



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

TESE DE DOUTORADO

**VARIABILIDADE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL FRENTE À
INTENSIFICAÇÃO AGRÍCOLA NO ALTO E MÉDIO RIO CANOAS/SC**

ANDREA CRISTINA CONCEIÇÃO LEMOS

ORIENTADORA: Prof^a. Dr^a. Dejanira Luderitz Saldanha

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Álvaro Luiz Mafra

PORTO ALEGRE, NOVEMBRO DE 2018.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**VARIABILIDADE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL FRENTE À
INTENSIFICAÇÃO AGRÍCOLA NO ALTO E MÉDIO RIO CANOAS/SC**

ANDREA CRISTINA CONCEIÇÃO LEMOS

Banca Examinadora:

Prof.^a Dra. Nina Simone Vilaverde Moura (UFRGS)

Prof.^o Dr. Felipe de Sousa Gonçalves (IFRS Campus Osório)

Dra. Gabriela Camboim Rockett (SEPLAN/RS)

**Tese de doutorado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Geografia como requisito para
obtenção do título de Doutora em
Geografia**

PORTO ALEGRE, NOVEMBRO DE 2018.

CIP - Catalogação na Publicação

Lemos, Andrea Cristina Conceição
VARIABILIDADE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL FRENTE À
INTENSIFICAÇÃO AGRÍCOLA NO ALTO E MÉDIO RIO CANOAS/SC
/ Andrea Cristina Conceição Lemos. -- 2018.
189 f.
Orientadora: Dejanira Luderitz Saldanha.

Coorientador: Álvaro Luiz Mafra.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de
Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. Fragilidade Ambiental. 2. Uso do Solo. 3.
Erosão. 4. Sensoriamento Remoto. 5. Bacia
Hidrográfica. I. Saldanha, Dejanira Luderitz, orient.
II. Mafra, Álvaro Luiz, coorient. III. Título.

EPÍGRAFE

“Todo vale será intensificado e toda montanha e colina serão arrasadas; as curvas serão retas e os lugares ásperos serão planos”. James Hutton, 1785.

AGRADECIMENTOS

Ao longo da minha trajetória acadêmica, desde a graduação até o doutoramento, houve um grande número de pessoas que de alguma maneira contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e crescimento profissional.

Gostaria de agradecer primeiramente a minha família, em especial a minha mãe Gilce, meus irmãos Mariana e Gabriel, meu padrasto Jorge, minha vó Thereza Lemos e meu pai Edison Lemos que sempre acreditaram e incentivaram minha trajetória.

Agradeço a minha orientadora, professora Dejanira Saldanha, que me acolheu desde o mestrado nesta instituição, sempre incentivando e me dando autonomia no desenvolvimento da minha pesquisa. Também deixo meu agradecimento ao meu co-orientador, professor Álvaro Mafra da UDESC/CAV, que abriu as portas desta universidade sempre me auxiliando nos meus questionamentos ao longo da tese. Agradeço a todos professores que desde a graduação contribuíram com o meu crescimento, muitos destes servindo de inspiração nas minhas práticas docentes hoje.

Aos meus queridos amigos da pós-graduação, Gabriela Rockett, Carina Petsch Aline Kunst, entre outros que foram um presente nesta caminhada, deixando esta trajetória mais leve. Ao Thiago Silva e a Amanda Bahi, pelo companheirismo e amizade nos anos que dividimos apartamento e histórias. Aos meus irmãos de coração Carlos Vinicius, Cátia Goulart e Fernando Scottá.

À minha irmã Anielle, por ser muito mais que uma irmã, mas uma grande amiga e companheira. À Fernanda, Sirlei e Volnei Evangelista que em pouco tempo se tornaram uma segunda família sempre apoiando e incentivando esta caