílio para traçar a linha cumeada, identificando os interflúvios da bacia hidrográfica.

Com o objetivo de melhor caracterizar o relevo da bacia hidrográfica do rio Andirá, foi realizado o mapeamento geomorfológico, delimitando as feições geomorfológicas. Para a obtenção desse dado, foi realizado o processamento

da imagem do *Google Earth Pro* no software *Zoner Photo Studio X*. O processamento se deu na montagem do par estereoscópica pelo método anaglifo (Figura 04).

Figura 04 - Processamento da imagem no *Zoner Photo Studio X*.



Elaboração: O autor

Após montagem do par estereoscópico, a imagem foi exportada e georreferenciada no software *ArcMap*, onde foram extraídos e vetorizados as feições geomorfológicas com o auxílio do óculos 3D.

A confecção do mapa de solos da área de estudo, teve como ponto de partida os dados de geologia disponibilizados pelo site eletrônico do IAT em conjunto com os mapeamentos já existentes fornecidos pela EMBRAPA (2008) disponibilizados em (.shp). Com esses mapeamentos em mão, fora realizado um

trabalho de campo a fim de reconhecer os tipos de solos, assim como identificar e averiguar a espacialização dos mesmos. Deste modo, com as informações já existentes e as coletadas em campo, foi realizado um esboço pedológico da bacia hidrográfica utilizando o *software ArcMap*.

O mapa de distribuição da precipitação média anual da região, também foi realizado através do *ArcMap* utilizando-se da ferramenta de interpolação *IDW*. Os dados para interpolação foram obtidos através do *site* eletrônico da Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, fornecidos pelo Sistema de Informações Hidrológicas (SIH). Os valores de pluviosidade foram coletados referentes aos municípios: São Jorge do Ivaí, Cianorte, Floraí, Nova Esperança, Maringá e Ourizona. O período de coleta fora do ano de 2000 a 2020.

Os procedimentos metodológicos para a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra, se deu por meio do uso da abordagem *Geographic Object-Based Image Analysis* (GEOBIA), (BLASCHKE *et al.*, 2014).

A imagem utilizada para a classificação foi obtida do satélite CBERS 4a, com passagem em 29/05/2020 baixadas no *site* do Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE). A classificação da imagem foi realizada em ambiente *eCognition Developer® 64*, de modo supervisionado, compondo-se de três momentos: (1) segmentação da imagem com uso do algoritmo *segmentation > multiresolution segmetation*; (2) coleta de amostras em *select samples*, baseado nos objetos geográficos; (3) classificação da imagem pós-coleta com uso do algoritmo *basic classification > classification*. Após a realização destas etapas foram observados, em campo, os erros da classificação com relação ao mundo real, afim de refinar a acurácia do mapeamento. Posteriormente, os resultados foram exportados em formato *shapefile*, classificados e agrupados para confecção do produto cartográfico final (mapa de uso e cobertura da terra). Este último passo foi realizado com uso do *software ArcMap 10.4.1*.

As classes encontradas foram (Figura 4): áreas urbanas, culturas temporárias, cultura permanente, silvicultura, pastagens e vegetação densa. Segundo o Manual de Uso da Terra IBGE (2013), as classes acima elencadas apresentam como principal características:

- Áreas urbanas: áreas correspondentes às cidades ou onde predominam superfícies artificiais não agrícolas;

- Cultivos permanentes: representados por áreas onde ocorre o cultivo de plantas com ciclo vegetativo de longa duração;
- Cultivos temporários: representados por áreas onde ocorrem os cultivos com curto ciclo vegetativo ou de média duração;
- Silvicultura: áreas representadas pelo trato e cultivo florestais, estruturando e conservando as florestas como fornecedoras de matéria-prima;
- Pastagens: áreas destinadas ao pastoreio do gado, constituídas de plantas forrageiras perenes;
- Vegetação densa/mata ciliar: áreas correspondentes as formações originais e formações secundárias.

Para a área de estudo, as classes acima destacadas são caracterizadas pelos seguintes elementos: áreas urbanas (pelos municípios de São Jorge do Ivaí, Mandaguaçu, Ourizona, e Presidente Castelo Branco); cultivos permanentes (representados pelas áreas com o cultivo de citricultura; cultivos temporários (subdivididas em cultivos temporários de soja, milho e cana-de-açúcar); silvicultura (áreas com o cultivo de eucaliptos); pastagens (áreas com forrageiras com e sem a presença da criação de gado); vegetação densa/mata ciliar (representados pelas áreas com maior densidade de vegetação localizadas nos fundos de vale, margeando os canais hídricos da bacia e nos setores com a presença do relevo mais dissecado associado aos Neossolos Litólicos.

Para a análise da mudança nas formas de uso e ocupação da terra para a bacia hidrográfica do rio Andirá, foram utilizados os mapeamentos existentes disponibilizados pelo projeto MapBiomas, Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil, em conjunto com o SATVeg. O SATVeg é uma ferramenta desenvolvida pela EMBRAPA INFORMÁTICA, baseada na web para visualização de índices de vegetação através do sensor MODIS para a América do Sul. O SATVeg tem contribuído com sucesso como uma ferramenta para geração rápida de perfis de vegetação em uma interface eficaz e intuitiva. O sistema tem sido utilizado em um conjunto de atividades, como a avaliação da biomassa da cultura, inspeção de perdas agrícolas para apoio a seguros, detecção de desmatamento, monitoramento de áreas nativas protegidas, entre outros (ESQUERDO *et al.* 2020).

Figura 05 - Amostras de ocupação e uso da terra na Bacia Hidrográfica do rio Andirá, Pr.

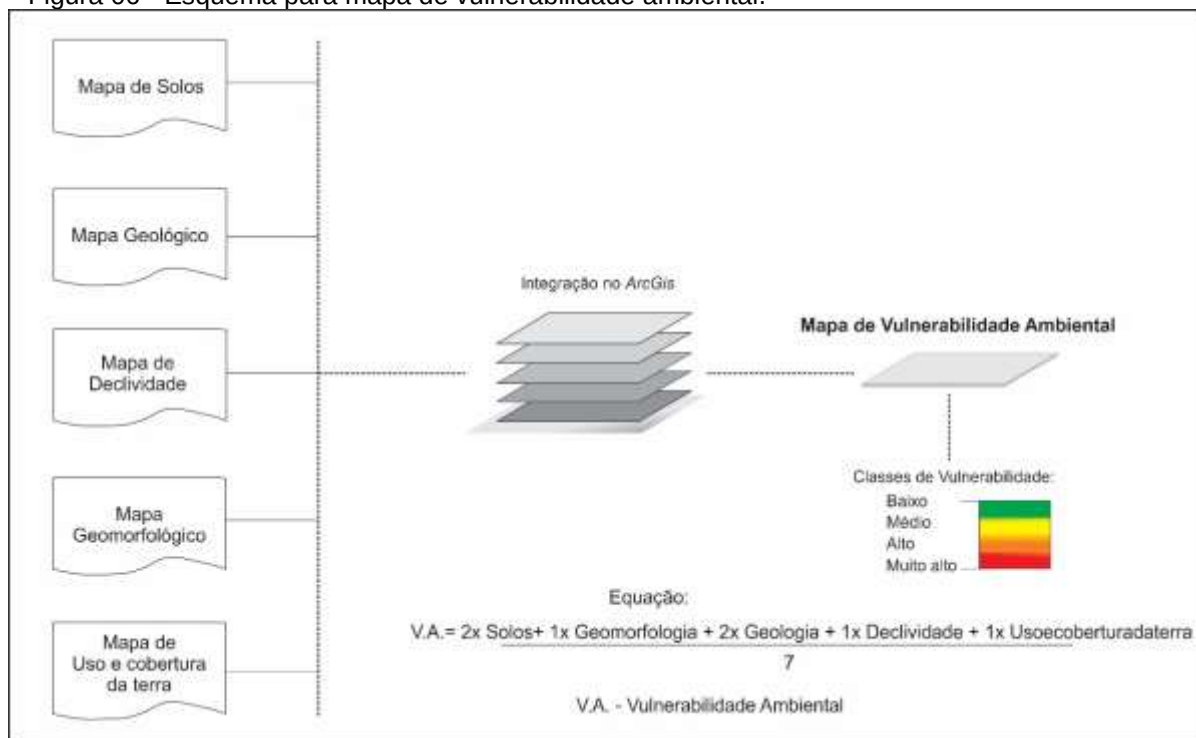


Elaboração: O autor (2021). Fonte: Google Earth.

4.1.1. Cálculo e enquadramento dos pesos e categorias da vulnerabilidade ambiental e a elaboração do Mapa de Unidades Geoambientais.

Para a determinação do mapa de vulnerabilidade ambiental para a bacia hidrográfica do rio Andirá, optou-se pela correlação em ambiente *SIG* dos elementos de solos, geologia, declividade, geomorfologia e uso e ocupação da terra (Figura 06). A atribuição dos pesos nas variáveis elencadas, tiveram como ponto de partida: a literatura de trabalhos semelhantes tanto na região em estudo como na temática de vulnerabilidades; a discussão e argumentação com o orientador; e por fim foram as condições observadas em campo, tanto as condições naturais de cada elemento elencado, como as condições na dimensão social, considerando as possíveis alterações decorrentes das práticas e manejos empregado.

Figura 06 - Esquema para mapa de vulnerabilidade ambiental.



Elaboração: O autor (2022).

Os pesos atribuídos as classes de solos, foram de acordo ao grau de susceptibilidade, considerando sua estrutura e agregação das partículas areia, silte e argila e bem como a posição na vertente (Figura 06):

- Neossolos Litólicos: Foi atribuído peso 4 (Muito Alto) por apresentar baixa profundidade e ser pouco desenvolvido; solo associado a fortes declividades;
- Latossolo Vermelho Textura Argilosa: Foi atribuído peso 1 (baixo) por serem considerados solos bem desenvolvidos, profundos, com boa drenagem e por estarem localizados nos topos dos interflúvios; esta classe de solo ocorre sob a Formação Serra Geral;
- Latossolo Vermelho Textura Média: Para esta classe de solo, foi atribuído peso 2 (médio). São solos provenientes da Formação Caiuá, localizados nos topos dos interflúvios, porém com maior fração de areia quando comparado com os solos provenientes da Formação Serra Geral;
- Nitossolo Vermelho Textura Argilosa: Os Nitossolos foram classificados com peso 1 (baixo); são solos bem desenvolvidos,

bem drenados, localizados na média vertente com o uso predominante de culturas temporárias (soja/milho);

- Argissolo Vermelho Textura Arenosa/Média: Os Argissolos da área de estudo foram classificados com peso 3 (alto) por serem solos mais friáveis e mais susceptíveis aos processos erosivos; destaca-se também a diferença textural entre os horizontes E e Bt, que quando abrupta, aumentam os riscos a desestabilização do solo.

Os pesos concedidos geomorfologia, foram considerando as formas da vertente. Desta forma, classificou-se as formas do relevo em três classes: plana (peso 1), divergentes (peso 2) e convergentes (peso 3). As formas convergentes foram classificadas como alto por apresentarem a convergência do fluxo hídrico.

Os critérios utilizados para as formações geológicas, consideram suas características de formação, bem como o resultado de sua decomposição, acarretando solos e formas do relevo distintos;

- Formação Serra Geral: As áreas com a presença da Formação Serra Geral, foram classificadas com peso 1 (baixo);
- Formação Caiuá: Para os arenitos da Formação Caiuá, foram atribuídos peso 3 (alto), por constituir-se em uma rocha mais friável, originando solos mais suscetíveis aos processos erosivos;
- Sedimentos inconsolidados: Classificou-se com peso 4 (muito alto) por serem formações recentes associados a planícies de inundação em áreas de várzea dos canais hídricos; são áreas altamente vulneráveis.

Cabe destacar, que as áreas identificadas através do mapeamento geológicos como Sedimentos Inconsolidados, referem-se áreas com planície de inundação. Para essas, foi considerado o maior peso na escala da vulnerabilidade devido à restrição e a fragilidade em se ocupar esses locais.

Quanto a declividade, os critérios utilizados foram considerando o grau de inclinação da vertente, as áreas com declividade até 06% foram classificadas com baixa vulnerabilidade (peso 1) de 06 a 12% (peso 2), 12 a 20% (peso 3) e

as áreas com declividades superiores a 20% foram classificadas com peso 4 (muito alto).

Por fim, quanto aos pesos atribuídos ao uso e cobertura da terra, foram hierarquizados em graus de vulnerabilidade de 1 a 3 de acordo ao grau de proteção. Foi considerado o tipo de cultura, bem como o manejo empregado, contribuindo ou não com a degradação do solo. As áreas urbanas, devido à escala de análise, foram classificadas em “*no data*” não sendo consideradas no mapeamento de vulnerabilidade ambiental em função da escala de análise.

Para a confecção do mapa de unidades geoambientais, considerou-se a correlação e análise de todas as bases cartográficas produzidas, somado com o mapa de vulnerabilidade ambiental. Deste modo, sua elaboração partiu da análise dos principais elementos e características considerando as homogeneidades presente ao longo da bacia hidrográfica.

Figura 07 - Enquadramento das categorias e pesos da vulnerabilidade ambiental

Solos	Peso
Neossolo Litólico	4  Muito alto
Latossolo vermelho Textura argilosa	1  Baixo
Latossolo vermelho Textura média	2  Médio
Nitossolo vermelho Textura argilosa	1  Baixo
Argissolo vermelho Textura média/arenosa	3  Alto
Declividade	Peso
> 20%	4  Muito alto
12 a 20 %	3  Alto
06 a 12 %	2  Médio
03 a 06 %	1  Baixo
< 03 %	1  Baixo
Geomorfologia	Peso
Convergentes	3  Alto
Planas	1  Baixo
Divergentes	2  Médio
Geologia	Peso
Sedimentos inconsolidados	4  Muito alto
Formação Caiuá (arenitos)	3  Alto
Formação Serra Geral (basaltos)	1  Baixo
Uso e cobertura da terra	Peso
Urbano	0  no data
Cultura permanente	1  Baixo
Cultura temporária - cana-de-açúcar	3  Alto
Cultura temporária - soja/milho	2  Médio
Silvicultura	2  Médio
Pastagens	3  Alto
Mata/ vegetação densa	1  Baixo

Elaboração: O autor (2022).

4.2. Perfil Geoecológico

Os perfis geoecológicos apresentam-se como ferramentas para representar a estrutura da paisagem sob a perspectiva horizontal e vertical, sendo possível compreender e correlacionar os diversos elementos que compõem a paisagem. Conforme delineado por Troppmair (1989), citado por Levighin e Viadana (2002), os perfis geoecológicos são uma técnica utilizada para representar elementos bióticos e abióticos da paisagem. De forma geral, são caracterizados por transectos transversais, distribuídos de forma sequencial ou não sobre determinada área de interesse, viabilizando uma interpretação integrada dos elementos que compõem a paisagem.

4.3 Análise Física dos solos.

As análises físicas foram realizadas seguindo o Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA,1997). As análises foram realizadas no Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solo da Faculdade de Ciência e Tecnologia – FCT, Campus de Presidente Prudente. Para o ensaio de granulometria, foram coletadas amostras em duas profundidades, sendo de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm. Para os ensaios de densidade de partículas, foram coletadas amostras indeformadas nos cilindros nas profundidades de 10 cm e de 30 cm.

4.3.1 Granulometria

Para a determinação da granulometria, foram pesados 10g. de solo já destorroado, terra fina seca ao ar (TFSA) e colocado num Erlenmeyer, onde foi adicionado 20 ml de água destilada com a ajuda de uma proveta de 25 ml e, em seguida adicionado 10 ml da solução de hidróxido de sódio (NaOH) com auxílio de uma pipeta. Posteriormente o material foi transferido para a mesa agitadora por seis horas visando desagregar os diferentes grãos que compõem o solo. Em seguida o material foi transferido para uma peneira com abertura de 0,053 mm numa proveta de 1000 ml com um auxílio de um funil. Toda a fração de areia ficou retida na peneira, onde foram posteriormente secas na estufa e pesadas, obtendo assim, o percentual de areia total.

As provetas contendo argila e silte são colocados num tanque com água, para manter uma uniformidade térmica. Para a determinação da argila e silte foi empregado a Lei de Stokes, considerando o tempo de sedimentação das frações conforme a temperatura no ambiente aferida. Após a agitação da proveta, a pipetagem iniciou com o intervalo de 2 minutos entre uma amostra e outra. Posteriormente, num béquer seco e de peso conhecido, foi deixado secar em estufa por 24 h a 105 °C, sendo aferido o peso dos béquers da primeira e segunda pipetagem com as amostras.

4.3.2 Densidade do solo

A coleta do solo para a determinação da densidade do solo foi realizada pelo método do anel volumétrico. Os anéis foram coletados em duas profundidades (10 cm e 30 cm). As amostras coletadas foram levadas em estufa a 105 °C por 24 horas, e posteriormente levadas ao dessecador para serem em seguidas pesadas.

Para a obtenção dos valores de densidade o cálculo foi pela divisão da massa seca pelo volume do anel ($D_s = a/v$) sendo: D_s : densidade do solo g.cm^3 , a : peso da amostra seca, v : volume do cilindro.

4.3.3 Resistência a penetração

A resistência a penetração foi aferida em campo utilizando o penetrômetro de bolso. A unidade de medida do penetrômetro de bolso é expressa em Kg/cm^2 . Para a pesquisa, foram aferidas a resistência em duas profundidades 0 a 10 cm e de 20 a 40 cm.

4.3.4 Condutividade hidráulica

Para a determinação da condutividade hidráulica saturada do solo (K_{fs}) em campo, foi utilizado o Permeâmetro de Guelph. O ensaio consiste na abertura do solo utilizando-se do trado holandês, onde foi introduzido o tubo do permeâmetro (Figura 8). Para a realização do ensaio é aplicado uma carga de

água constante (h) no solo, medindo o intervalo de tempo do decaimento da coluna de d'água no permeâmetro à medida que vai infiltrando no solo.

Figura 08 - Determinação da condutividade em campo



Fonte: O autor.

A Leitura da queda de água no permeâmetro é realizada em duas alturas H_1 em 5 cm e posteriormente em 10 cm H_2 . Em ambas alturas, as medições são realizadas até ser identificado uma constante de três medições da queda d'água no intervalo de tempo conhecido. Após este procedimento, calcula-se a condutividade hidráulica saturada do solo em campo (K_f).

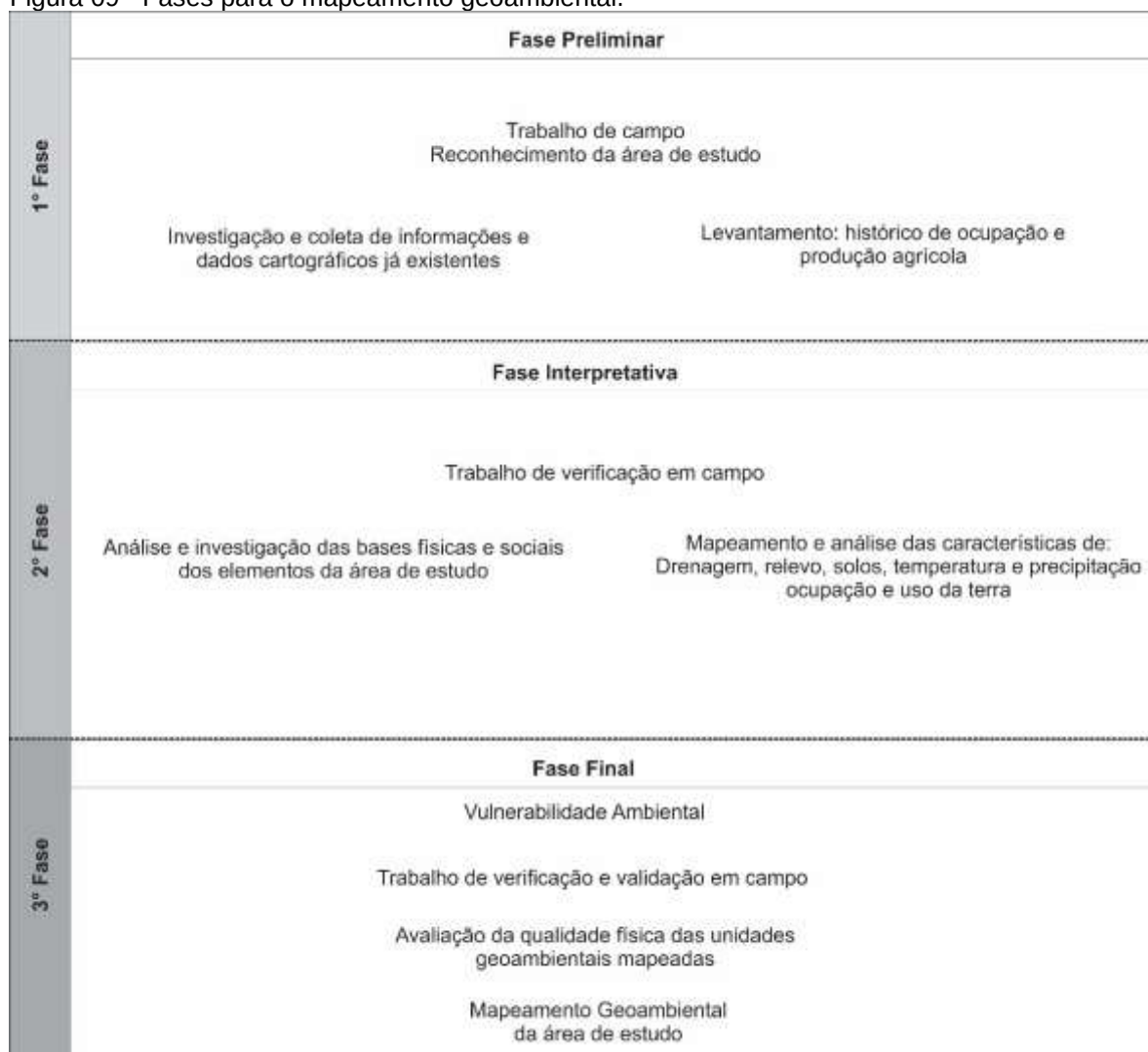
Segundo Cruz (1996) os valores do coeficiente de permeabilidade para cada tipo de solos (permeáveis e não permeáveis) são expressos no quadro 01.

Quadro 01- Valores de permeabilidade.

Permeabilidade		Tipo de solo	K (cm/s)
Solos Permeáveis	Alta	Pedregulhos	$> 10^{-3}$
	Alta	Areia	10^{-3} a 10^{-5}
	Baixa	Silte e Argila	10^{-5} a 10^{-7}
Solos Impermeáveis	Muito baixa	Argila	10^{-7} a 10^{-9}
	Baixíssima	Argila	$< 10^{-9}$

Fonte: Cruz (1996).

Figura 09 - Fases para o mapeamento geoambiental.

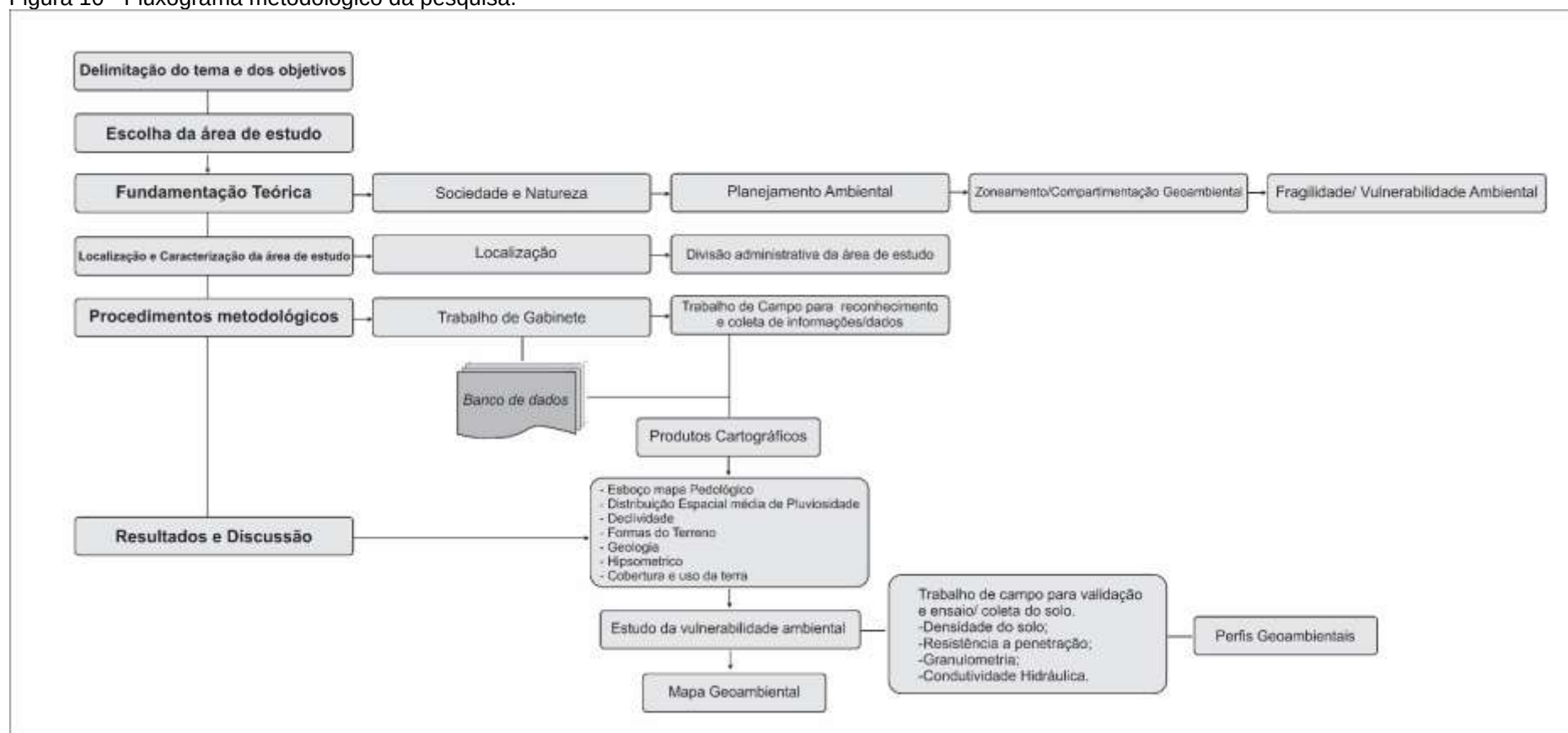


Elaboração: O autor.

A figura acima, representa as três fases para a identificação e o mapeamento geoambiental da pesquisa. Uma primeira fase, denominada “fase preliminar”, compreende a investigação das bases de documentos pré-existentes, juntamente com o reconhecimento de campo da área de estudo. Na segunda fase, ocorre a interpretação, análise e mapeamento das informações coletadas tanto em campo quanto das bases já existentes.

Por fim, uma terceira fase, denominada de “fase final”, envolve o estudo da vulnerabilidade ambiental; a avaliação da qualidade ambiental nas áreas mapeadas e a elaboração do mapeamento geoambiental da área de estudo, identificando as principais características e particularidades de cada unidade. A Figura 10 apresenta em formato de fluxograma, a sequência das etapas percorridas até a obtenção do produto final desta tese.

Figura 10 - Fluxograma metodológico da pesquisa.



Elaboração: O autor (2022).



CAPÍTULO

04

RESULTADOS E DISCUSSÕES

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da bacia hidrográfica do rio Andirá, partiu da integração dos resultados obtidos nesta etapa da pesquisa, sendo possível através da análise integrada dos elementos da paisagem, bem como o estudo da vulnerabilidade ambiental, a delimitação de unidade geoambientais. Como parte deste processo, foram descritos inicialmente os elementos naturais e antrópicos presentes na bacia hidrográfica e, posteriormente, o estudo da vulnerabilidade ambiental. Tendo por fim a apresentação de unidades geoambientais da bacia hidrográfica do rio Andirá.

5.1 Análise do relevo

A bacia hidrográfica do rio Andirá drena em uma área aproximada de 258 km². A altitude média encontrada na área de estudo foi de 448 metros, com cota máxima em 610 metros nas partes mais elevadas, e 255 metros nas partes baixas (sendo a foz do rio). As maiores cotas foram encontradas nas cabeceiras de drenagem, nos municípios de Mandaguaçu e Castelo Branco (Figura 11).

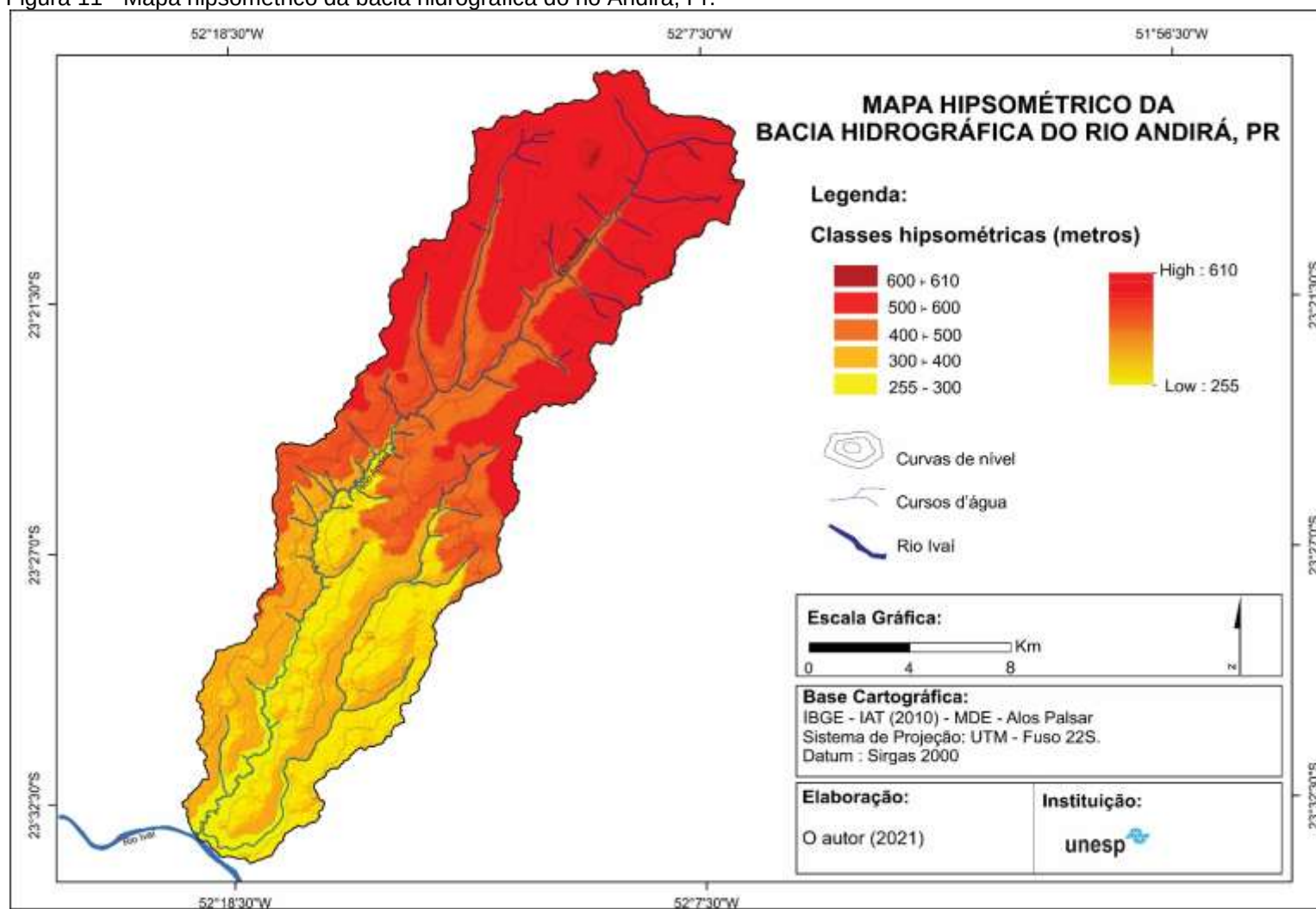
Um importante atributo para a análise do relevo são os dados de declividades. Eles representam, geralmente, em porcentagem, a inclinação do relevo, e podem, assim, auxiliar e subsidiar estudos de planejamento ambiental, sobretudo os relacionados aos processos erosivos, tendo em vista a relação entre as áreas mais declivosas com as áreas mais suscetíveis a ocorrência dos processos erosivos (Figura 12). Para bacia hidrográfica em estudo foram encontrados valores de 0% até 58% para as áreas mais dissecadas, com declividade média de 7%. Foi observado um padrão geral de declividade ao longo da área de estudo, destacando-se algumas áreas com maior declividade em comparação com outras localidades (Tabela 02).

Tabela 02 - Classes de declividade da bacia hidrográfica do rio Andirá, Pr.

Classes de Declividade		
Classes	Área km ²	%
< 3%	28,71	11,15
3- 6%	90,12	35,01
6-12%	109,95	42,72
12-20%	25,31	9,83
>20%	3,3	1,28

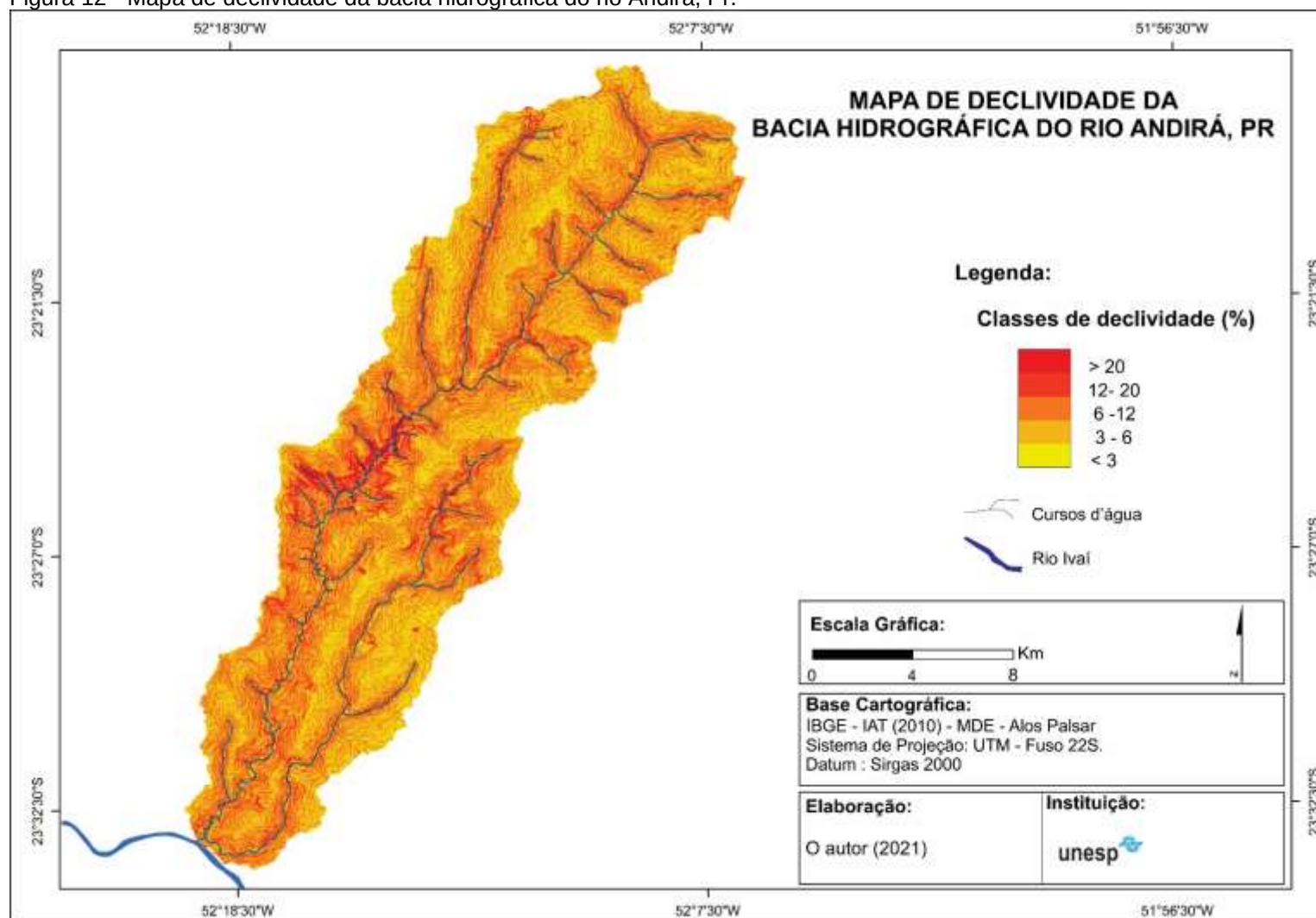
Elaboração: O autor (2021).

Figura 11 - Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Andirá, Pr.



Elaboração: O autor (2021).

Figura 12 - Mapa de declividade da bacia hidrográfica do rio Andirá, Pr.



Elaboração: O autor (2021).

Os setores correspondentes as cabeceiras de drenagem do rio Andirá, foram as localidades que apresentaram os maiores valores de declividade, variando de 12 a >20%. Nestes setores, o relevo possui como característica vertentes com menor comprimento e convexas, com os canais hídricos geralmente de primeira ordem. As áreas onde apresentaram valores de declividade de 6 a 12%, estão associadas a um relevo menos declivoso, com vertentes com maior comprimento, quando comparado as áreas mais dissecadas. Para a área de estudo, esta classe de declividade (6 a 12%), são situadas nos setores de média a baixa vertente.

Por sua vez, as áreas onde apresentaram declividades de 0 a 6%, foram as áreas correspondentes as partes planas, nos topos das colinas e interflúvios, bem como, nas localidades associadas as planícies de inundação do rio Andirá. As vertentes possuem maior extensão e o relevo apresenta-se com baixa ou nenhuma dissecação.

O mapa das formas do terreno (Figura 13), possibilita compreender um pouco dos relevos da bacia hidrográfica. Foram identificadas as formas das vertentes e classificadas em convergentes, plana e divergente. Estas formas, estão correlacionadas, sobretudo, com o escoamento superficial da água. As vertentes com a forma divergente, tendem a divergir o fluxo da água que escoam sobre a vertente, contudo, de forma oposta, as vertentes com forma convergente, tendem a concentrar o fluxo de água que escoam em superfície. Este dado apresenta-se de suma importância nos estudos de vulnerabilidade aos processos erosivos, tendo em vista que, as áreas que tendem a concentrar o fluxo hídrico, estarão mais suscetíveis a ocorrência dos processos erosivos.

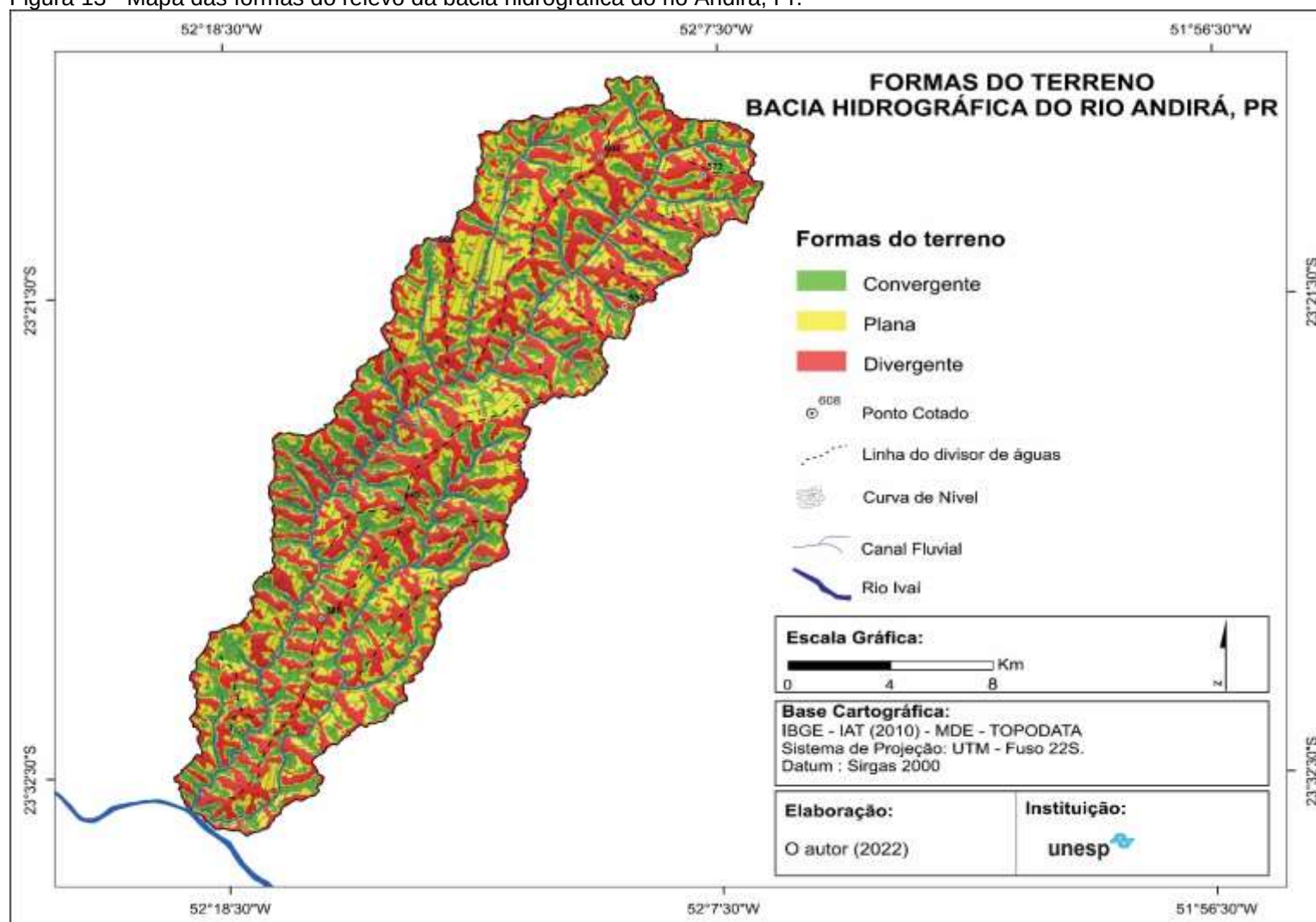
Para a área da bacia hidrográfica do rio Andirá, observou-se uma prevalência de formas de vertentes no padrão divergente (Tabela 03), ocupando um pouco mais de 40% da área total, seguido de 30,83% para as formas planas. As áreas com forma convergente ocupam aproximadamente 28% da área total.

Tabela 03 - Área e percentual das formas do terreno da bacia hidrográfica.

Formas do Terreno		
Classes	Área Km²	%
Convergente	73,55	28,58
Plana	79,33	30,83
Divergente	104,43	40,59

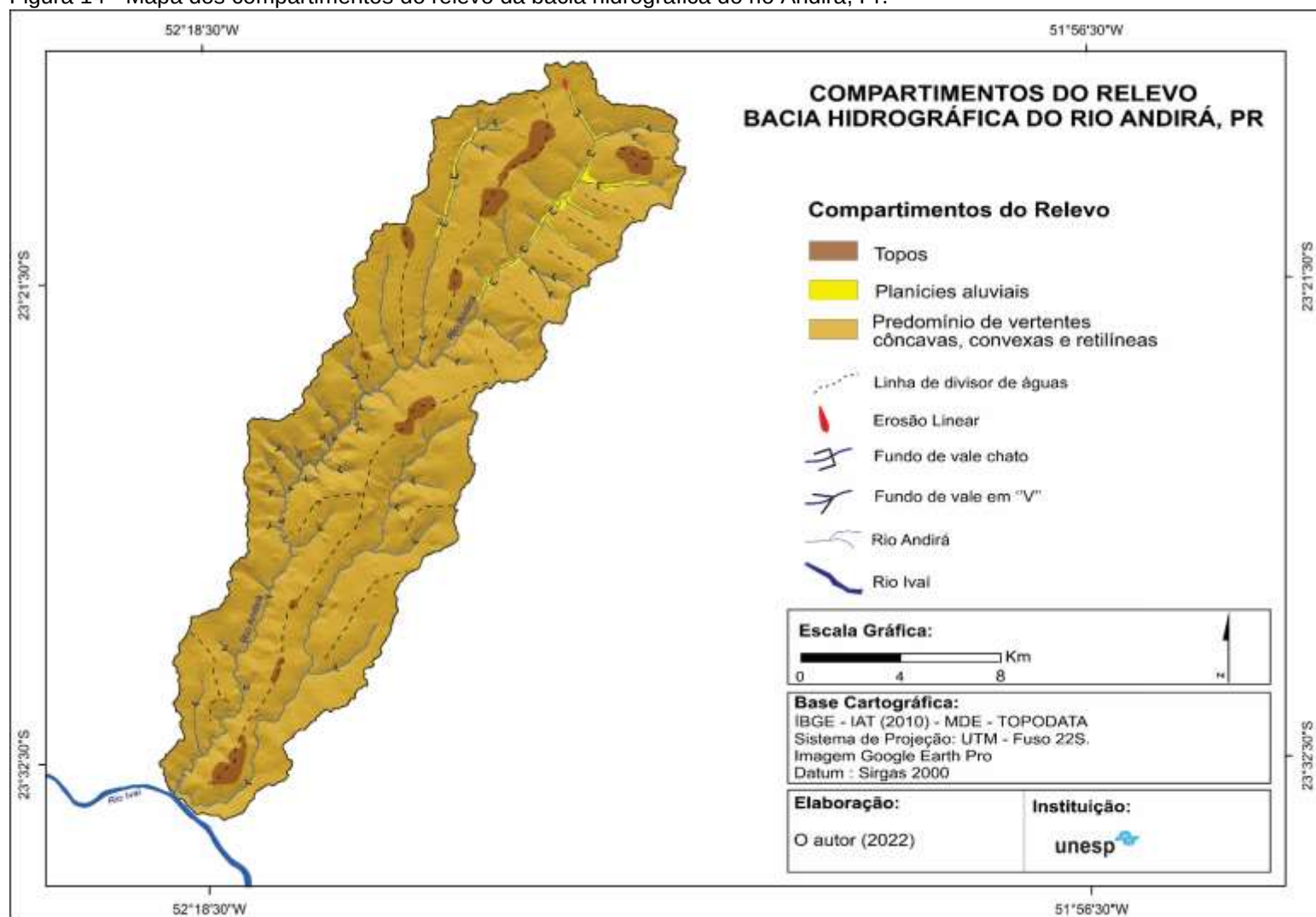
Elaboração: O autor (2022).

Figura 13 - Mapa das formas do relevo da bacia hidrográfica do rio Andirá, Pr.



Elaboração: O autor (2022).

Figura 14 - Mapa dos compartimentos do relevo da bacia hidrográfica do rio Andirá, Pr.



Elaboração: O autor (2022).

As áreas com as formas de vertentes divergentes, foram identificadas sobretudo nos topos e interflúvios. As formas planas foram localizadas no setor médio das vertentes, geralmente entre as formas divergentes e convergentes. Por sua vez, as formas com o padrão convergentes, foram localizadas já no terço final das vertentes próximos aos fundos de vale. Contudo, é possível observar no setor a noroeste, a predominância de formas de vertente plana.

A fim de melhor caracterizar a geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Andirá, foi realizada a classificação do relevo em compartimentos geomorfológicos (Figura 14). Para a área de estudo, a bacia foi classificada em três compartimentos do relevo: topos; predomínio de vertentes; e planícies aluviais.

Os topos são caracterizados pela presença de relevos aplainados com colinas amplas suavemente onduladas. Predomínio de solos bem desenvolvidos e profundos, geralmente associados aos Latossolos de textura média na porção do Arenito Caiuá, e dos Latossolos de textura argilosa no médio e baixo setor da bacia hidrográfica sob os basaltos da Formação Serra Geral.

Os domínios das vertentes (côncavas, convexas e retilíneas) estão associados aos Latossolos e Argissolos de textura média sob a Formação Caiuá e de Latossolos de textura argilosa e Nitossolos nas porções da Formação Serra Geral. Próximo à área urbana do município de São Jorge do Ivaí, tem-se a presença de alguns afloramentos rochosos associados aos Neossolos Litólicos.

O compartimento de planícies aluviais, foram mapeadas sobretudo nos setores sob a Formação do Arenito Caiuá. Embora não mapeado, em função da escala, geralmente essas planícies estão associadas aos Neossolos do tipo hidromórficos e Gleissolos. Estes solos, pertencem ao grupo dos solos hidromórficos, e possuem características bem distintas quando comparados as demais classes de solos da área de estudo. Uma característica que se destaca nesses solos são a presença de horizontes mosqueados, em função da oscilação do nível do lençol freático. Para os Neossolos, destaca-se a presença de camadas no perfil solo, e não de horizontes. Estas camadas, estão associadas aos diferentes níveis de sedimentação provenientes de sucessivos períodos de cheias do rio.

Observou-se, nos fundos de vale, a presença de vales encaixados em forma de “v” nos setores correspondentes a Formação da Serra Geral, e por sua

vez, nos setores a montante, sob os arenitos da Formação Caiuá, a presença de vales mais chatos em forma de “u”.

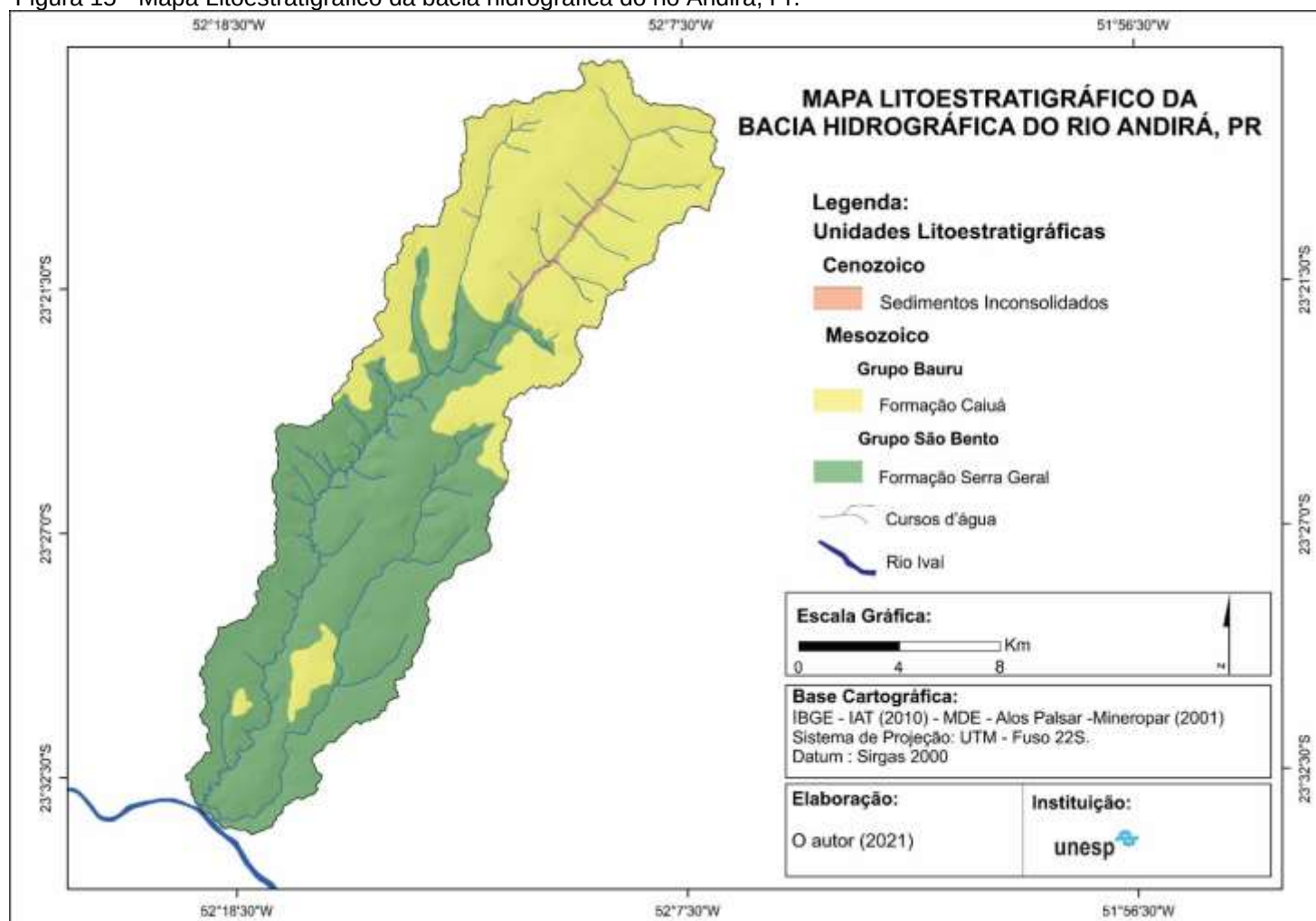
5.2 Análise do substrato rochoso e da cobertura pedológica

O substrato rochoso configura-se como um importante fator no processo de formação dos solos. A bacia do rio Andirá está localizada sob uma área de contato entre duas formações, a Formação Caiuá a montante (Grupo Bauru) e Formação Serra Geral no médio e baixo curso (Figura 15), do Grupo São Bento. As formações geológicas possuem características bem diferentes entre si.

A Formação Caiuá, ao norte da bacia hidrográfica, está assentada (sobrepota) aos basaltos da Formação Serra Geral. Ela é constituída por arenitos vermelhos - arroxeados, geralmente friáveis. Caracteriza-se por estruturas sedimentares que foram sendo depositadas em algum momento em condições fluviais, e em outros em razão do vento. As fácies ligadas aos ambientes com sedimentação eólica, são nomeadas como Fácies Porto Rico e as geneticamente ligadas a ambientes fluviais são as Fácies Mamborê (THOMAZ, 1984; JABUR; SANTOS, 1984).

Jabur e Santos (1984) salientam que topograficamente, o relevo nessas áreas apresenta-se por colinas suavemente onduladas e geralmente pouco declivosas. Os autores destacam a fragilidade da sedimentação que, somado ao brusco desmatamento, levaram a uma série de processos erosivos. A Formação Serra Geral, é decorrente da maior atividade vulcânica por fissura sobre a superfície terrestre. Esta formação está sobreposta ao Arenito Botucatu. Tem-se como principal rocha magmática, a formação dos basaltos, originando solos férteis, ricos em ferro e bem desenvolvidos (THOMAZ, 1984).

Figura 15 - Mapa Litoestratigráfico da bacia hidrográfica do rio Andirá, Pr.



Elaboração: O autor (2021).

Os solos derivados da Formação Caiuá, são caracterizados por apresentarem perfis com solos de textura média a arenosa. As principais classes de solos encontrados desta formação foram os Latossolos Vermelho de textura média (alta da vertente) e os Argissolos Vermelho de textura média a arenosa (média para baixa vertente).

As classes de solos oriundas da Formação Serra Geral, são caracterizadas pela presença de um maior valor de argila quando comparados aos outros solos, apresentando uma coloração “avermelhada”. São solos com melhor agregação e bem estruturados com relação aos solos de textura média. As classes encontradas foram os Latossolos Vermelhos textura argilosa (alta da vertente), Nitossolo Vermelho textura argilosa (média vertente) e os Neossolos Litólicos/ Regolíticos (áreas dissecadas) (Figura 16).

Tabela 04 - Área e percentual das classes de solos da bacia hidrográfica.

Classes de solos		
Classes	Área Km²	%
Neossolo Litólico	4,78	1,86
Latossolo Textura Média	73,46	28,54
Latossolo Textura Argilosa	45,51	17,68
Nitossolo Vermelho	94,57	36,74
Argissolo Vermelho	39,11	15,19

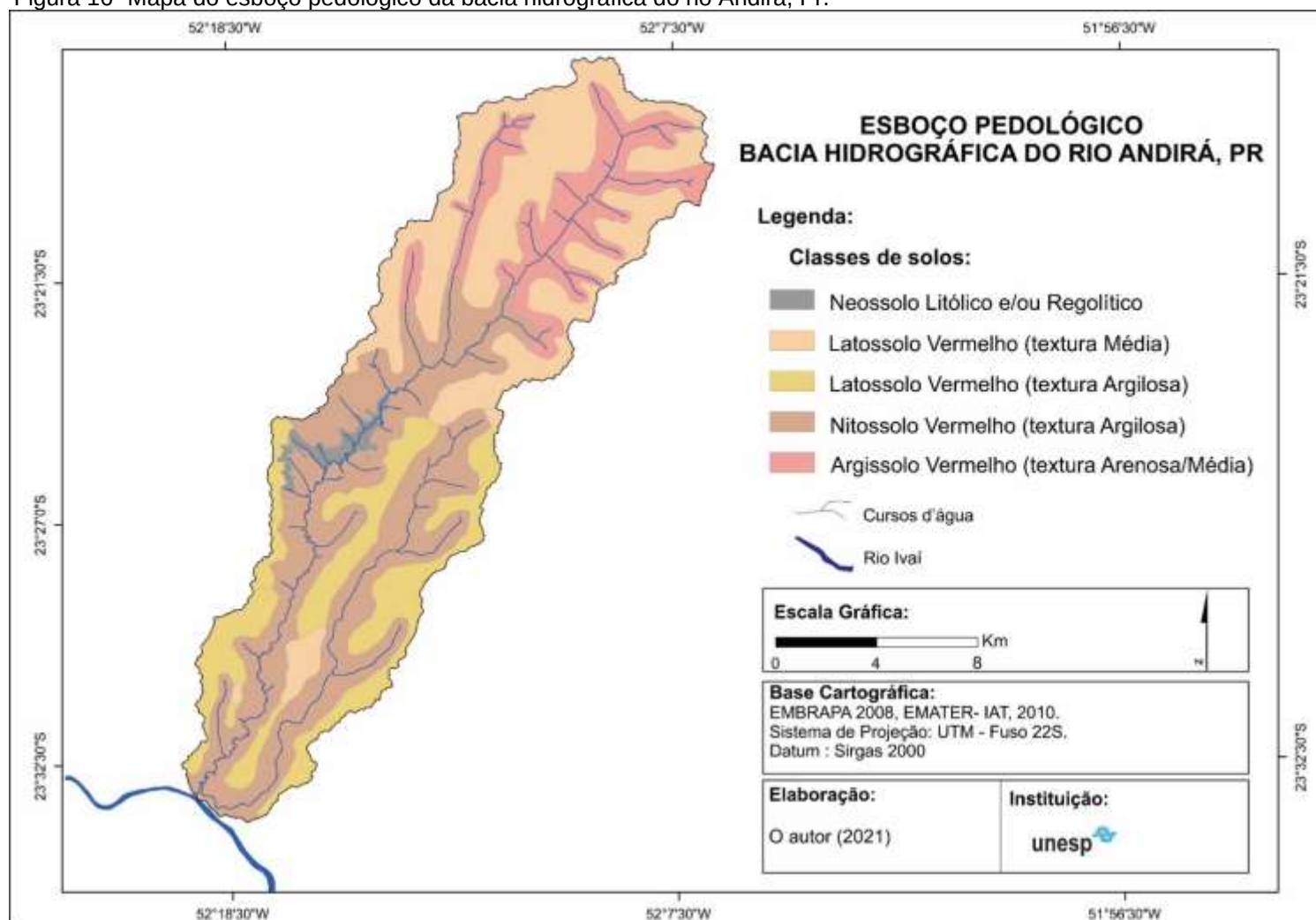
Elaboração: O autor (2021).

Os Latossolos são considerados solos “em avançado estágio de intemperização”, possuem excelente permeabilidade, com exceções aos Latossolos com presença do horizonte com características dos Gleissolos. São solos profundos, e bem desenvolvidos, com baixa diferenciação textural entre os horizontes (EMBRAPA, 2018).

Os perfis mais típicos de Latossolos segundo Lepsch (2011) apresentam horizonte A pouco espesso e com transição difusa ou gradual para o horizonte B latossólico, que geralmente caracteriza-se por ser muito espesso (>2 metros) com consistências friável e bem poroso.

De acordo com Ker (1997), os Latossolos, de forma dominante, tendem a ocupar áreas com relevo plano ou suavemente ondulado, com declividades de 0 a 6%. São excelentes solos que utilizam da agricultura tecnificada, com destaque para a soja, milho, trigo e café.

Figura 16- Mapa do esboço pedológico da bacia hidrográfica do rio Andirá, Pr.



Elaboração: O autor (2021).

Os Nitossolos são caracterizados pela presença do horizonte diagnóstico B nítico, com textura argilosa ou muito argilosa. Possuem estruturas em blocos angulares a subangulares ou prismática, com grau moderado a forte, apresentando cerosidade entre os blocos (EMBRAPA, 2018).

Quanto a profundidade, os Nitossolos são medianamente profundos, com baixa diferenciação textural nos horizontes subsuperficiais. Na nomenclatura antiga, os Nitossolos eram chamados de Terra Roxa Estruturada. São amplamente encontrados na Bacia Sedimentar do rio Paraná. Constituem-se em uma classe de solo que possui grande significado agrônomo. Os Nitossolos, com alta saturação por bases, são frequentemente referidos como um dos solos mais produtivos e férteis da região tropical úmida. Assim como os Latossolos, eles se comportam bem com a agricultura tecnificada. Para a área de estudo, destacam-se os cultivos temporários de soja e milho (LEPSCH, 2011).

Quanto aos Argissolos, são solos com profundidade variável, superiores a 2 metros. Apresentam como principal característica a presença do horizonte Bt denominado B textural. O horizonte Bt é considerado um horizonte de acúmulo de argila, se encontra imediatamente abaixo do horizonte E (horizonte de perda). Esse incremento de argila entre os horizontes E e Bt é usualmente clara, abrupta ou gradual (EMBRAPA, 2018).

Os Argissolos, depois dos Latossolos, constituem a ordem mais extensa no Brasil. O relevo associado à sua formação é também muito variável, podendo ser do montanhoso ao suave ondulado. Quando presente próximo aos Latossolos, costumam localizar-se nos setores mais declivosos (LEPSCH, 2011). Na bacia hidrográfica do rio Andirá, os Argissolos foram encontrados sobretudo nas médias vertentes, com declividades médias de 6 a 12 %.

A diferença textural, por muitas vezes abrupta entre os horizontes, resultam na alteração dos valores de infiltração da água em subsuperfície. Quando o escoamento subsuperficial que migra do horizonte E para o Bt ocorre, acarreta na diminuição na taxa de infiltração, este processo é determinante para a ocorrência dos processos erosivos. Em estudo realizado por Carvalho (1994) analisando o grau de suscetibilidade dos solos no noroeste do Paraná, os Argissolos foram classificados com suscetibilidade moderada a forte.

Por fim, os Neossolos Litólicos são definidos por serem “solos constituídos por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não

apresentando nenhum tipo de horizonte diagnostico B” (EMBRAPA, 2018, p. 127).

Pertencem ainda:

[...] a esta classe solos com horizonte A ou horizonte hístico com menos de 20 cm de espessura seguidos de camada(s) com 90% ou mais (expresso em volume) de fragmentos de rocha ou do material de origem, independentemente de sua resistência ao intemperismo (EMBRAPA, 2018, p. 127).

Os Neossolos Litólicos são encontrados por todo o Brasil, geralmente associado a áreas com fortes declividades com relevos íngremes e dissecados. Muitas são as limitações para seu uso agrícola, em razão do encontro de rocha a pouca profundidade e da frequente pedregosidade (LEPSCH, 2011).

Para o recorte da área de estudo, os Neossolos encontram-se justamente nas áreas mais dissecadas da bacia hidrográfica, próximo à área urbana de São Jorge do Ivaí. Nessa localidade, o predomínio de uso da terra é de pastagens e mata, devido ao impedimento do desenvolvimento agrícola tecnificado. Os Neossolos Litólicos também estão associados as áreas de fundo de vale, próximo aos cursos hídricos. Porém, em função da escala de mapeamento, geralmente essas manchas não se encontram presentes nos mapeamentos e esboços pedológicos.

5.3 Análise climática

Quanto as condições climáticas presentes na área de estudo, a bacia hidrográfica do rio Andirá caracteriza-se pelo clima subtropical úmido mesotérmico. No clima subtropical tem-se a presença das quatro estações bem definidas, marcado pela queda nos valores médios de temperatura e precipitação. Isso se deve principalmente pela baixa atuação da massa equatorial continental nos meses do inverno somado a atuação mais intensa sobre a parte sul e sudeste da massa polar atlântica, sobretudo na região sul do Brasil.

O tipo climático para a bacia hidrográfica, segundo classificação de Koppen (1948), corresponde ao Cfa, com verões bem definidos e temperaturas

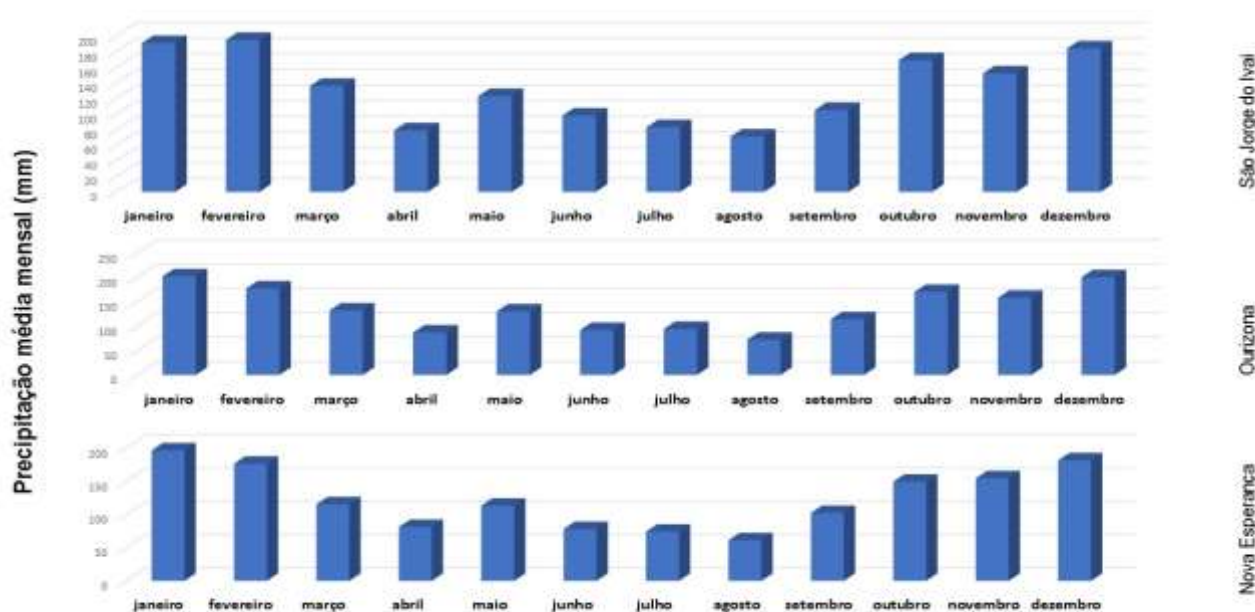
médias no mês mais quente superior a 22 °C. Os verões são marcados geralmente pela queda nos valores de precipitação.

Por meio da análise espacial dos valores médios de pluviosidade (Figura 17 e 18), identificou-se que a precipitação média anual para o período de 2000 a 2020 variaram de 1560 mm a 1643 mm. O maior valor médio de precipitação encontrado foi para o município de Ourizona, na porção leste da bacia hidrográfica. Observou-se que os valores tendem a diminuir de leste para oeste, apresentando os menores valores a porção correspondente ao município de Castelo Branco com valores médios de 1560 a 1588 mm.

Tendo em vista o tamanho da bacia, não se observou alguma relação da distribuição da pluviosidade com o relevo. Por meio dos valores médios mensais de precipitação nas estações climatológicas de Ourizona, São Jorge do Ivaí e Nova Esperança, identificou-se o aumento da precipitação nas estações da primavera e verão com valores médios de 150 mm a 200 mm.

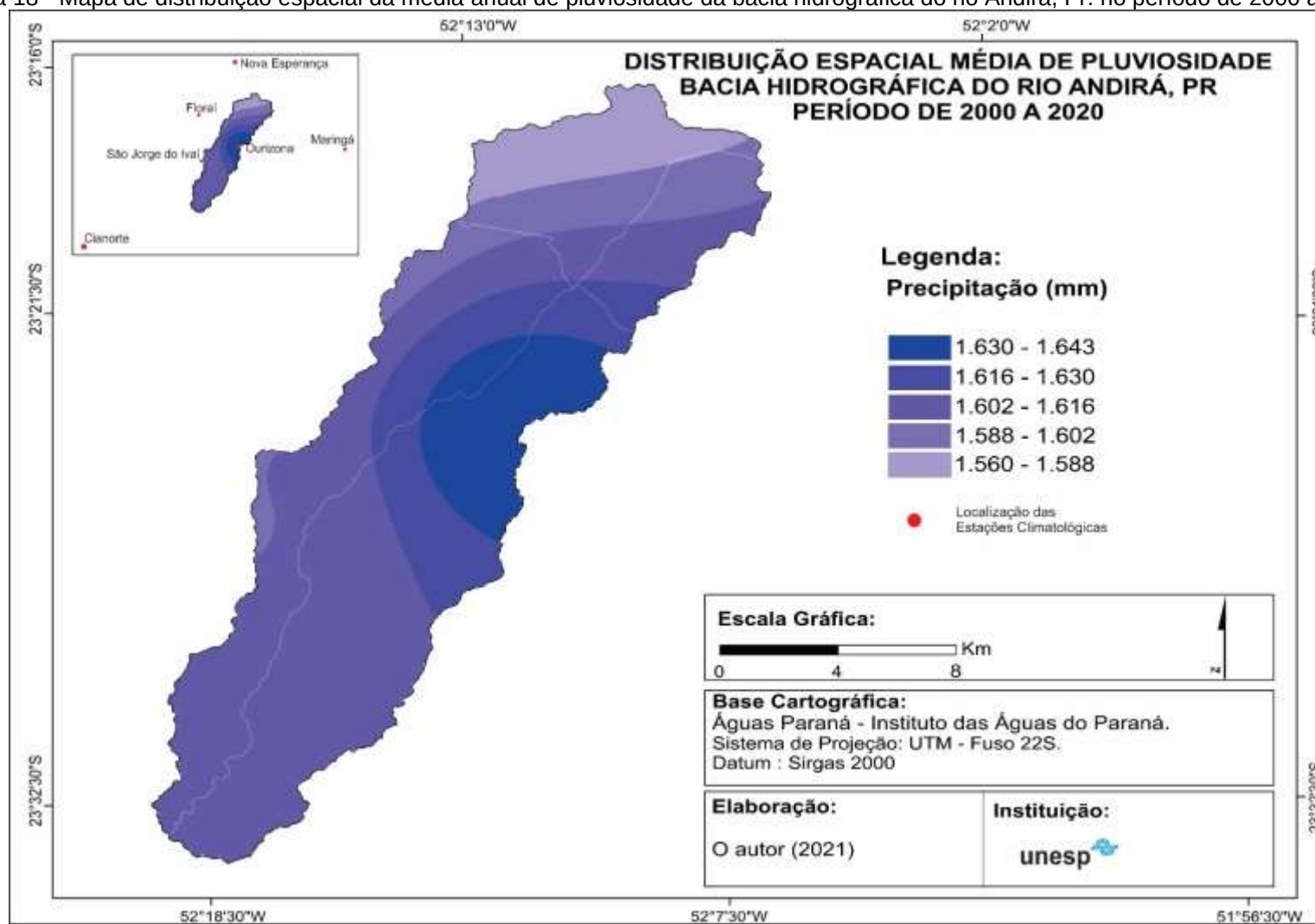
Por sua vez, os períodos correspondentes às estações do outono e inverno, apresentaram um padrão mais seco, com a queda nos valores de chuva. Os valores oscilaram de 50 mm a 150 mm em média. Para o período analisado, os meses mais secos foram os de julho e abril, e os meses com os maiores valores de precipitação foram os de dezembro e janeiro.

Figura 17 - Precipitação média mensal dos Municípios de São Jorge do Ivaí, Ourizona e de Nova Esperança de 2000 a 2020.



Fonte: Águas Paraná. Elaboração: O autor (2021).

Figura 18 - Mapa de distribuição espacial da média anual de pluviosidade da bacia hidrográfica do rio Andirá, Pr. no período de 2000 a 2020.

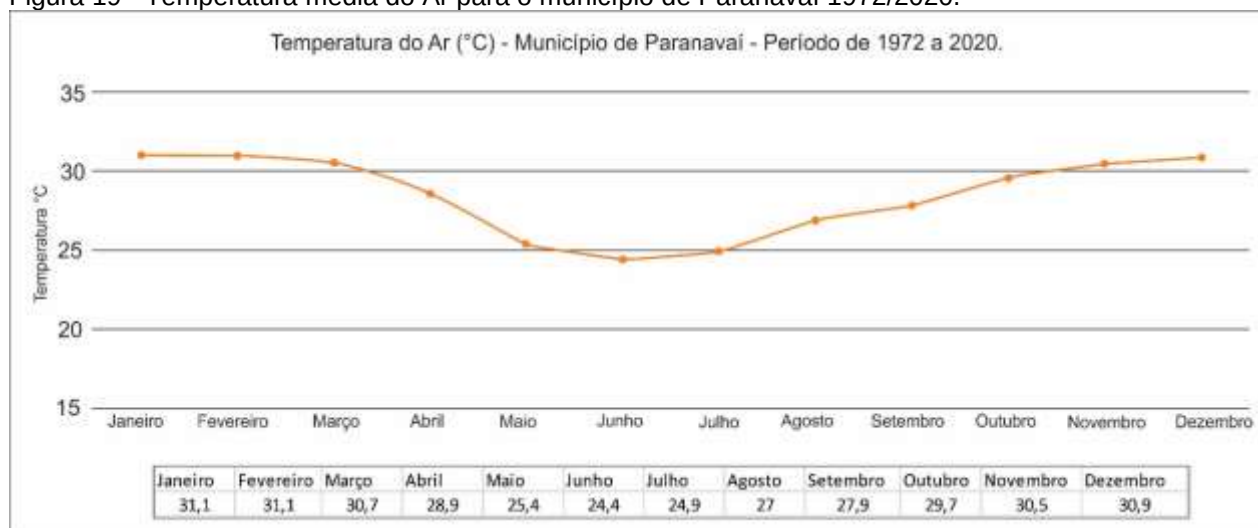


Elaboração: O autor (2021).

Segundo os dados de temperatura das estações meteorológicas de municípios próximos (Cianorte e Paranavaí), o valor médio encontrado foi de 28,6 °C (IAPAR-EMATER,2021). Os valores médios de temperatura correlacionam-se com os valores médios de precipitação, bem como com as estações do ano para o clima subtropical. Os maiores valores corresponderam às estações verão e primavera, e os menores valores aos períodos de outono e inverno. O trimestre com temperaturas mais baixas da série histórica foi para os meses de maio, junho e julho (Figura 19).

Como já abordado anteriormente, esses meses com menores temperaturas, estão associados a maior frequência da ação da massa polar atlântica, com atuação mais observada no final do outono e no inverno, sobretudo na região sul do Brasil.

Figura 19 - Temperatura média do Ar para o município de Paranavaí 1972/2020.



Fonte: IAPAR-EMATER,2021. Elaboração: O autor (2021).

A região da área de estudo, por estar na transição de uma zona tropical e subtropical, o climograma se assemelha com as características dos climas tropical e subtropical, com a precipitação bem distribuídas ao longo do ano, porém com uma ligeira queda nos meses correspondente ao final de outono e inverno.

5.4 Análise da ocupação e uso da terra e das atividades econômicas

As diferentes características de ordem física da paisagem e sua inter-relação, proporcionam um conjunto diverso de cenários com recursos naturais que vão ser incorporados pela sociedade de diferentes formas. Para tanto, a carta de ocupação e uso da terra apresenta-se como uma importante ferramenta para a análise destas diferentes possibilidades e formas de ocupação e uso da terra, tendo como objeto a identificação do uso e sua localização.

Observou-se, através da carta de ocupação e uso da terra, um certo padrão das formas de uso com os tipos solos. De acordo com a Figura 20, em conjunto com os trabalhos de campo, foi possível identificar sete classes de ocupação e uso da terra. A Tabela 05 apresenta em porcentagem cada uso encontrado na bacia hidrográfica.

Tabela 05 - Classes de ocupação e uso da terra

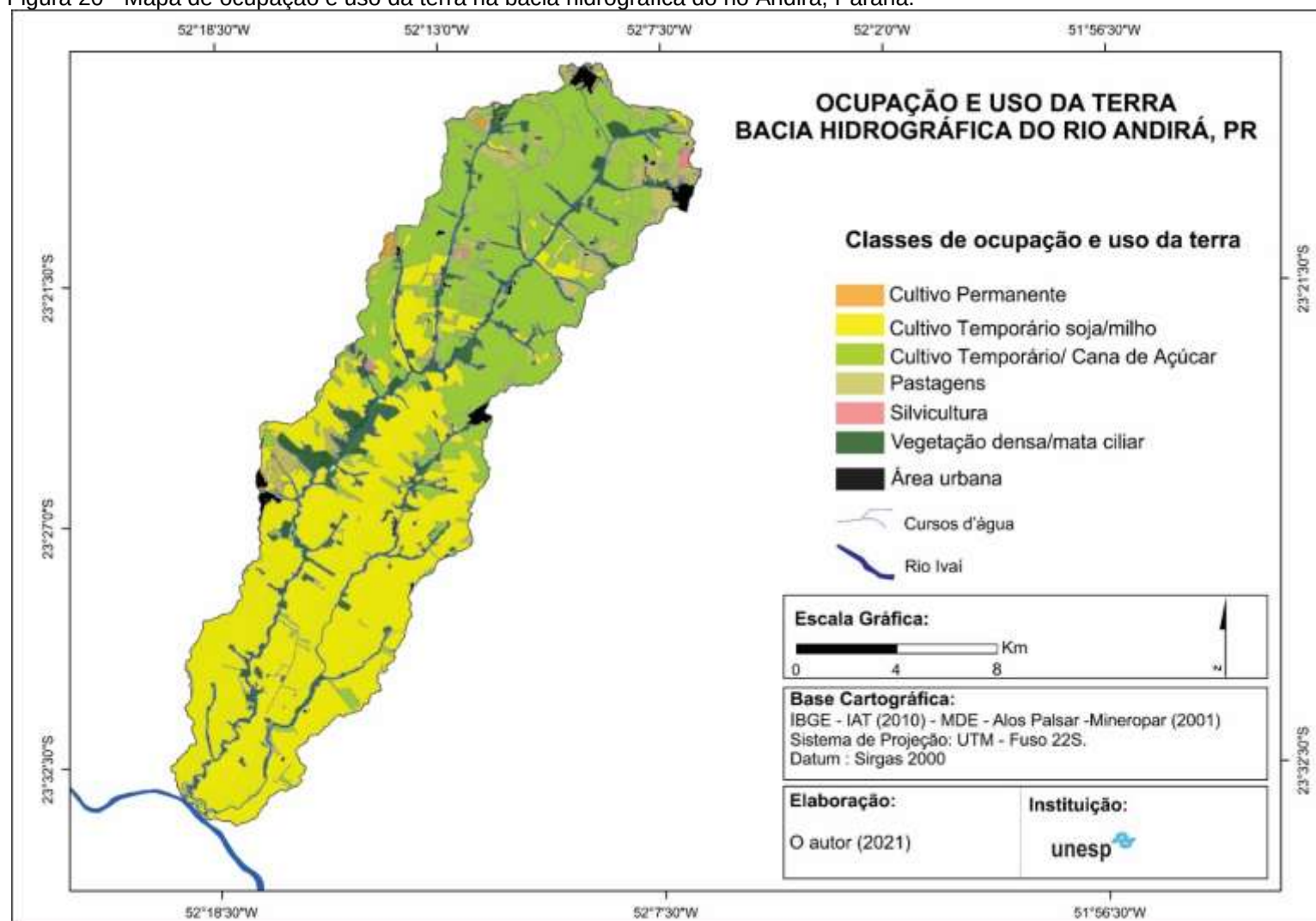
Classes de ocupação e uso da terra		
Classes	km ²	%
Área urbana	4,87	1,89
Cultura Permanente	0,89	0,35
Cultura Temporária Cana de Açúcar	88,62	34,42
Cultura Temporária Soja/Milho	121,16	47,06
Silvicultura	0,78	0,30
Pastagem	12,16	4,72
Vegetação densa	28,9	11,23

Elaboração: O autor (2021).

O uso predominante encontrado foi o de cultura temporária Soja/Milho, com aproximadamente 47% da área total da bacia hidrográfica. As áreas com soja ou milho foram encontradas sob os derrames básicos da Formação Serra Geral, na presença dos solos de textura argilosa. O uso de cultura temporária, com o cultivo da cana-de-açúcar, foram o segundo com maior extensão, com aproximadamente 34% da bacia.

As áreas destinadas ao uso das pastagens corresponderam cerca de 12% da área total. O uso de pastagens para a criação de gado de corte é muito frequente na região noroeste do estado, onde se encontram os solos com textura média. Isso ocorre, com frequência, pela característica do solo, apresentando uma baixa fertilidade natural associados a elevada suscetibilidade aos processos erosivos.

Figura 20 - Mapa de ocupação e uso da terra na bacia hidrográfica do rio Andirá, Paraná.



Elaboração: O autor (2021).

Os usos com cultura permanente não são frequentes na área de estudo, representaram menos de 1% na bacia. O uso permanente encontrado foram os cultivos de laranja, muito comum em solos arenosos na região noroeste do Paraná, sobretudo próximo ao Município de Paranaíba. Os cultivos de Silviculturas são representados pelos talhões de eucalipto, ocupando menos de 0,5% a área de estudo.

Com aproximadamente 11% de distribuição pela bacia, o uso de vegetação densa e/ou mata ciliar, estão associados aos fragmentos de matas, normalmente relacionadas as áreas mais dissecadas, que dificultam ou impossibilitam a mecanização agrícola, bem como o desenvolvimento de outras atividades agrícolas. Esta classe, é também representada pelas vegetações de mata ciliar, encontradas nos fundos de vale, margeando os cursos hídricos.

Os elementos físicos que compõem a paisagem são, portanto, determinantes para as formas como o homem irá se apropriar do mesmo. Assim sendo, por meio do mapa de uso e ocupação da terra, ficou evidente a relação entre as áreas onde apresentaram as lavouras temporárias, como soja e milho sobre as áreas de basalto, e as áreas com uso de pastagens e cana-de-açúcar sobre os arenitos da Formação Caiuá.

Portanto, os diferentes substratos rochosos e formas de relevo, irão originar diferentes tipos de solos, com características distintas, condicionando e modificando as formas de ocupação e uso da terra. Desta forma, os solos por serem produtos do intemperismo de diferentes rochas, apresentam, por sua vez distintas aptidões agrícolas, resultando na variação do preço da terra, conforme o potencial de produção do solo e a possibilidade de mecanização.

A Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, em conjunto com o Departamento de Economia Rural, realizam todos os anos um levantamento do preço médio da terra em reais por hectare. O Quadro 02 apresenta os preços médios por hectare para o ano de 2021 dos municípios da área de estudo.

Quadro 02 - Preços médios de terras agrícolas em Reais por Hectare para o ano de 2021, Paraná.

Município	Classes de aptidão de uso							Tipo da Terra
	A -I	A- II	A-III	A- IV	B-VI	B-II	C-VIII	
Presidente Castelo Branco		81.400	61.600	51.300	36.900		10.500	arenosa/mista
Mandaguaçu	109.600	89.200	70.400	57.800	36.900	30.400	12.800	arenosa/mista/roxa
Ourizona	123.400	101.300	79.500	65.400	43.900	31.800	12.900	roxa/mista
São Jorge do Ivaí	123.400	101.300	79.500	65.400	43.900	31.800	12.900	roxa/mista

Legenda: Quanto menor o algarismo romano, mais intensivo pode ser o uso, e quando maior mais restrito. Letras A (passíveis de uso agrícola intensivo), B (de uso silvipastoril), C (servidão florestal),
Elaboração: O autor (2022).

Ao comparar os valores por hectare dos solos nos municípios, evidencia-se a relação da aptidão agrícola do solo com seu valor econômico do preço da terra. Para efeito de comparação, em São Jorge do Ivaí e Ourizona, onde os solos são formados em sua maioria pela alteração do basalto (solos de textura argilosa), encontraram-se os maiores valores no preço do hectare quando comparado com Presidente Castelo Branco (solos textura média a arenosa) e Mandaguaçu.

Deste modo, fica evidente a condição entre o uso e ocupação da terra e o valor médio por hectare com as características físicas que cada município apresenta, percebendo uma valorização do preço da terra na porção sul da bacia hidrográfica.

Além das classes identificadas pela análise e interpretação da imagem de satélite, a Secretaria de Agricultura e Abastecimento apresenta anualmente um relatório com o valor bruto da produção agrícola rural da produção nos municípios paranaenses. Neste documento é possível identificar a presença de outras atividades econômicas na área de estudo, bem como o papel de cada atividade no valor total da produção rural dos municípios (Figura 21).

De forma geral, as atividades econômicas correlacionam-se com o mapa de uso e ocupação da terra para a bacia hidrográfica do rio Andirá. Para Presidente Castelo Branco e Mandaguaçu, inseridos sob a Formação Caiuá, observou-se um percentual significativo na produção do frango de corte e pintinho recria. Por sua vez, valores referentes aos cultivos temporários apresentam os menores valores para estes municípios. Contudo, para São Jorge do Ivaí e Ourizona, onde os solos são mais férteis, o percentual da produção

rural se destaca sobretudo com os cultivos temporários de soja e milho, constituindo mais de 50% do valor relativo da produção rural.

Figura 21 - Porcentagem da produção rural em 2020.

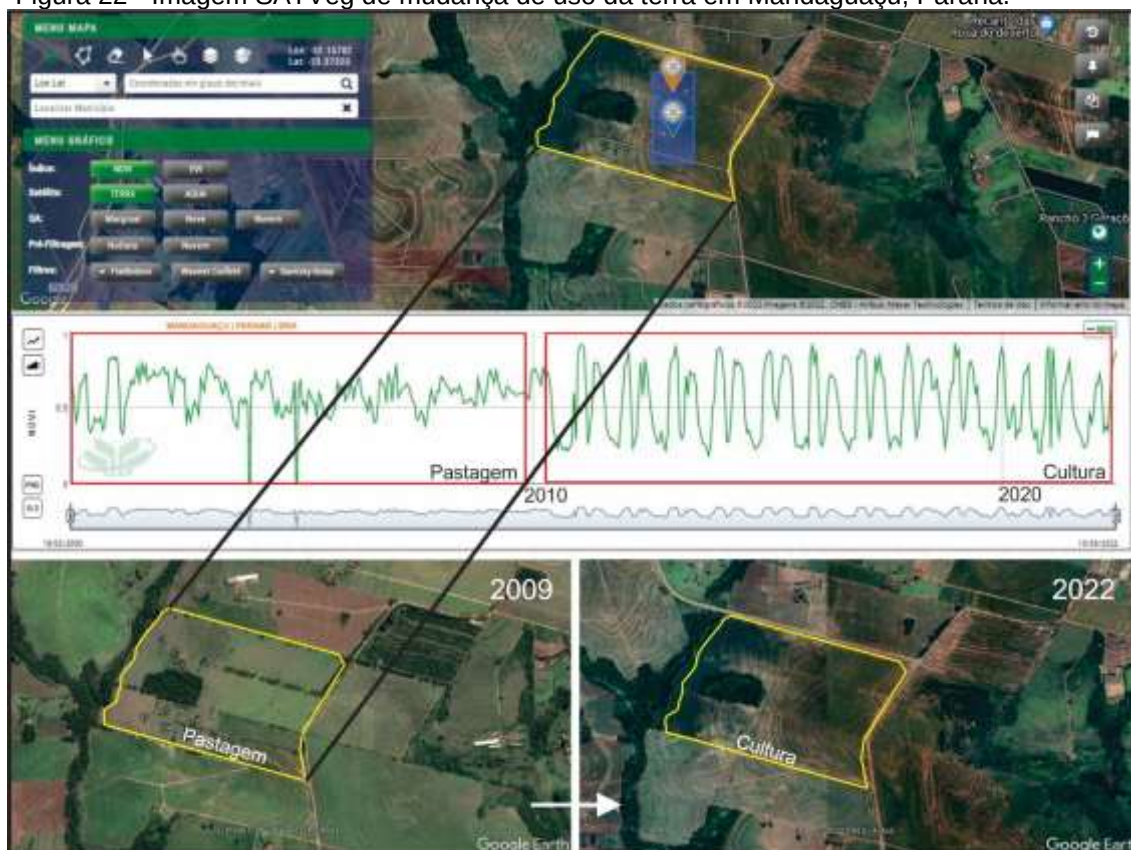
Valor Relativo da Produção Rural em 2020		
Município	Produto	%
Presidente Castelo Branco	Frango de corte	34
	Pintinho recria	24
	Cana de açúcar	13
	Ovo de Galinha	07
	Soja	05
	Outros	17
Mandaguaçu	Frango de corte	45
	Soja	15
	Milho	12
	Ovo de Galinha	05
	Cana de açúcar	10
	Outros	13
Ourizona	Soja	46
	Milho	36
	Frango de corte	15
	Cana de açúcar	03
	Outros	03
São Jorge do Ivaí	Frango de corte	36
	Milho	31
	Soja	29
	Cana de açúcar	01
	Outros	03

Fonte: SEAB (2020). Elaboração: O autor (2022).

Deste modo, fica evidente a relação do tipo de solo, valor da terra, formas de uso e ocupação e a contribuição de cada uso no valor relativo da produção na área de estudo.

Cabe destacar que as formas de uso e ocupação da terra, passaram ao longo das décadas por intensas transformações no norte e noroeste do Paraná. Para o recorte da área de estudo não fora diferente. As Figuras 22, 23 e 24 ilustram essas transformações ao longo dos anos.

Figura 22 - Imagem SATVeg de mudança de uso da terra em Mandaguaçu, Paraná.



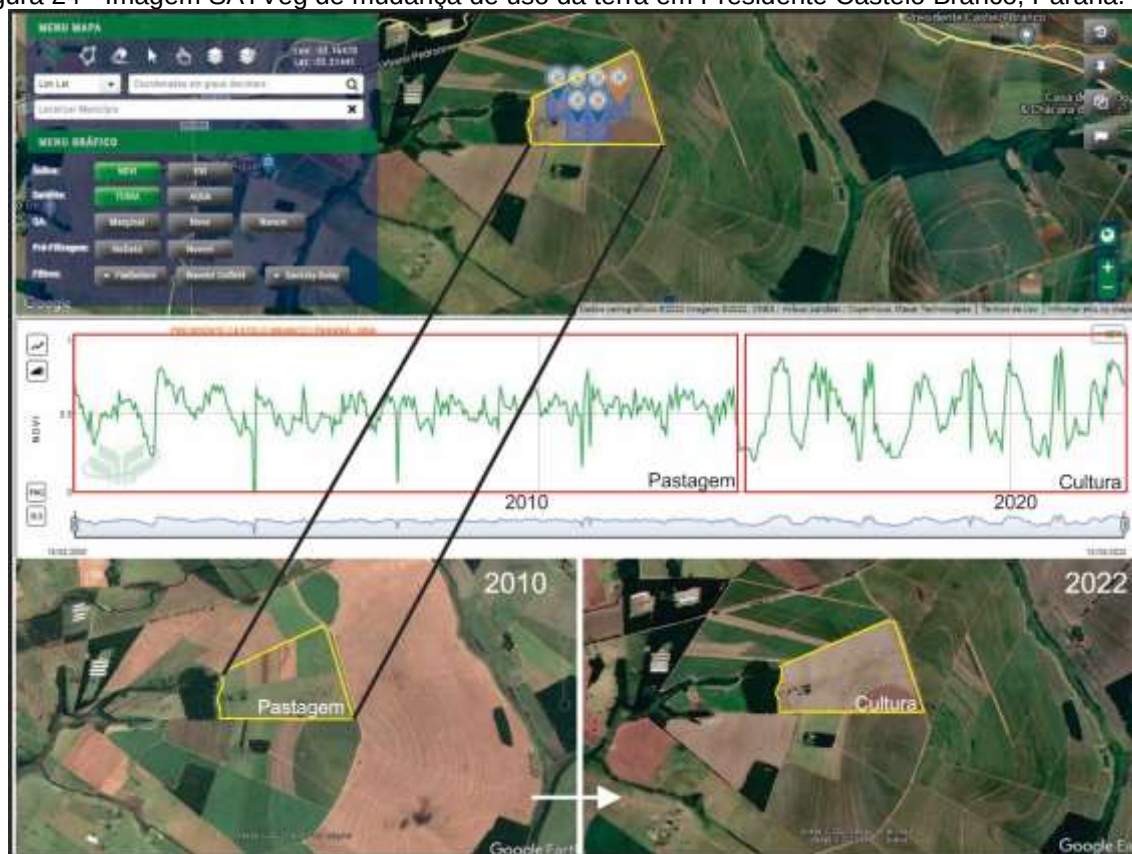
Elaboração: O autor (2022).

Figura 23 - Imagem SATVeg de mudança de uso da terra em Ourizona, Paraná.



Elaboração: O autor (2022).

Figura 24 - Imagem SATVeg de mudança de uso da terra em Presidente Castelo Branco, Paraná.

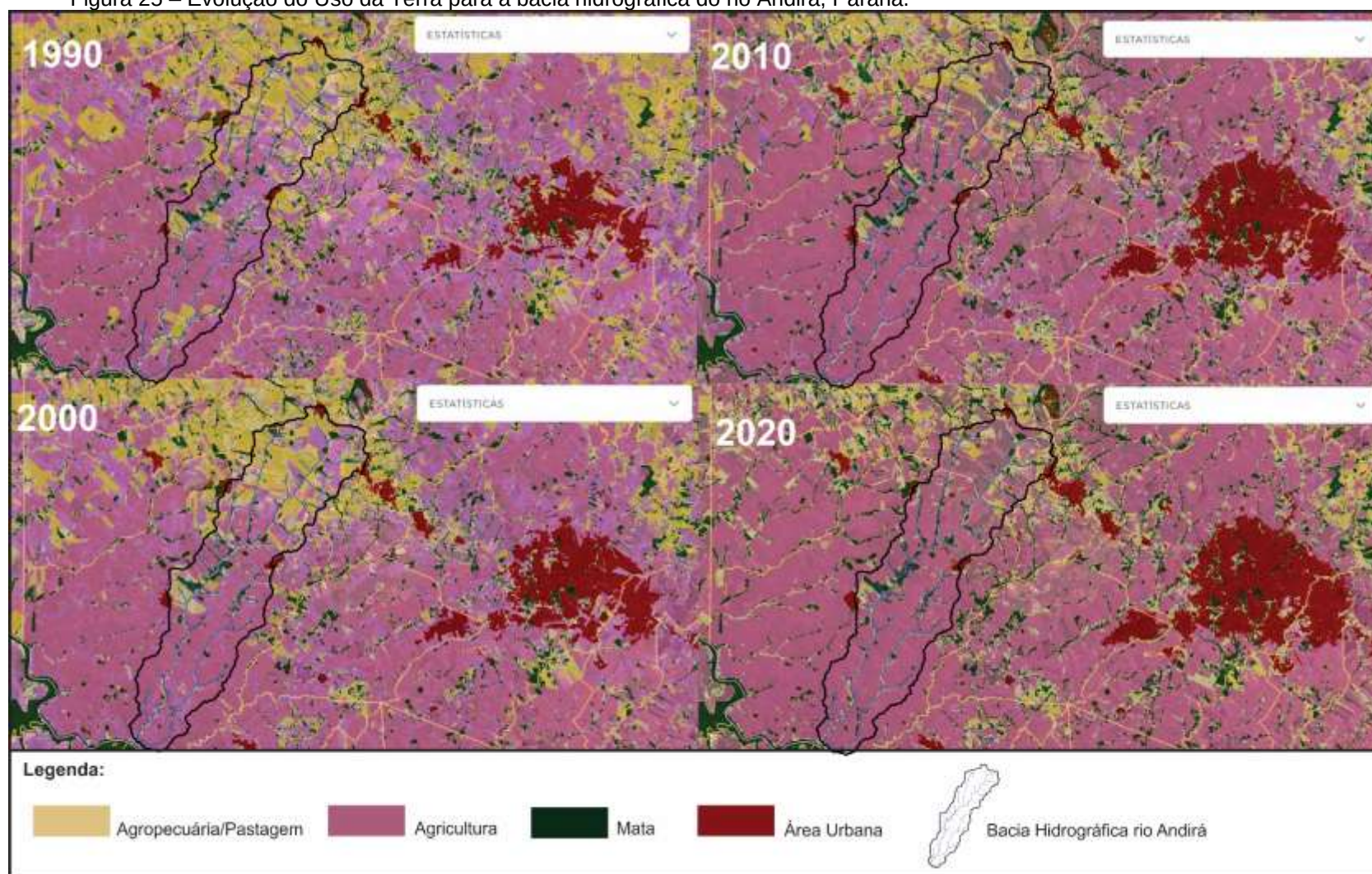


Elaboração: O autor (2022).

O conjunto de imagens (Figura 22,23 e 24) permitem através da montagem das imagens do *Google Earth* e do comportamento dos valores de NDVI fornecidos pelo Sistema de Análise Temporal de Vegetação (SATVeg) identificar essas transformações nas formas de uso e ocupação da terra.

Nos três casos identificados para os municípios de Presidente Castelo Branco, Ourizona e Mandaguaçu, é possível identificar a mudança de uso de pastagens por algum tipo de cultura temporária. Cabe destacar que essas transformações são, sobretudo, mais identificadas para as áreas com a presença dos arenitos da Formação Caiuá. Para as áreas com a presença dos basaltos da Formação Serra Geral, essas transformações são notadas em menor proporção. Transformações estas, que podem ser notadas em maior escala na Figura 25, com os mapeamentos do MapBiomias.

Figura 25 – Evolução do Uso da Terra para a bacia hidrográfica do rio Andirá, Paraná.



Elaboração: O autor (2022).

A série temporal de 1990, 2000, 2010 e 2020 permite identificar o comportamento da evolução das formas de ocupação e uso da terra no entorno da bacia hidrográfica. No mosaico de imagens é possível observar a supressão das áreas com o uso agropecuário/pecuária, bem como na incorporação de áreas agrícolas. Este fenômeno é observado, sobretudo, no período entre 2000 e 2010. Cabe destacar, que o mapeamento do MapBiomas engloba nas áreas com a classe agricultura, tanto os usos de soja/milho como as áreas com cana-de-açúcar.

5.5 Análise da vulnerabilidade ambiental para a bacia hidrográfica do rio Andirá.

A vulnerabilidade ambiental, caracteriza-se por apresentar em síntese a correlação entre os elementos de ordem natural, bem como os elementos de ordem social (formas de uso e ocupação da terra). Como já descrito na parte metodológica do trabalho, a vulnerabilidade ambiental para a bacia hidrográfica foi realizada através da correlação das informações de tipos de solo, formas do relevo, tipos de formações geológicas, declividade e por fim, as formas de ocupação e uso da terra.

Para o recorte da bacia, a vulnerabilidade ambiental foi categorizada em quatro níveis: baixa, média, alta e muito alta. A Tabela 06 apresenta as porcentagens de cada uma dessas classes.

Observa-se a predominância da classe média, abrangendo cerca de 55% da área de estudo. Em menor proporção, a classe avaliada como alta vulnerabilidade representa 43,95%. Por fim, em proporção menores, tem-se 0,39% para a classe de baixa vulnerabilidade e 0,02% para a classe de muito alta vulnerabilidade.

Tabela 06: Área das classes de Vulnerabilidade Ambiental.

Área das Classes de Vulnerabilidade Ambiental		
Classes	Área km ²	%
Baixo 0 a 1	1,01	0,39
Médio 1 a 2	142,38	55,63
Alto 2 a 3	112,49	43,95
Muito Alto 3 a 4	0,06	0,02

Elaboração: O autor (2022).

Na análise da espacialização da vulnerabilidade (Figura 26), a fim de obter-se uma interpretação mais refinada da vulnerabilidade, optou-se por não agrupar os dados em classes, e sim apresentar os valores de forma contínua, permitindo desta forma, analisar de forma mais clara e real as diferenciações e transições entre as classes encontradas ao longo da bacia.

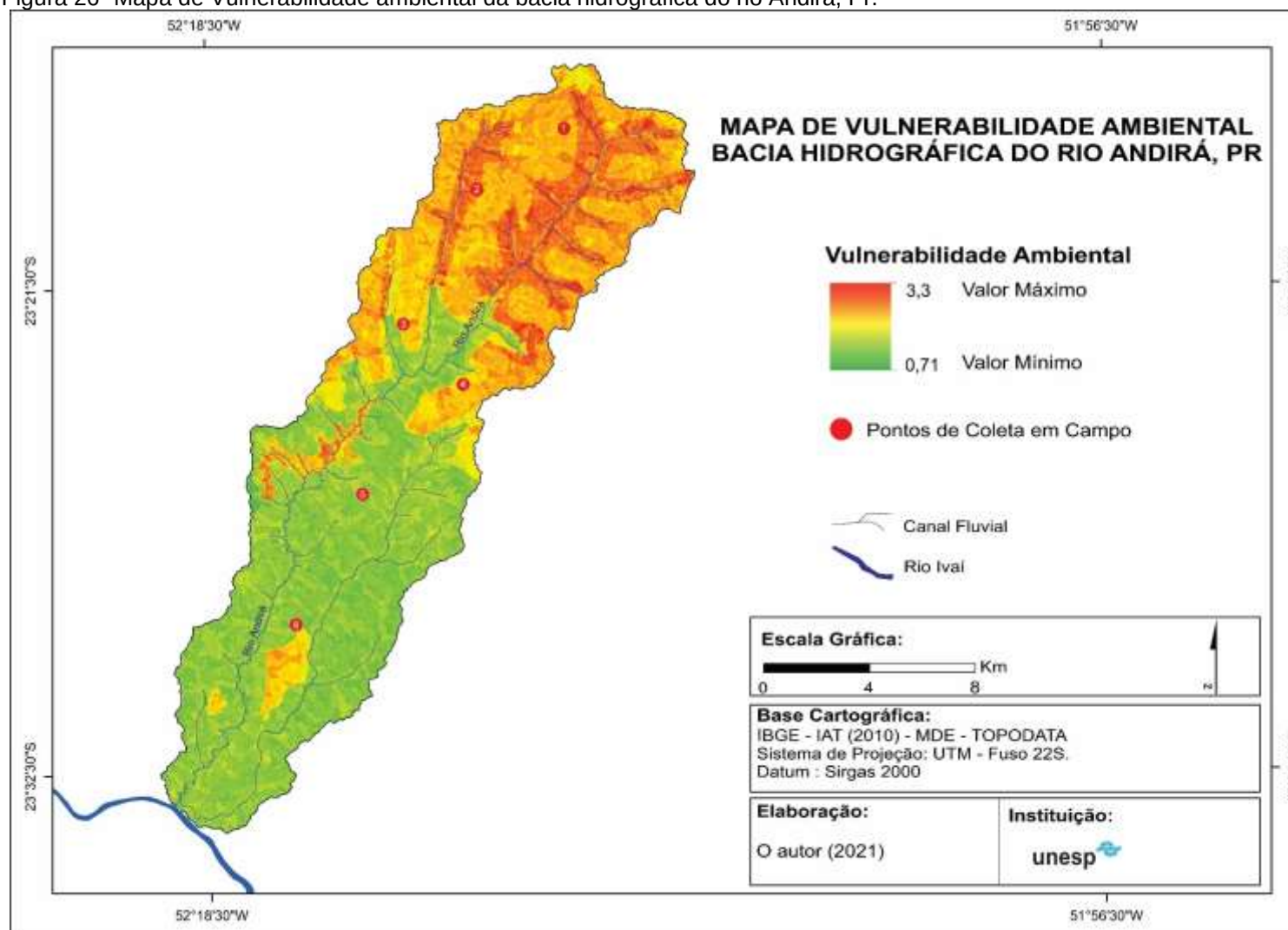
Analisando, de forma geral, as maiores vulnerabilidades foram identificadas no setor a montante da bacia hidrográfica, compreendendo, sobretudo, os municípios de Presidente Castelo Branco e Mandaguaçu. Neste setor, os solos predominantes são de textura média a arenosa, associados a um relevo com colinas médias e onduladas. O uso da terra neste setor, caracterizam-se por uma diversidade, com predomínio do cultivo da cana-de-açúcar seguido por áreas de pastagens.

No curso médio da bacia, em direção à jusante, foram encontrados os menores valores de vulnerabilidade, variando de média para baixa. Nota-se que através da interseção das variáveis para a obtenção da vulnerabilidade ambiental, a variável solo e geologia desempenharam um papel significativo na distribuição das manchas de vulnerabilidade. Evidenciando a interligação entre geologia e solos, onde em geral, a geologia condiciona a distribuição dos solos. No entanto, cabe destacar que o produto de vulnerabilidade ambiental é representado pela associação de diversos elementos.

Nas manchas dos solos rasos, próximo à malha urbana de São Jorge do Ivaí, foram identificados valores elevados de vulnerabilidade, devido à associação de um relevo dissecado resultando em áreas com maior declividade.

Quanto a associação da vulnerabilidade com as formas do relevo, sobretudo no setor a montante da bacia hidrográfica, as vertentes convergentes, foram as que apresentaram os maiores valores de vulnerabilidade ambiental. Cabe destacar que nessas áreas, cuja forma da vertente apresenta-se de forma convergente, quando associados a declividades acentuadas, há uma propensão para a ocorrência de processos erosivos, principalmente devido à concentração do fluxo hídrico.

Figura 26- Mapa de Vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Andirá, Pr.



Elaboração: O autor (2022).

Na figura 26, é possível observar a relação entre a vulnerabilidade e os elementos correlacionados para a geração do mapa:

- Classe alta a muito alta: setores associados a presença dos sedimentos inconsolidados, que embora não mapeados, possivelmente apresentam solos mal drenados, compreendendo a planície de inundação; ocorrência dos solos rasos com elevados valores de declividades, com a vulnerabilidade amenizada pela presença de vegetação densa; setores localizados sob a Formação Caiuá, com associação entre os Argissolos, vertentes com declividades médias de 10 a 12% e a presenças das formas de vertente no padrão convergente; os menores valores para a classe alta foram encontrados sob a presença dos Latossolos nos topos com uso de cana-de-açúcar e/ou pastagens com declividades mais baixas;
- Classe baixa a média: ocorrência sobretudo nos solos argilosos com a presença de culturas temporárias de soja e milho; as maiores diferenciações ocorreram no terço médio da vertente, associados ao Nitossolo com vertentes convergentes; os menores valores para esses grupo de classes, foram compreendidos nas áreas com vertentes com formas plana a divergentes, baixas declividades (topos e interflúvios) e a presença dos Latossolos.

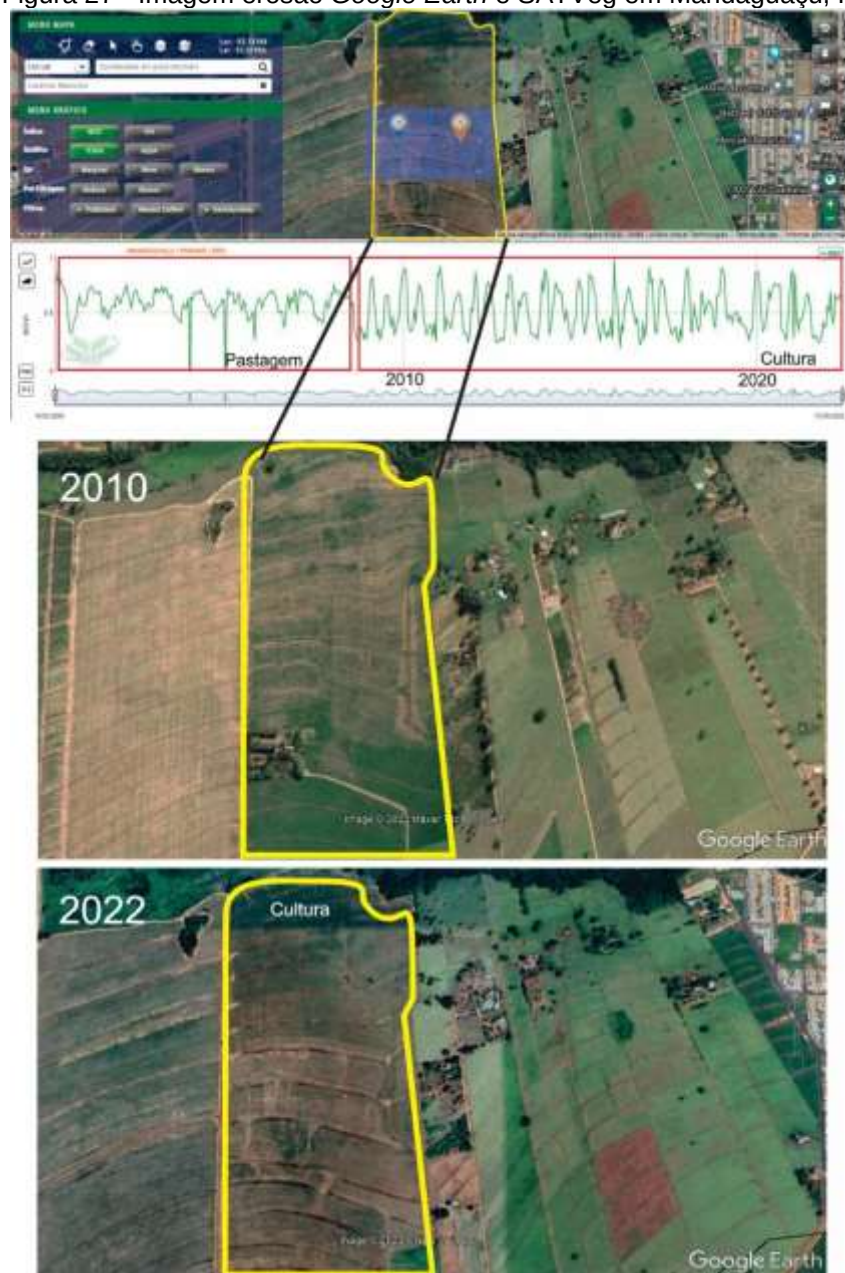
Assim, nota-se que houve uma redução nos valores de vulnerabilidade quando relacionados às diversas formas de uso e ocupação do solo. Sabe-se que a bacia hidrográfica do rio Andirá apresenta uma vulnerabilidade natural devido às características geológicas e pedológicas, e que em uma análise integrada com as diversas formas de ocupação e uso da terra, há uma atenuação dos valores de vulnerabilidade.

Entretanto, ressalta-se que o presente diagnóstico de vulnerabilidade ambiental, reflete a atual forma de ocupação e uso da terra, e que este cenário está em constantes transformações, como já evidenciado em momento anterior. Estas transformações estão geralmente associadas a supressão das pastagens

para a inserção de culturas temporárias, com destaque para o cultivo da cana-de-açúcar e o da mandioca em menor proporção.

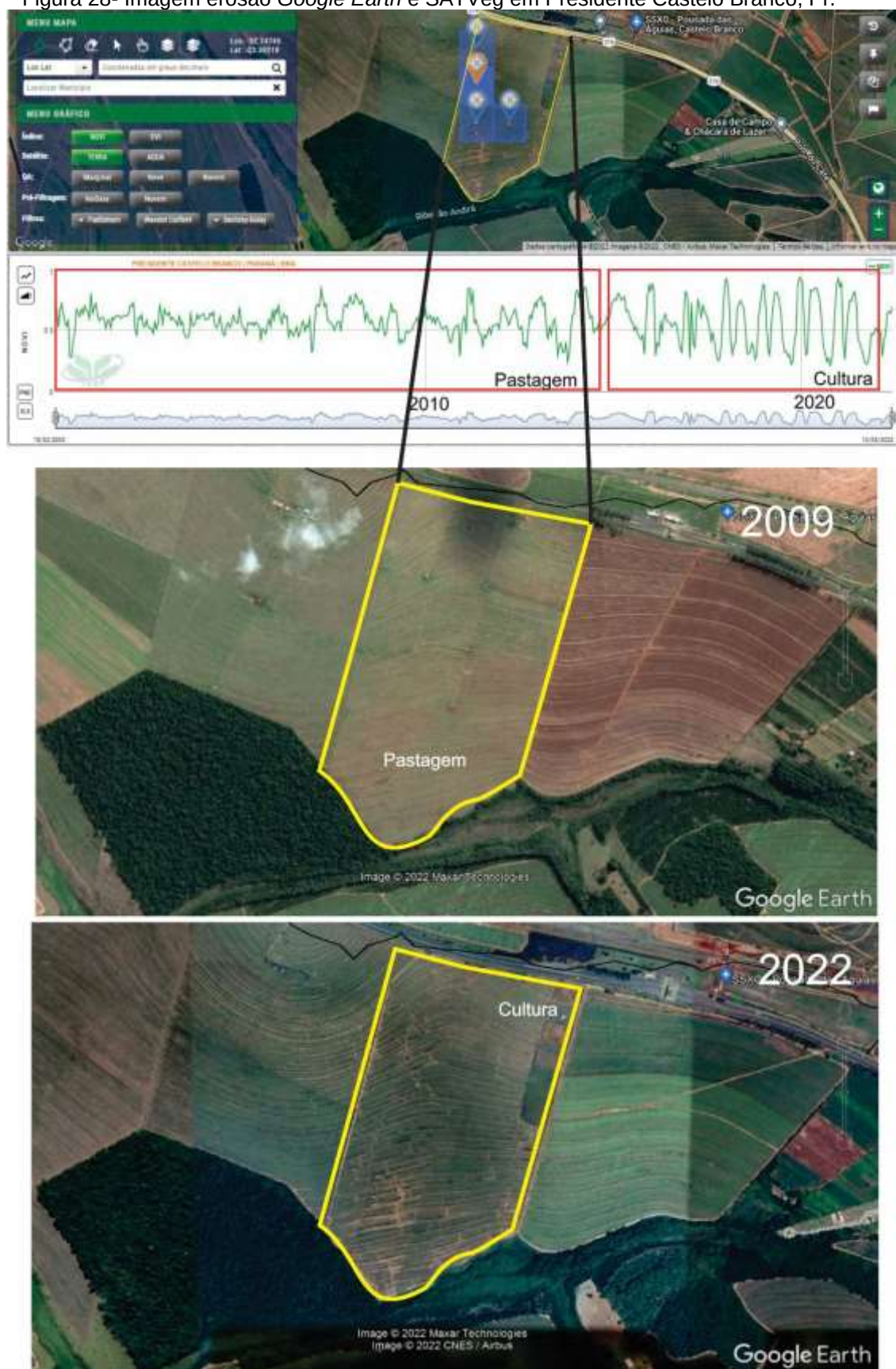
Tais mudanças nas formas de uso e ocupação, evidenciam-se na presença dos processos erosivos. Por meio das imagens do *Google Earth*, e com o auxílio da ferramenta SATVeg, foi possível observar as mudanças nas formas de uso e ocupação, geralmente marcados pela substituição das pastagens por algum tipo de cultura temporária, favorecendo a ocorrência de diferentes formas de processos erosivos (Figura 27, 28, 29 e 30).

Figura 27 - Imagem erosão *Google Earth* e SATVeg em Mandaguaçu, Pr.



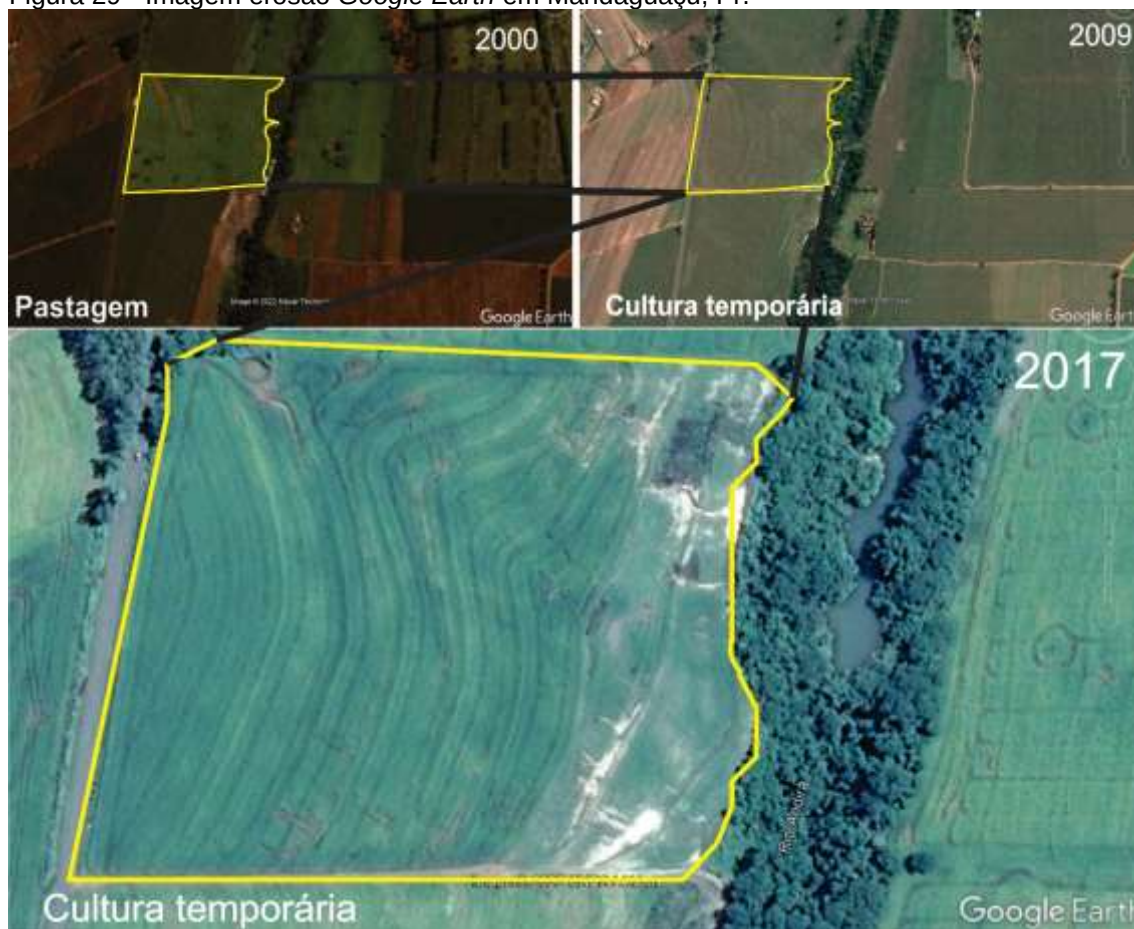
Elaboração: O autor (2022).

Figura 28- Imagem erosão Google Earth e SATVeg em Presidente Castelo Branco, Pr.



Elaboração: O autor (2022).

Figura 29 - Imagem erosão *Google Earth* em Mandaguaçu, Pr.



Elaboração: O autor (2022).

O processo erosivo mais acentuado, identificado para a área de estudo, refere-se ao da Figura 30. Trata-se de uma voçoroca que se “desenvolve” na área periurbana do município de Presidente Castelo Branco. Por meio das imagens do *Google Earth* foi possível observar seu comportamento de erosão remontante. Localizada na cabeceira de drenagem da bacia hidrográfica do rio Andirá, a feição erosiva se encontra sob solos mais friáveis e na convergência do fluxo hídrico, potencializando a ocorrência deste processo erosivo.

Utilizando-se das imagens do *Google Earth*, foi possível observar constantes transformações nas formas de ocupação e uso da terra nas áreas próximas a feição erosiva. Tais transformações nas formas de uso (rural-urbano) podem ter potencializado o surgimento e evolução da feição erosiva.

Figura 30 - Imagem erosão Google Earth em Presidente Castelo Branco, PR.



Elaboração: O autor (2022).

5.6 Avaliação das características físicas das vulnerabilidades mapeadas

Visando contribuir para a compreensão das dinâmicas das paisagens, bem como na avaliação da qualidade ambiental das áreas mapeadas, foi realizada a coleta em campo de seis pontos que melhor representassem as características da bacia hidrográfica do rio Andirá. Para tanto, foram escolhidos dois pontos no setor de alta vulnerabilidade, dois pontos para média

vulnerabilidade e por fim, dois pontos para a baixa vulnerabilidade. A localização dos pontos está indicada na figura 26, no mapa de vulnerabilidade ambiental.

O trabalho de campo, nesses pontos, teve como objetivo a coleta de amostras de solos deformadas, para a realização da análise granulométrica, a fim de conhecer os percentuais de areia, silte e argila dos mesmos. Para tanto, foram coletadas amostras em duas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm.

Em campo, nos pontos selecionados, também foram aferidos a resistência a penetração, com um penetrômetro de bolso, bem como a coleta da densidade do solo utilizando os anéis volumétricos. Como último procedimento, foi realizado o ensaio de condutividade hidráulica do solo, com o objetivo de conhecer o comportamento hídrico nesses pontos de análise.

- **Ponto 01**

O ponto 01 está localizado na cabeceira de drenagem da bacia hidrográfica do rio Andirá, próximo à área urbana do município de Presidente Castelo Branco, com declividade média de 3 a 6%. Assim como no entorno, o uso da terra ao longo da vertente é predominantemente utilizado para o cultivo de cana-de-açúcar (Figura 31). A coleta do solo, fora realizada por meio do trado holandês, sendo obtidas em duas profundidades. Já para a obtenção dos valores de densidade do solo, foram através da abertura de um perfil no solo, conforme a figura 32.

Figura 31- Uso de cana-de-açúcar no ponto 01 em Presidente Castelo Branco



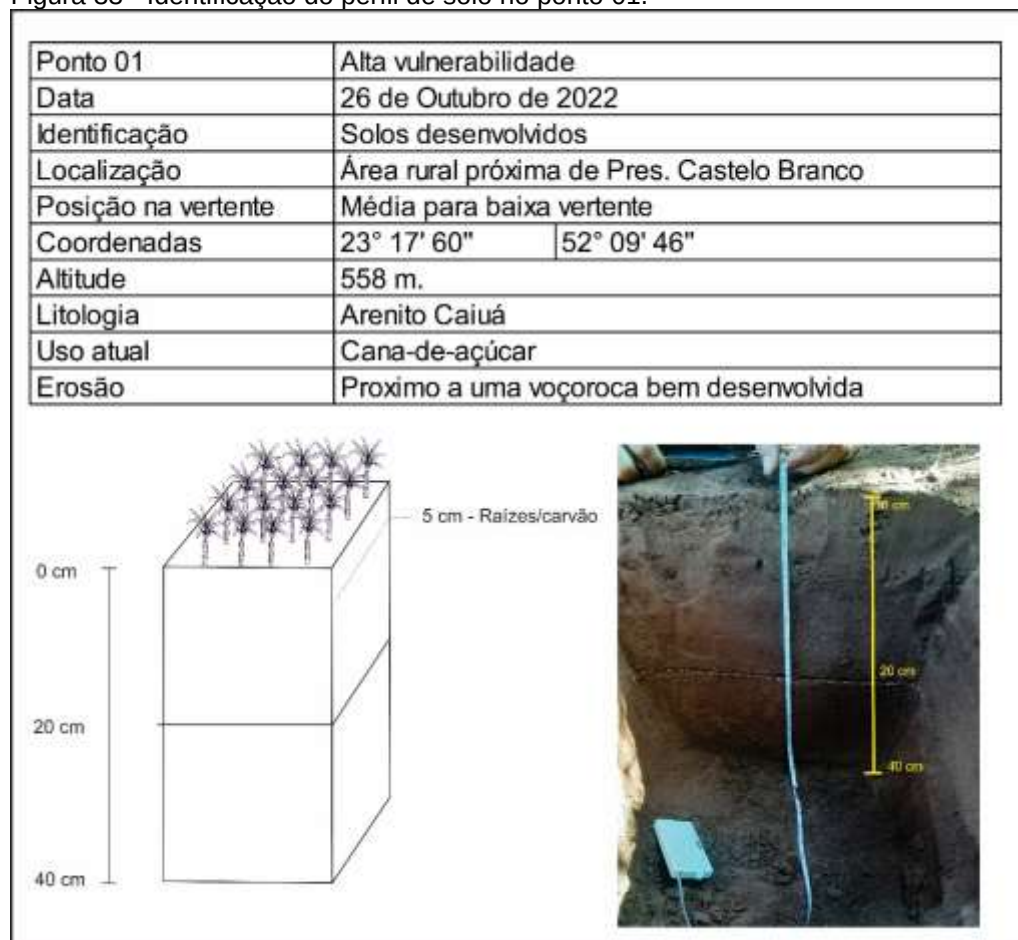
Fonte: O autor.

Figura 32 - Coleta das amostras em campo no ponto 01 em Presidente Castelo Branco



Fonte: O autor.

Figura 33 - Identificação do perfil de solo no ponto 01.



Elaboração: O autor.

Figura 34 - Dados de campo do ponto 01.

Profundidade (cm)	0 a 20	20 a 40
Areia (%)	76,81	72,17
Silte (%)	1,86	0,43
Argila (%)	21,33	27,4
Textura	Franco argilo arenosa	Franco argilo arenosa
Resistência a Penetração Kg/cm ²	4,5	3,5
Densidade (g./cm ³)	2,01	1,94
Condutividade Hidráulica cm/s	3,19x10 ⁻⁴ (moderada)	

Elaboração: O autor.

Quanto a granulometria, pelo fato do ponto localiza-se sob os arenitos da Formação Caiuá, os solos foram classificados como de textura franco argilo arenoso, tanto em superfície 0 a 20 cm, como em sub superfície de 20 a 40 cm. Os maiores valores foram da fração areia 76,81% em superfície e 72,17% em profundidade. Em menor proporção, a argila apresentou valores de 21,33% em superfície e 27,4% em profundidade 20 a 40 cm.

Observou-se, por meio da granulometria, um incremento de argila em profundidade. Como não houve a descrição morfológica em campo, pode-se levantar algumas ideias quanto a associação dos solos. Em função da posição na vertente somado a formação geológica, os solos neste ponto, podem estar associados aos Latossolos textura média e aos Argissolos. Devido ao incremento da fração argila em profundidade, uma primeira hipótese seria estar associado a um Latossolo de textura média. Já para a possibilidade de ser um Argissolo, teríamos que encontrar a presença do horizonte E, sendo assim haveria o acréscimo da fração areia em subsuperfície, contudo, há a possibilidade do horizonte E estar em profundidades superiores a 40 cm.

Os valores de densidade, assim como os de resistência à penetração, apresentaram uma diminuição em profundidade. Em profundidade de 0 a 20 cm os valores encontrados foram de 2,01 g./cm³ e de 1,94 g./cm³ nas profundidades de 20 a 40cm. Nota-se que os valores de resistência a penetração correlacionaram-se com os valores de densidade do solo, apresentando maiores densidades no horizonte superficial com 4,5 kg/cm² quando comparado com a profundidade de 20 a 40 cm com valores 3,5 kg/cm². Já para o ensaio de condutividade hidráulica, o perfil apresentou uma condutividade moderada com valor de $3,19 \times 10^{-4}$.

- **Ponto 02**

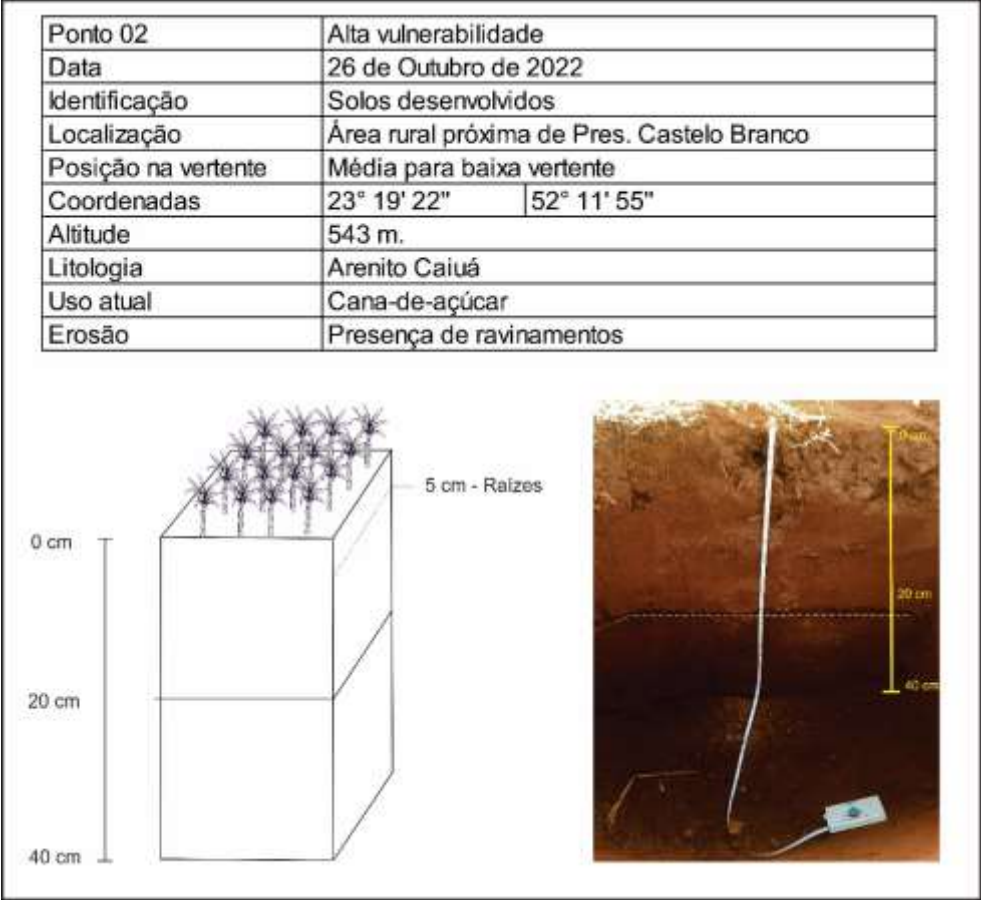
O ponto de coleta 02 encontra-se a jusante do ponto 01. Localizado na área rural de Presidente Castelo Branco. As declividades encontradas foram nas classes de 6 a 12% sob presença de vertentes com forma plana para as menores declividades e vertentes convergentes para as maiores declividades (terço final da vertente). O uso da terra predominante é do cultivo da cana-de-açúcar (Figura 35 e 37).

Figura 35 - Uso de cana-de-açúcar no ponto 02 em Presidente Castelo Branco.



Fonte: O autor.

Figura 36 - Identificação do perfil de solo no ponto 02.



Elaboração: O autor.

Figura 37 - Coleta das amostras em campo no ponto 02.



Fonte: O autor.

Figura 38 - Dados de campo do ponto 02.

Profundidade (cm)	0 a 20	20 a 40
Areia (%)	82,46	78,59
Silte (%)	0,87	0,41
Argila (%)	12,67	21
Textura	franco arenosa	franco argilo arenosa
Resistência a Penetração Kg/cm ²	2	3
Densidade (g./cm ³)	2,02	1,95
Condutividade Hidráulica cm/s	5,05x10 ⁻⁵ (lenta)	

Elaboração: O autor.

O ponto de coleta 02, assim como o ponto 01, também estava presente no setor classificado como alta vulnerabilidade. Foi possível observar em campo a presença de várias feições erosivas com sulcos e ravinamentos superficiais ao longo da vertente.

O plantio da cana-de-açúcar ainda estava no início, no entanto, notou-se a irregularidade na linha do plantio, apresentando falhas com a presença de solo exposto. Além disso, observou-se a ausência de curvas de nível na vertente.

Quanto à granulometria, o perfil foi classificado na classe textural de franco arenosa para a profundidade de 0 a 20 cm e franco argilo arenosa de 20 a 40 cm. De 0 a 20 cm a granulometria apresentou 82,46% da fração areia, 0,87% para silte e 12,67% para a argila. Enquanto de 20 a 40 cm, 78,59% para a fração areia, 0,41% de silte e 21% para a argila. De modo geral, assim como no primeiro perfil, houve um incremento de argila em profundidade, contudo, cabe destacar que houve o aumento da proporção da argila em profundidade quando comparado com o primeiro perfil.

Possivelmente, em função da diferença textural entre as duas profundidades, houve um acréscimo da resistência a penetração em profundidade de 2 kg/cm² para 3 kg/cm². Já para a densidade, de forma contrária, em superfície de 0 a 20 cm, foi de 2,02 g./cm³ e 1,95 g./cm³ de 20 a 40 cm. A condutividade hidráulica com valor de 5,05x10⁻⁵ foi classificada como

lenta, podendo estar associado com o incremento de argila em profundidade e no aumento da resistência a penetração de 20 a 40 cm.

- **Ponto 03**

O ponto de coleta 03, está situado na média porção da bacia hidrográfica do rio Andirá. A escolha deste ponto se deu em função de estar localizado na média vulnerabilidade ambiental. A área apresenta colinas médias, sob o contato litológico dos arenitos da Formação Caiuá e os basaltos da Formação Serra Geral. A declividade média no ponto de coleta foi entre 6 a 12% com o predomínio de vertentes divergentes.

No terço final da vertente, o uso encontrado foi com o cultivo da soja no sistema de plantio direto. Por estar em uma área de contato litológico, no topo da vertente, onde se localizam os solos de textura média, os usos estão geralmente associados à cana-de-açúcar. Já neste ponto, onde os solos de textura argilosa, os usos são predominantemente de soja. Contudo, foi possível observar que havia resquício da cultura de cana-de-açúcar de uma safra passada, indicando possivelmente que o plantio da soja se sucedeu ao da cana-de-açúcar (Figura 39).

Figura 39 - Paisagem de coleta no ponto 03 com cultivo de soja.



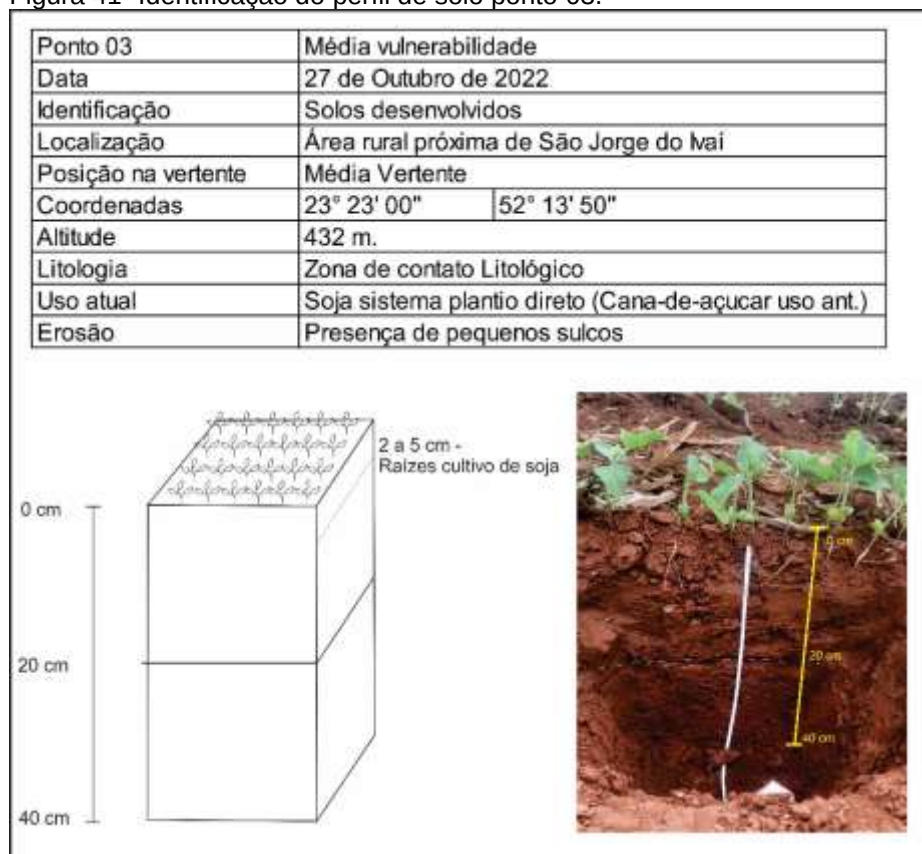
Fonte: O autor.

Figura 40 - Coleta das amostras de solo no ponto 03 com cultivo de soja.



Fonte: O autor.

Figura 41- Identificação do perfil de solo ponto 03.



Elaboração: O autor.

Figura 42- Dados de campo do ponto 03.

Profundidade (cm)	0 a 20	20 a 40
Areia (%)	15	11,82
Silte (%)	15,93	12,38
Argila (%)	69,07	75,8
Textura	muito argilosa	muito argilosa
Resistência a Penetração Kg/cm ²	4,5	2
Densidade (g./cm ³)	1,56	1,55
Condutividade Hidráulica cm/s	4,25x10-5 (lenta)	

Elaboração: O autor.

A classe textural do solo neste ponto, foi classificada com muito argilosa, em ambas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm. Na profundidade de 0 a 20 cm, os maiores valores encontrados foram os da fração argila com 69,07% seguido de 15,93 de silte e 15% de areia. Para a profundidade de 20 a 40 cm observou-se um acréscimo dos valores de argila chegando a 75,8%, 12,38% de silte e 11,82% da fração areia. Valores esses que evidenciam que o ponto de coleta tem sua origem associado aos basaltos da Formação Serra Geral.

Devido a posição na vertente e quantidade de argila presente no perfil, o solo neste ponto, pode estar associado a presença do Nitossolo Vermelho, solo esse marcado pela elevada composição de argila, com blocos angulares a subangulares com cerosidade entre os blocos.

Quanto a resistência a penetração, densidade e condutividade hidráulica, observou-se uma diferença de resistência a penetração em superfície de 0 a 20 cm ($4,5 \text{ kg/cm}^3$) quando comparado com a profundidade de 20 a 40 cm ($2,0 \text{ kg/cm}^3$), indicando uma possível compactação na profundidade de 0 a 20 cm. Contudo, os valores de densidade não apresentaram o mesmo comportamento, entre as profundidades, com $1,56 \text{ g./cm}^3$ até 20 cm e $1,55 \text{ g./cm}^3$ de 20 a 40 cm. A condutividade hidráulica para o ponto 03 foi classificada como lenta ($4,25 \times 10^{-5}$).

- **Ponto 4**

O ponto de coleta 04 está localizado próximo à zona rural, nas proximidades do município de Ourizona. Com a presença de colinas médias, o ponto 04 apresenta declividades de 6 a 12% com vertente de forma planas a divergentes, perpendicular ao fundo de vale. O uso da terra encontrado foi o cultivo da cana-de-açúcar.

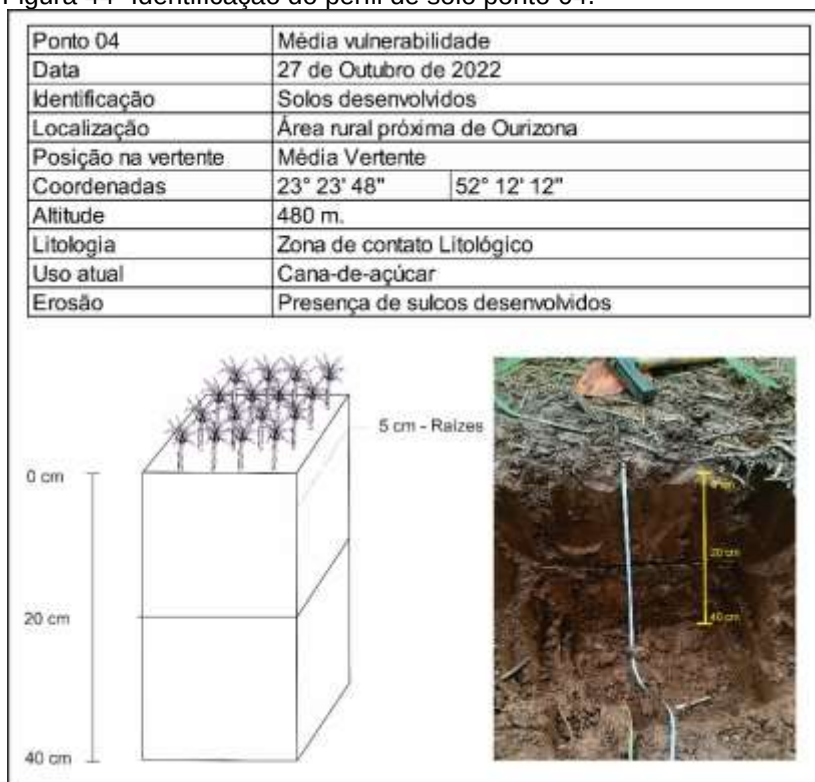
O ponto de coleta, se encontra na área classificada com média vulnerabilidade ambiental, na região de contato litológico. Em campo, foi identificado, próximo ao ponto de coleta, a presença de feições erosivas em meio ao plantio de cana-de-açúcar. Destaca-se, neste ponto, que não foi possível realizar o ensaio de condutividade hidráulica devido à saturação do solo (Figura 43).

Figura 43 - Plantio de cana-de-açúcar no ponto de coleta 04.



Fonte: O autor.

Figura 44- Identificação do perfil de solo ponto 04.



Elaboração: O autor.

Figura 45 - Identificação do perfil e coleta do solo no ponto 04 com uso de cana-de-açúcar.



Fonte: O autor.

Figura 46 - Dados de campo do ponto 04.

Profundidade (cm)	0 a 20	20 a 40
Areia (%)	60,65	50,81
Silte (%)	1,75	1,85
Argila (%)	37,6	47,34
Textura	argila arenosa	argila arenosa
Resistência a Penetração Kg/cm ²	4,5	4
Densidade (g./cm ³)	2,29	2,02
Condutividade Hidráulica cm/s	-----	

Elaboração: O autor.

Quanto a granulometria, o solo do ponto 04 foi classificado na classe textural de argila arenosa nas duas profundidades (0 a 20 cm e 20 a 40 cm). Os maiores valores foram a areia com 60,65%, seguido de 37,6% de argila e 1,75% de silte de 0 a 20 cm. Já em profundidade houve um incremento nos valores de argila com 47,34% de argila, 50,81% de areia e 1,85% de silte.

Os valores de densidade do solo e resistência a penetração apresentaram uma diminuição nos valores em profundidade. Para a densidade do solo na profundidade de 0 a 20 cm a densidade encontrada foi de 2,29 g./cm³ e de 2,02 g./cm³ de 20 a 40 cm. A resistência a penetração apresentou valores de 4,5 kg/cm² a 20 cm e de 4 kg/cm² de 20 a 40 cm. Os elevados valores de densidade do solo, podem estar associados a uma alta compactação do solo, sobretudo na profundidade de 0 a 20 cm em função da atividade e manejo agrícola.

Para o ponto 04, não possível realizar o ensaio de condutividade hidráulica. Foram realizadas inúmeras tentativas, contudo, o solo estava apresentando sinais de alta saturação, onde a água já estava escoando sob a superfície do solo. Tal situação, pode estar correlacionada com os elevados valores de dados de densidade do solo, tanto em superfície como em subsuperfície.

- **Ponto 05**

O ponto 05 encontra-se na porção classificada como baixa vulnerabilidade ambiental, próximo à estrada principal que leva ao município de São Jorge do Ivaí. Com declividade de 3 a 6%, o ponto apresenta uma paisagem com colinas amplas, com baixa declividade e vertentes com formas divergentes (Figura 47). Pela posição na vertente, os solos estão associados aos Latossolos de textura argilosa em função da geologia local.

Figura 47- Plantio de soja no ponto de coleta 05.



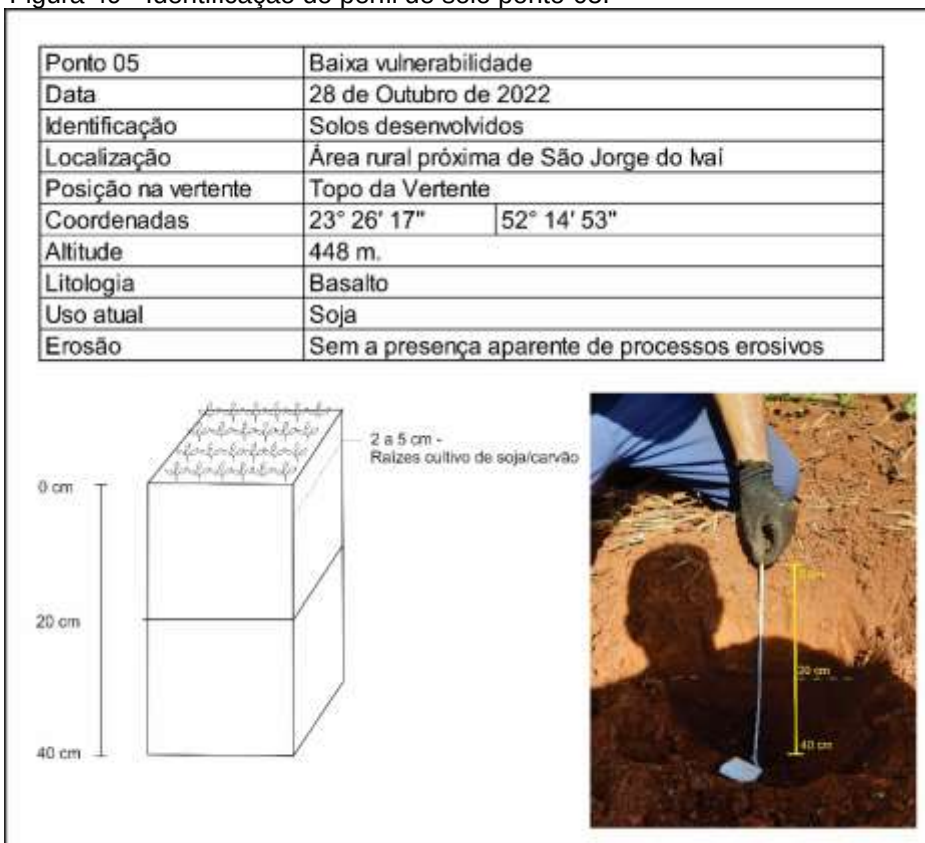
Fonte: O autor.

Figura 48 - Identificação do perfil e coleta do solo no ponto 05.



Fonte: O autor.

Figura 49 - Identificação do perfil de solo ponto 05.



Elaboração: O autor.

Figura 50 - Dados de campo ponto 05.

Profundidade (cm)	0 a 20	20 a 40
Areia (%)	5,76	4,36
Silte (%)	24,54	26,71
Argila (%)	69,7	68,93
Textura	muito argilosa	muito argilosa
Resistência a Penetração Kg/cm ²	4,5	3
Densidade (g./cm ³)	1,8	1,53
Condutividade Hidráulica cm/s	3,67x10 ⁻³ (rápida)	

Elaboração: O autor.

A classificação textural no ponto 05, foi de muito argilosa tanto na profundidade de 0 a 20 cm como de 20 a 40 cm. Os valores de argila, silte e areia não apresentaram uma variação em profundidade, característico de um perfil de um Latossolo. Para a profundidade de 0 a 20 cm, os valores foram de 69,7% de argila, 24,54% de silte e 5,76 de areia. De 20 a 40 cm a fração argila foi de 68,93% seguido de 26,71% de silte e 4,36% de areia.

A resistência a penetração de 4,5 kg/cm² de 0 a 20 cm e de 3 kg/cm² de 20 a 40 cm, indicando a presença de uma camada mais resistente na parte superficial. De forma semelhante, à densidade do solo também apresentou valor superior de 0 a 20 cm com 1,83 g./cm³ e 1,53 g./cm³ em 20 a 40 cm. A condutividade hidráulica, foi classificada como rápida com $3,67 \times 10^{-3}$.

- **Ponto 6**

O ponto de coleta 06, é o ponto mais à jusante da bacia hidrográfica do rio Andirá. Está localizado no topo da vertente com baixa vulnerabilidade ambiental. As declividades neste ponto são inferiores a 3%, com o predomínio de vertentes planas a divergentes (Figura 51).

Figura 51- Paisagem rural no ponto 06 com a presença de solo exposto.



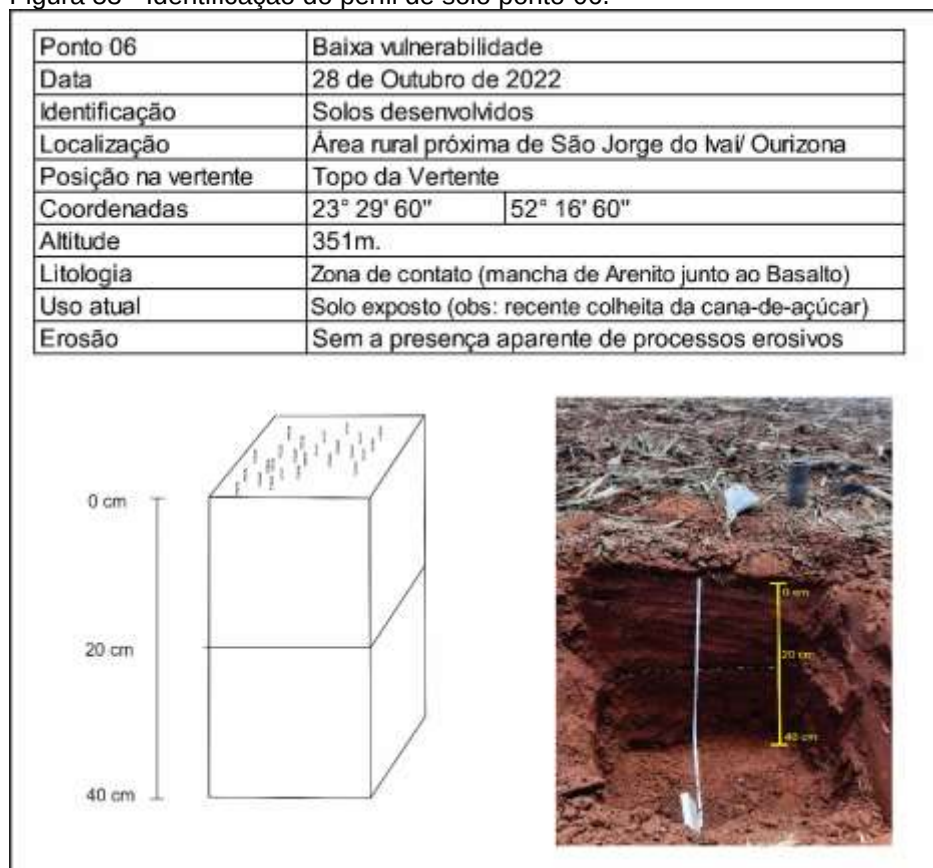
Fonte: O autor.

Figura 52 - Identificação do perfil e coleta do solo no ponto 06.



Fonte: O autor.

Figura 53 - Identificação do perfil de solo ponto 06.



Elaboração: O autor.

Figura 54 - Dados de campo ponto 06.

Profundidade (cm)	0 a 20	20 a 40
Areia (%)	72,1	65,78
Silte (%)	0,26	0,36
Argila (%)	27,8	33,87
Textura	Franco argilo arenosa	Franco argilo arenosa
Resistência a Penetração Kg/cm ²	3	2,5
Densidade (g./cm ³)	2,01	1,97
Condutividade Hidráulica cm/s	6,39x10 ⁻⁴ (moderada a rápida)	

Elaboração: O autor.

O ponto de coleta 06, se destaca por estar localizado em uma mancha de Arenito Caiuá em um topo, cujo entorno se caracteriza pelo predomínio dos

basaltos da Formação Caiuá. O uso da terra no momento da coleta apresentava-se sem cultura, contudo, foi possível observar que o uso era em momento anterior de cana-de-açúcar devido à presença de vestígios da atividade canavieira.

Quanto à granulometria, em função da mancha sedimentar, os maiores valores encontrados foram da fração areia 72,1%, seguido de 27,8% de argila e 0,26% de silte para a profundidade de 0 a 20 cm. De 20 a 40 cm, houve um incremento de argila em profundidade com 33,87% de argila, 65,78% da fração areia e 0,36% de silte. Devido à posição na vertente, o solo pode estar associado a um Latossolo, porém de textura média. Na classificação textural, em ambas profundidades as amostras foram classificadas como sendo franco argilo arenosas.

A resistência a penetração e a densidade do solo, também indicaram uma camada mais densa e resistente na porção de 0 a 20 cm quando comparado de 20 a 40 cm. A condutividade hidráulica foi classificada de moderada a rápida para o ponto 6, com $6,39 \times 10^{-4}$. Geralmente, solos mais arenosos, com boa densidade, apresentam uma boa drenagem natural em função de sua macro e microporosidade.

De forma geral observaram-se as seguintes características em relação às coletas e ensaios nos pontos em campo:

- os menores valores de densidade ocorreram na profundidade de 20 a 40 cm e os maiores valores de 0 a 20 cm, indicando uma possível compactação nos horizontes superficiais.

- No ponto 04 os valores de densidade foram os mais elevados quando comparados com os demais pontos em campo, sobretudo na camada de 0 a 20 cm, onde apresentou uma densidade de $2,29 \text{ g./cm}^3$.

- Ainda no ponto 04, destaca-se o elevado valor de densidade do solo na camada de 20 a 40 cm. Neste ponto, identificou-se um adensamento do solo em ambas profundidades, podendo correlacionar-se com a resistência a penetração. Somado a isso, destaca-se que não foi possível realizar o ensaio de condutividade hidráulica neste ponto em função da alta saturação do solo.

- Os valores de resistência a penetração em geral apresentaram uma maior resistência na profundidade de 0 a 20 cm, por sua vez uma menor resistência a penetração em profundidade. Tal condição, pode indicar uma maior

compactação do solo na parte agricultável, onde há o efeito principalmente dos maquinários agrícolas.

- Para a granulometria, a classificação textural no diagrama simples, correspondeu com o mapeamento litológico, bem como ao esboço pedológico realizado para a bacia hidrográfica, sendo classificado o ponto 01, textura média; ponto 02, textura média; ponto 03 muito argiloso; ponto 04 argiloso; ponto 05 muito argiloso; e ponto 06 textura média.

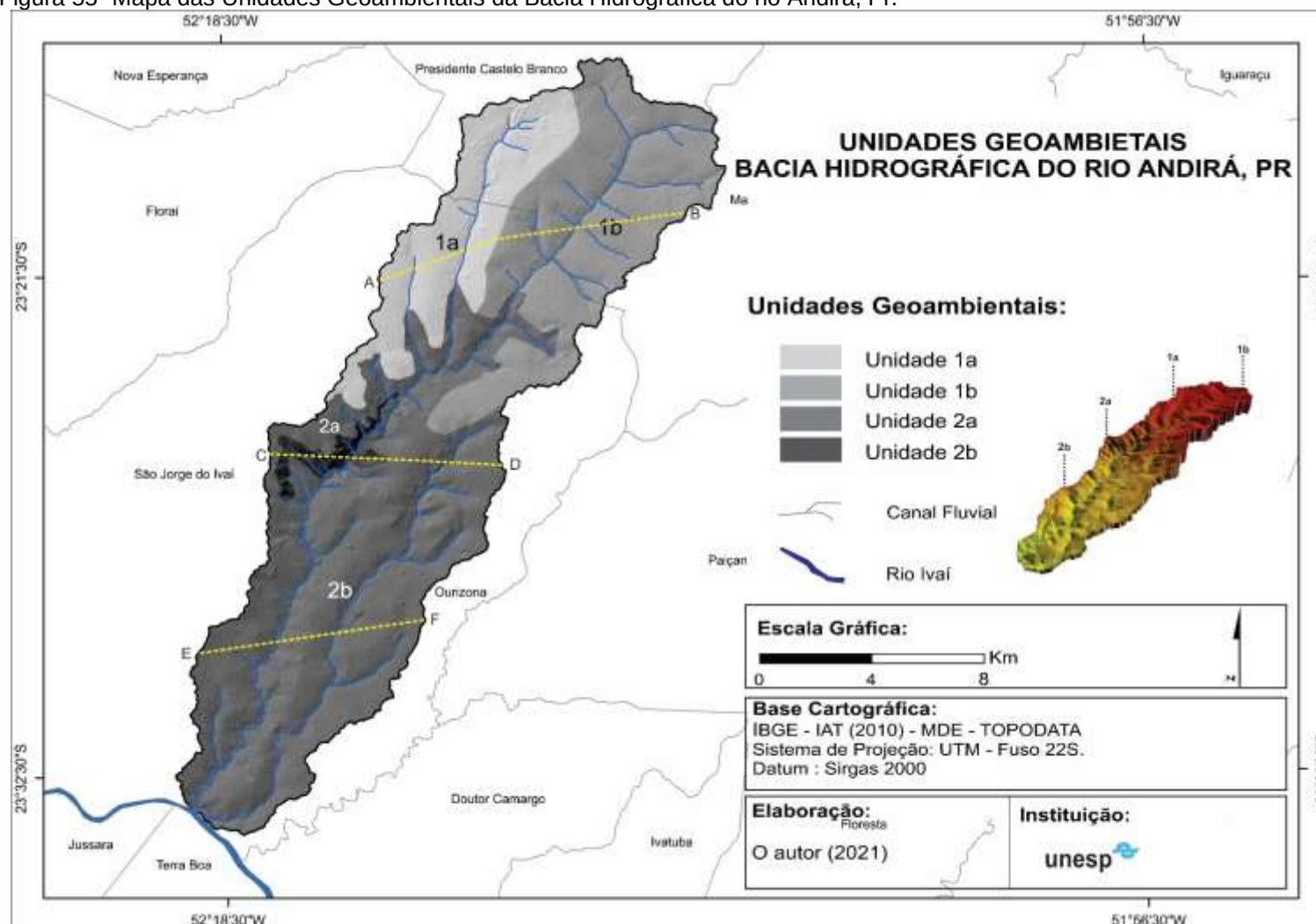
- A condutividade hidráulica variou de lento a moderada a rápida. Destaca-se o ponto 02, onde embora o solo tenha classificação de textura média, o valor de condutividade foi classificado como lento. Assim, tal situação pode ser correlacionada pela diferença textural entre as duas profundidades, bem como adensamento e a resistência do solo a penetração, indicando uma maior compactação do solo, interferindo no escoamento subsuperficial.

O conhecimento da granulometria do solo, bem como os ensaios de condutividade hidráulica, densidade do solo e de resistência a penetração são de suma importância aos estudos ambientais no que se refere principalmente ao planejamento ambiental. A diferença granulométrica, bem como os dados de compactação do solo, afeta a capacidade de infiltração da água no solo, bem como no processo de escoamento superficial, influenciando tanto na recarga de aquíferos quanto o transporte superficial de sedimentos até os rios. Soma-se a isso a ocorrência dos processos erosivos, cuja a gênese muitas vezes está relacionada à uma suscetibilidade natural, sendo agravada devido pelo manejo inadequado por parte do ser humano.

5.7 As unidades Geoambientais da bacia hidrográfica do rio Andirá.

Por meio da grande diversidade geológica, de solos, de formas de relevo, e das diferentes formas de uso e ocupação da bacia hidrográfica do rio Andirá, bem como o estudo da vulnerabilidade ambiental, foi possível realizar a delimitação de áreas com características que se assemelham do ponto de vista físico e socioeconômico, concebendo-as em unidades geoambientais. Para a bacia hidrográfica do rio Andirá, foi possível delimitar e identificar 04 unidades homogêneas (Figura 55).

Figura 55- Mapa das Unidades Geoambientais da Bacia Hidrográfica do rio Andirá, Pr.



Elaboração: O autor (2022).

Unidade 1a:

A unidade 1a corresponde ao setor mais elevado na bacia hidrográfica do rio Andirá. Compreende toda a porção noroeste da bacia hidrográfica, pertencendo aos municípios de Presidente Castelo Branco e, em menor proporção de São Jorge do Ivaí.

Quanto as características dos solos, a unidade 1a apresenta, conforme o esboço pedológico e trabalho de campo, a presença de solos com textura média. Nos topos, são encontrados os Latossolos de textura média e na média para baixa vertente os Argissolos vermelhos de textura média a arenosa.

Quanto as condições do relevo, a unidade 1a encontra-se com altitudes médias de 400 a 600 metros. As vertentes são predominantemente planas e em menor proporção com formas divergentes, as declividades médias para esta unidade foram de 3 a 12%.

A ocupação e uso da terra encontrados, foram bem diversificados (Figuras 56 e 57). O mapeamento de uso da terra em conjunto com o trabalho de campo, evidenciam tal característica da paisagem. De forma geral, os usos nesta unidade estão associados a pequenos fragmentos de pastagens e silviculturas.

Figura 56 - Paisagem com pastagens na unidade 1a.



Fonte: O autor.

O uso predominante foi da atividade canavieira, tanto nos topos como nos setores predominantemente de vertentes. Em menor proporção, destaca-se a presença dos cultivos temporários de soja e milho.

Figura 57- Diferentes culturas temporárias unidade 1a.



Fonte: O autor.

Unidade 1b:

Assim como a unidade 1a, a unidade 1b compreende todo setor mais elevado da bacia hidrográfica, com altitudes médias de 400 a 600 metros. Compreende a porção norte e nordeste da área de estudo nos municípios de Mandaguaçu de Presidente Castelo Branco.

O relevo caracteriza-se pela presença de colinas médias a amplas. As declividades médias ficaram entre as classes de 3 a 12% com declividades superiores a 20% próximo aos fundos de vale. Nesta unidade, destaca-se a presença de uma planície de inundação ao longo do rio Andirá.

Quanto aos solos, nesta unidade há um predomínio dos Argissolos nas médias e baixas vertentes e dos Latossolos de textura média nos topos. Esta unidade também se caracteriza pela presença dos arenitos da Formação Caiuá.

Os usos neste setor são mais diversos quando comparados com as demais unidades da bacia hidrográfica. A atividade canavieira ocupou o maior percentual ao longo desta unidade. Também estão presentes, próximo ao município de Mandaguaçu o uso com pastagens, representados pela pecuária

e, uma pequena mancha de eucaliptos representados pela silvicultura. Embora não muito comum para esta unidade, os cultivos temporários de soja também foram observados (Figuras 58 e 59).

Figura 58 – Paisagem com diferentes culturas na unidade 1b.



Fonte: O autor.

Figura 59 - Diferentes culturas temporárias na unidade 1b.



Fonte: O autor.

Unidade 2a:

A unidade 2a está localizada na porção central da bacia hidrográfica, próximo à área urbana de São Jorge do Ivaí, com altitudes médias de 300 a 500 metros.

Esta unidade caracteriza-se por apresentar relevo dissecado, com declividades que ultrapassam os 20%. As formas da vertente são predominantemente divergentes.

Característica marcante nessa unidade são a presença dos afloramentos de basalto, conferindo para esta unidade o predomínio dos solos rasos de Neossolos Litólicos e/ou Regolíticos. Para esta unidade, não foi realizada coleta de solo, as observações foram realizadas em campo em conjunto com a base digital de solos já existente.

Em função do relevo, os usos predominantes foram de pastagens e de fragmentos de mata. O tipo de solo, associado a um relevo dissecado, proporcionam um impedimento para o desenvolvimento agrícola, sobretudo para mecanização da terra.

Figura 60 - Uso de pastagens e mata na unidade 2 a próximo a São Jorge do Ivaí.



Fonte: O autor.

Figura 61: Presença de afloramento rochoso na unidade 2 a.



Fonte: O autor.

Unidade 2b:

A unidade 2b compreende a porção central e jusante da bacia hidrográfica do rio Andirá. Caracteriza-se por ser um compartimento basáltico, com predominância declividades médias de 3 a 12% com ligeiras declividades mais acentuadas próximo aos fundos de vale.

O rio Andirá e seus afluentes cortam a paisagem em um fundo de vale bem encaixado em forma de “v”. O relevo são de colinas médias a amplas, com predomínio de topos aplainados e vertentes divergentes a convergentes.

Por ser um compartimento basáltico, os solos desta unidade caracterizam-se por serem solos de textura argilosa, com exceção a uma mancha sedimentar na porção final da bacia. Nos topos foram encontrados os Latossolos vermelhos e nas áreas de média para a baixa vertente os Nitossolos vermelhos de textura argilosa a muito argilosa.

Os usos neste setor são os menos diversificados quando comparado com as demais unidades. São predominantemente marcados pela presença dos cultivos temporários de soja e milho (Figura 62 e 63). Os cultivos de milho na região ocorrem sempre no período de entre a safra de soja, geralmente entre os meses de fevereiro/março estendendo até junho/julho.

Figura 62 – Paisagem com cultivos temporários na unidade 2b.



Fonte: O autor.

Figura 63 - Cultivo da soja na unidade 2b.

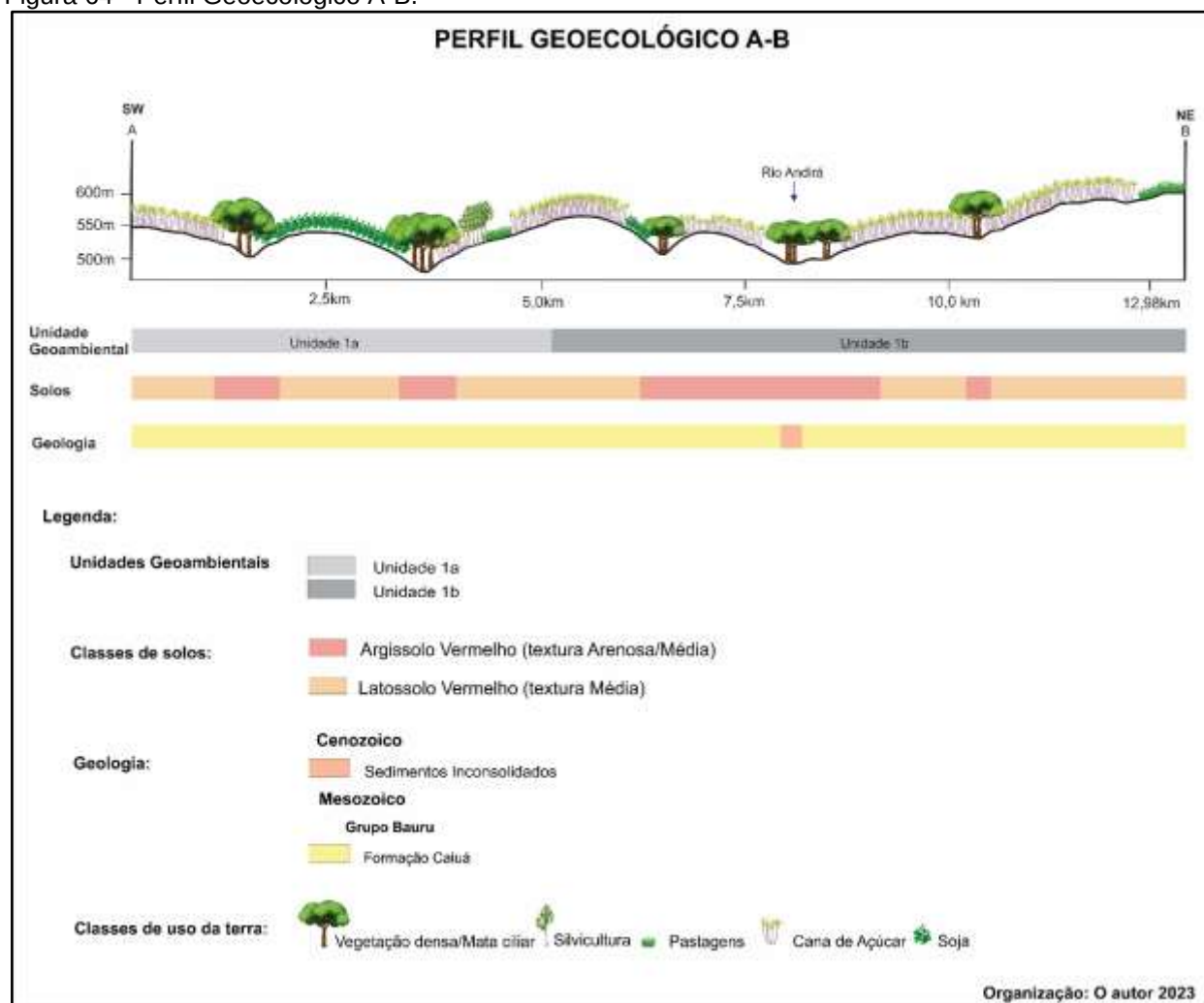


Fonte: O autor.

Com o objetivo de uma análise integrada dos elementos da paisagem e das principais características das unidades, foram desenvolvidos três perfis geoecológicos que melhor representassem as diferentes formas de uso e ocupação da paisagem, bem como suas interações com o meio físico. A elaboração desses perfis possibilita a observação e análise integrada da paisagem, destacando como a apropriação do espaço pelo ser humano é influenciada pelos elementos naturais.

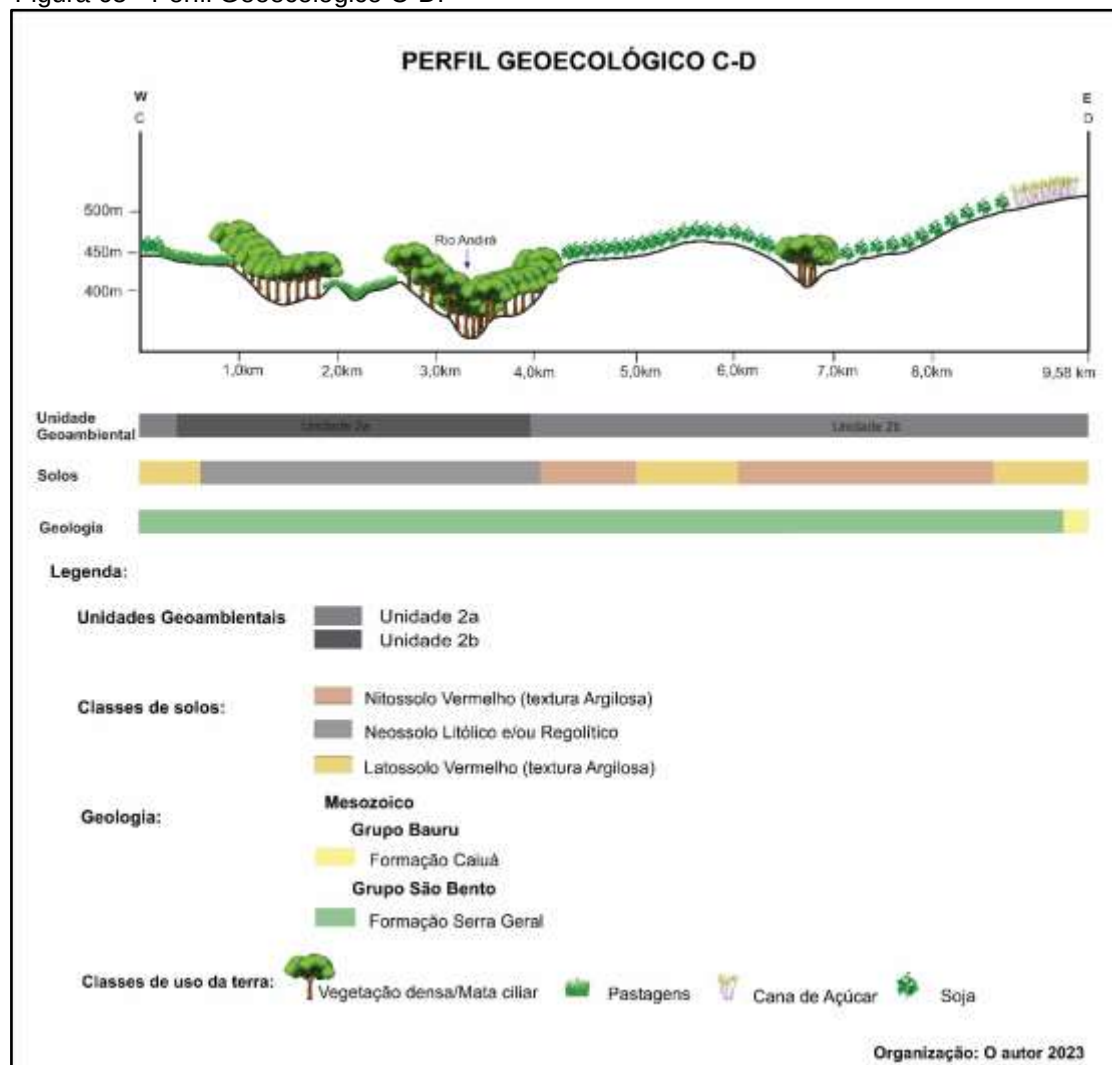
Desta forma, foram traçados três perfis que melhor representassem (A-B, C-D e E-F) a área em estudo. Os perfis seguiram a orientação de oeste-leste, e foram dispostos respectivamente, a montante, no setor médio e a jusante da bacia hidrográfica (Figuras 64, 65 e 66).

Figura 64 - Perfil Geoecológico A-B.



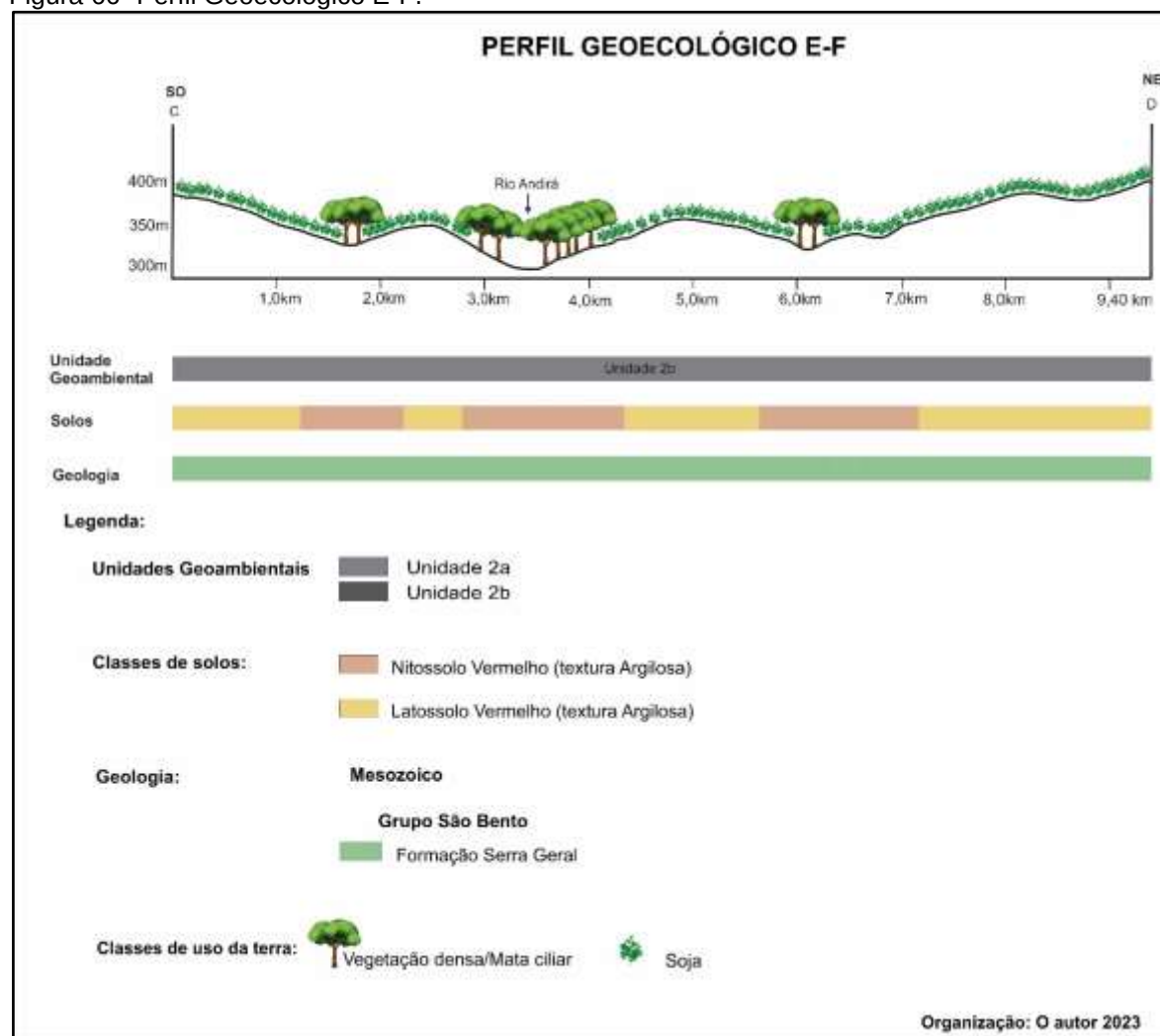
Elaboração: O autor.

Figura 65 - Perfil Geoecológico C-D.



Elaboração: O autor.

Figura 66- Perfil Geoecológico E-F.



Elaboração: O autor.

Principais observações realizadas através dos perfis geoambientais (Figuras 64, 65 e 66):

- Nos três perfis geoecológicos, foi possível observar a relação entre a geologia, formas de relevo e tipos de solos condicionando a ocupação espacial;
- No perfil A-B, evidencia um relevo com colinas médias, com o desenvolvimento de solos profundos e bem desenvolvidos, proporcionando o uso agrícola mecanizado em todo o transecto; as formas de uso e ocupação se moldam as características naturais da bacia, sobretudo as formas de uso da terra. A presença de solos de textura média, condicionaram a predominância da atividade canavieira, seguido do uso de pastagens. Embora não representando, todas as formas de ocupação da terra, o perfil A-B ilustra a diversidade de uso nas unidades geoambientais 1a e 1b;
- O elevado percentual da fração areia nos solos das unidades 1, associado a reduzida fertilidade natural, conferiu, portanto, ao favorecimento dos usos de pastagens e da cana-de-açúcar. Estes usos se adaptaram bem as condições destes solos;
- No perfil C-D, é possível observar as diferenciações nas formas do relevo entre as unidades 2a e 2b. Nos setores onde há a predominância de solos bem desenvolvidos (2b) são ocupados pela atividade agrícola temporária, predominantemente pelo uso da soja. Por sua vez, na unidade 2a, na presença de solos rasos e uma maior dissecação do relevo, os usos foram predominantemente de mata e fragmentos de mata e uso de pastagens. A presença de um relevo dissecado e de solos rasos com afloramentos, dificultam a mecanização, bem como o desenvolvimento das raízes de algumas culturas;
- O perfil E-F permite observar as principais características do compartimento 2b, como sendo todo ele basáltico, com presença de solos desenvolvidos e com excelente fertilidade natural. As formas de uso e ocupação da terra são pouco diversas e, quase que na totalidade com o desenvolvimento de lavouras de soja. No perfil, é possível notar o aumento e desenvolvimento da largura do canal do rio Andirá, quando comparado com os demais perfis.

De forma geral, foi possível compreender como se interagem os elementos naturais da paisagem. Nos setores onde há o predomínio dos solos oriundos do Caiuá, os usos são mais diversos e predominantemente com atividades canavieiras e pecuária. As colinas médias, conferem um relevo com

vertentes de menor extensão com maior densidade de drenagem. Onde há o predomínio de solos rasos, há maior densidade de canais de primeira ordem, somando a uma paisagem com predomínio de mata e de pastagens. E por fim, nas áreas com o desenvolvimento dos solos oriundos da Formação Serra Geral e relevo plano a suavemente ondulado, as colinas são médias a amplas com uso e ocupação da terra menos diverso.

A figura 67 e o quadro 03 apresentam as principais características encontradas em cada unidade geoambiental identificada na bacia hidrográfica do rio Andirá.

Figura 67- Registros fotográficos da bacia hidrográfica do rio Andirá.



Fonte: O autor.

Quadro 03 - Síntese das principais características das unidades Geoambientais da bacia hidrográfica do rio Andirá, PR.

Unidades Geoambientais	Atributos Físicos			Diagnóstico Geoambiental		
	Solos	Relevo	Declividade	Características	Potencialidades	Fragilidades
Unidades 1a	Solos de textura média (Argissolos e Latossolos)	500 a > 600m - vertentes planas e convergentes	3 a 12%	Unidade com solos bem desenvolvidos vertentes planas e convergentes	Próximo a área urbana de Pres. Castelo Branco com fácil acesso a rodovia, privilegiando atividades que não necessitam de grande logísticas	Necessitam de atenção quando aos solos mais susceptíveis aos processos erosivos
Unidades 1b	Solos de textura média (Argissolos e Latossolos)	500 a > 600m - vertentes divergentes, planas e convergentes no terço final	3 a 20%	Relevo com baixa dissecação e uso da terra bem diversificado com solos bem desenvolvidos	Próximo área urbana de Mandaguaçu e Ourizona, com boa logística. Presença de solos bem desenvolvidos e favoráveis as atividades canavieira e pecuária	Solos mais friáveis e a presença de erosões próximo a cidade de Presidente Castelo Branco. Necessitam maior atenção nas práticas conservacionistas, sobretudo nas vertentes convergentes
Unidades 2a	Solos rasos (Neossolo Litólico/ Regolíticos)	300 a 500m, vertentes íngremes com predomínio de formas divergentes.	12 a >20%	Relevo com alta dissecação, solos rasos e predomínio de vertentes curtas e íngremes.	Potencial para uso de pastagens e de reservas legais com a preservação de mata	Solos com alta dissecação e poucos desenvolvidos. Limitando aos usos de pastagens e de mata
Unidades 2b	Solos de textura argilosa a muito argilosa (Latossolos e Nitossolos)	255 a 500m - vertentes planas, convergentes e divergentes	3 a 20%	Relevo com predomínio de colinas amplas, com menor declividade, solos bem desenvolvidos	Próximo a cidade de Ourizona e São Jorge do Ivaí, com a presença de solos férteis e bem desenvolvidos favorecendo ao uso de culturas temporárias como soja/milho	Solos bem desenvolvidos e com boa fertilidade natural, contudo, solos muitos argilosos tendem a se compactar com maior facilidade em função do alto teor da argila associado aos usos dos maquinários agrícolas

Elaboração: O autor (2023).

6. Considerações Finais

A partir da realização do presente trabalho, foi possível identificar e compreender as relações entre os elementos naturais e antrópicos da bacia hidrográfica do rio Andirá, bem como a identificação e delimitação de unidades homogêneas com estruturas, fisionomias e características semelhantes. Como considerações finais, têm-se as seguintes colocações:

Os temas abordados na fundamentação teórica forneceram embasamento e articulação entre a teoria e a prática dos estudos, além das aplicações metodológicas, sob a perspectiva do planejamento ambiental.

O conceito de paisagem e região, como categorias análise ou conceitos fundamentais da Geografia, foram de encontro com os objetivos e procedimentos metodológicos realizados na pesquisa. Primeiramente, sob a ótica da paisagem, permitiu-se olhar de forma integrada entre, a natureza e sociedade e, como a sociedade relaciona-se com o meio natural em função de suas potencialidades e fragilidades.

O conceito de região, tendo como ponto de partida sua definição, apresenta-se como um importante conceito, especialmente na fase metodológica da pesquisa, com a identificação das áreas homogêneas a partir de critérios.

As variáveis e os pesos elencados para a análise da vulnerabilidade ambiental foram adequados para o desenvolvimento da pesquisa, permitindo uma boa espacialização e interpretação das vulnerabilidades encontradas na bacia hidrográfica. A representação da vulnerabilidade de forma contínua, permitiu interpretar e observar a ocorrência das diferentes vulnerabilidades ao longo da bacia hidrográfica.

De forma geral, as maiores vulnerabilidades encontradas foram a montante da bacia hidrográfica. Esses pontos, estão associados aos solos de textura média a arenosa com a presença de formas de vertente convergentes e declividades acentuadas. Nesses setores de alta vulnerabilidade o uso mais frequente foi o da cana-de-açúcar.

A atividade canavieira, como descrito na pesquisa, vem ganhando campo por toda região noroeste do estado do Paraná. As práticas

conservacionistas, como o terraceamento, mostram-se fundamentais para manutenção do equilíbrio ambiental nessas áreas vulneráveis.

As médias e baixas vulnerabilidades estão associadas de forma geral a solos mais argilosos, com a presença de culturas temporárias como soja e milho. As maiores diferenciações foram relacionadas aos tipos de solos e as formas das vertentes. As menores vulnerabilidades associam a vertentes planas e divergentes nos setores de topos e interflúvios com a ocorrência dos Latossolos.

Quanto à presença de processos erosivos, foi possível observar, em campo, a presença de uma voçoroca bem desenvolvida próximo à área urbana de Presidente Castelo Branco. A ocorrência desta incisão associa-se a área com alta vulnerabilidade ambiental. Também foram identificadas pequenas feições erosivas lineares nas médias vulnerabilidades ambientais.

As análises físicas de densidade do solo, resistência a penetração, granulometria e de condutividade hidráulica do solo, foram de suma importância para o conhecimento das principais características do solo. Embora as coletas tenham sido em áreas com usos da terra diferentes e, em solos diferentes, o conhecimento dessas principais características, permite identificar e comparar os dados com as manchas de vulnerabilidade.

O uso dos perfis geoambientais ajudaram a compreender e identificar a estrutura da paisagem sob a perspectiva horizontal e vertical, sendo possível compreender e correlacionar os diferentes elementos da paisagem.

Conclui-se, assim, que a hipótese da pesquisa foi comprovada, uma vez que a elaboração e análise da vulnerabilidade ambiental apresentou-se ser um instrumento apropriado para a identificação e mapeamento das unidades geoambientais da bacia hidrográfica do rio Andirá.

Esses estudos, quando realizados de forma integrada (sociedade e natureza) apresentam-se como importantes instrumentos de diagnóstico e prognóstico ambiental, à medida que apresentam importantes elementos e informações das unidades identificadas em uma unidade territorial.

Identificar e reconhecer que cada unidade apresenta suas limitações e potencialidades, permite ao poder público executar e planejar as melhores ações para cada unidade considerando suas características. No planejamento ambiental, toda ação, precede uma investigação.

Referências:

AB'SABER, A. Um Conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**, n. 18, IGEOG-USP, 1969.

ALMEIDA, P. F., SILVA, J. B. L., NEVES, F. M. Vulnerabilidade ambiental do Município de Teixeira de Freitas- BA. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.13, n.04 p.1587-1609, 2020.

BACANI, V. M.; SAKAMOTO, A. Y.; LUCHIARI, A.; QUENOL. H. Sensoriamento remoto e SIG aplicados à avaliação da bacia hidrográfica ambiental. **Mercator (Fortaleza)**, v. 14, p. 119-135, 2015.

BARROS, J.S.; CASTRO, A.A.J.F. Compartimentação geoambiental no complexo de Campo Maior, PI: uma área de tensão ecológica. **Revista internacional de desenvolvimento local**. v.8, n.13, p. 119-130, 2006.

BENATTI, J.H. Aspectos legais e institucionais do zoneamento ecológico-econômico. **Revista de Direito Ambiental** 29, São Paulo, ano 8, jan. mar. 2003, p. 103-114.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global. **Revista O Espaço Geográfico em Análise**. Curitiba, n. 7, p. 79-85, 2004.

BLASHKE, T.; HAY, G. J.; KELLY, M.; LANG, S.; HOFMANN P.; ADDINK, E.; FEITOSA, R. Q.; VAN DER MEER, F.; VAN DER WERFF, H.; VAN COILLIE, F.; TIEDE, D. Geographic Object-Based Image Analysis – towards a new paradigm. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 87, p. 180-191, 2014.

BRASIL. **Constituição (1988)**. **Constituição** da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, p. 292, 1988.

BRASIL. **Lei nº 6.938** de 1981: Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. 1981.

BRASIL. Zoneamento Ecológico Econômico. **Decreto 4.297**, de 10 de julho de 2002. Brasília, 2002.

CABRAL, J. B. P., DA ROCHA, I. R., MARTINS, A. P., DA ASSUNÇÃO, H. F. E BECEGATO, V. A. Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Doce (GO), utilizando técnicas de geoprocessamento, **GeoFocus** (Artículos), nº 11, p. 51-69, 2011.

CAMPAGNOMI, D.; BECEGATO, V. A.; BRAIDA, J. A.; SANZOVO, N.; MACHADO, W. C. P. Planejamento urbano e conflito ambiental na bacia hidrográfica do rio Penso- Município de Pato Branco- Estado do Paraná. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 3, n.1, p. 28-46, 2009.

CONTI, J. B. A. **Geografia Física e as relações sociedade natureza no mundo tropical**. 2. Edição, Humanitas: São Paulo, 36p., 2002.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. D.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BASBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: Inpe, 2001.

CRUZ, P. T. da. 100 Barragens Brasileiras. Casos Históricos, Materiais de Construção e Projetos. **Oficina de Textos**. São Paulo, 1996.

EMBRAPA. – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Mapa de Solos do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos e Florestas, 2008.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2018, 590p.

ESQUERDO, J. C. D. M.; ANTUNES, J. F. G.; COUTINHO, A. C.; SPERANZA, E. A.; KONDO, A. A.; SANTOS, J. L. dos. SATVeg: A web-based tool for visualization of MODIS vegetation indices in South America. **Computers and Electronics in Agriculture**. V. 175, August, 2020, 105516.

FADINI, A. A. B.; CARVALHO, P. F. Os usos das águas do Moinho – Um estudo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Moinho – Nazaré Paulista-SP. II Encontro da ANPPAS. Indaiatuba: **ANPPAS**, 2004, p. 01-20.

FIDALSKI, J. Diagnóstico de manejo e conservação do solo e da água na região Noroeste do Paraná. **Revista Unimar**, Maringá, v.19, n.3, p. 845-851, 1997.

FORTES, E.; VOLKMER, S. Potencialidades Geoambientais e Dinâmica das Paisagens de Bordas Planálticas – o caso dos Municípios de Mauá da Serra e Faxinal, Paraná, Brasil. **Revista Confins**. Nº33. 22 p. 2017.

FUSHIMI, M. **Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares de parte dos municípios de Marabá Paulista- SP e Presidente Epitácio- SP**. 2016.199 f. Tese (Doutorado) Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2016.

GREGORY, K. J. **A natureza da geografia física**. São Paulo: Bertrand Brasil, 367p. 1992.

GRISA, K. T. **Mapeamento da fragilidade potencial do alto curso da bacia hidrográfica do rio Cotegipe PR**. 2014, 67f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2014.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Impactos ambientais e urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 416p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010.**

IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra.** Rio de Janeiro, 3º edição, 2013.

ITCG. **Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná.** Zoneamento Ecológico Econômico, 2010.

JABUR, I.C.; SANTOS, M.L. Revisão estratigráfica da Formação Caiuá. **Boletim de Geografia**, ano 2, n.2, p.91-106, 1984.

KER, João Carlos. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**, 1997.

KÖPPEN, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la tierra.** Fondo de Cultura Económica. México. 1948. 479p.

LEEF, E. **Epistemologia Ambiental.** 4. Edição, São Paulo: Cortez, 2006. 240 p.

LEITE, N. S.; RIZZATTI, I. M.; SILVA, EDSON, V. da. Análise Paisagística do Litoral do Município de Fortim- Ceará: Subsídios ao planejamento ambiental local. **Espaço Aberto**, V.06, n° 2, p. 103-125, 2016.

LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LEVIGHIN, S. C.; VIADANA, A. G. Perfis geo-ecológicos como técnica para o estudo das condições ambientais. **Uberlândia: Revista Sociedade & Natureza**, n.14-15, p.5-19, 2002.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná.** 4ed. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2012, 526p.

MANFRÉ, L. A., SILVA da, A. M., URBAN, R. C., RODGERS, J. Environmental fragility evaluation and guidelines for environmental zoning: a study case on Ibiuna (the Southeastern Brazilian region). **Environmental Earth Sciences**, v. 69, n. 3, p. 947-957, 2013.

MATA, S. **Planejamento urbano e preservação ambiental.** Fortaleza: UFC, 1981. 242 p.

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

MENEZES, D. J.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; SCCOTI, A. A. V. Zoneamento geoambiental do município de São Pedro do Sul – RS. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 07, n.2, p. 68-80, 2011.

MONTAÑO, M.; OLIVEIRA, I. D.; RANIERI, V. E. L.; SOUZA, M. P. A necessidade de incorporação do Zoneamento Ambiental como instrumento de planejamento e gestão territorial urbana. In: International Congress on Environmental Planning and Management, 2005,

Brasília. **Proceedings**. Brasília: Universidade Católica de Brasília, 2005. p. 1 - 22.

Monteiro, C. A. de F. **Geossistemas: A história de uma procura**. 2ed. São Paulo: Contexto, 127f., 2001.

MORO, D. A. Aspectos Geográficos da modernização agrícola no norte do Paraná. **Boletim de Geografia**, UEM, n. 13, outubro, 1995.

MORO, D.A. **Substituição de culturas, modernização agrícola e organização do espaço rural, no norte do Paraná**. 1991. Tese (Doutorado) do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1991.

NISHIZIMA, M. L. **Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares do setor centro sul do município de Mirante do Paranapanema-SP**. 2021. 140 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2021.

NÓBREGA, M.T.; GASPARETTO, N.V.L. & NAKASHIMA, P. Metodologia para cartografia de Umuarama-PR. **Boletim de Geografia**, 10:5-10, 1992.

OLIVEIRA, I. P. & CRUZ, M. L. B. A dinâmica natural das paisagens cearenses e sua importância para o planejamento ambiental. **Revista Regne**, v. 02, n. 2, p. 1-10, 2006.

OLIVEIRA, P. T. S. de.; SOBRINHO, T. A.; RODRIGUES, D. B. B.; PANACHUKI, E. Mapeamento de risco de erosão aplicado ao zoneamento ambiental. **Water Resources Management**, v. 25, n. 3, p. 1021-1036, 2011.

PEDRO, L.C. **Dinâmicas de apropriação e ocupação em diferentes formas de relevo: Análise dos impactos e da Vulnerabilidade nas cidades de Presidente Prudente/SP**. 2014. 265 f. Tese (Doutorado) Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2014.

PERIÇATO, A. J.; DE SOUZA, M. L. O estudo do potencial e emergente na bacia hidrográfica do rio das Antas, Noroeste do Paraná. **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 59, p. 1064-1082, 2019.

PERIÇATO, A.J. **UNIDADES GEOAMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ANTAS, PARANÁ: POTENCIALIDADES E FRAGILIDADES**. 2018, 116f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, 2018.

QUINTAS, J.S; OLIVEIRA, M. J. **A formação do educador para atuar no processo de gestão ambiental**. Brasília: IBAMA, 9p.1995.

RANIERI, V. E. L.; MONTAÑO, M.; FONTES, A. T.; OLIVEIRA, I. D.; SOUZA, M. P. O Zoneamento Ambiental como instrumento de política e gestão ambiental.

In: ESPÍNDOLA, E. L. G.; WENDLAND, E. (Orgs.). PPG-SEA: **Trajetórias e perspectivas de um curso multidisciplinar**. São Carlos: Rima, 2005. v.4, p.109-136.

ROCHA, J. S. M. da. **Área de proteção ambiental (APA) de Osório Morro da Borússia**. Osório: Prefeitura Municipal de Osório, 1995. 188 p.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da. **Planejamento e gestão ambiental: subsídios da geoecologia das paisagens e da teoria geossistêmica**. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

RODRIGUEZ, J.M.M. **Geoecologia de los paisajes**. Mérida/Venezuela: Editora de La Universidade de Los Andes, 1991.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990. 85p.

SANCHES, C. C. **Análise dos sistemas de paisagem e relações com a valoração dos imóveis rurais no município de Faxinal, PR**. 2019, 127f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, 2019.

SANTOS, M.R.R dos; RANIERI, V.E.L. Critérios para análise do zoneamento ambiental como instrumento do planejamento e ordenamento territorial. **Revista Ambiente & Sociedade**, São Paulo v. XVI, n. 4, p. 43-62, out. dez. 2013.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184p.

SANTOS, R. M.; NÓBREGA, M. T.; PAIVA, R. G.; SILVEIRA, H. Análise da fragilidade ambiental no município de Tamboara -PR: Aplicação e estudo comparativo de duas metodologias. **Geoambiente on-line**. V. 14, janeiro-junho, p. 93-120, 2010.

SAUER, O. A morfologia da paisagem. In: CORRÊA; ROZENDAHL (Org.) **Paisagem tempo e cultura**. Rio de Janeiro: EDUERJ, 1998.

SCHIER, R. A. **As concepções da paisagem no código florestal**. Curitiba, 2003. 117 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. 2003.

SENA, L. B. R. da. **Curso de especialização à distância em instrumentos jurídicos, econômicos e institucionais para o gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: ABEAS, 1999. 193 p.

SERRA, E. A colonização empresarial e a repartição da terra agrícola no Paraná moderno. **Boletim de Geografia**, Maringá, n.1, p.49 -59, 1993.

SERRA, E. Conflitos rurais no Paraná: como foi que tudo começou. **Boletim de Geografia, Maringá**, v.28, n.1, p.75-89, 2010.

SERRA, E. Reflexões sobre a origem da crise agrária no norte do Paraná. **Boletim de Geografia**, Maringá, v.19, n.1, p. 45-58, 2001.

SILVA, J. S. V.; SANTOS, R. F. Zoneamento para planejamento ambiental: vantagens e restrições de métodos e técnicas. **Cadernos de Ciência e Tecnologia, Brasília**, v. 21, n. 2, p 221-263, maio, 2004.

SILVA, L. F.; CUNHA, E. R. da; BACANI, V. M. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, Vol. 20, n.1, p. 01 -12, 2018.

SILVEIRA, D. T; CÓRDOVA, F. P. A pesquisa Científica. In: GERHARDT, T. E; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2009. 120p.

SISTEMA DE ANÁLISE TEMPORAL DA VEGETAÇÃO (SATVEG). **EMBRAPA**. Disponível em <https://www.satveg.cnptia.embrapa.br/satveg/pages/home.html>.

SOARES, M. R. G de J.; SOUZA, J. I. M. de.; JERSZURKI, D. Potencial de uso Agrícola e legislação ambiental voltados ao planejamento na bacia do rio Pequeno-PR. **RA´E GA**, v. 21. P. 186-203, 2011.

SOUZA, M. P. **Instrumentos de gestão ambiental**: fundamentos e prática. São Carlos: Editora Riani Costa, 2000. 112p.

SPORL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da Fragilidade Ambiental com Aplicação de Três Modelos. **GEOUSP - Espaço e Tempo**. (15), p. 39-49, 2004.

SUERTEGARAY, D. M. A. Espaço Geográfico Uno e Múltiplo. **Revista eletrônica de Geografía y ciencias sociales**. Universidad de Barcelona, n. 93, jul. 2001.

SUERTEGARAY, D. M. A. Geografia e interdisciplinaridade. Espaço geográfico: interface natureza e sociedade. **Geosul**, Florianópolis, v.18, n.35, p. 43-53, jan./jun. 2003.

SUERTEGARAY, D. M. A. NUNES, J. O. R. A Natureza da Geografia Física na Geografia. **Revista Terra Livre**, n. 17, p 11-24, 2001.

THOMAZ, S.L. Sinopse sobre a geologia do Paraná. **Boletim de Geografia**, ano 2, n.2, p. 76-90, 1984.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Unidades geoambientais na bacia hidrográfica do rio Itu- Oeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista do departamento de Geografia- USP**, v. 23, p.267-287, 2012.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

VITTE, A. C. O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na geografia física. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 6, n. 11, p. 71-78, 2007.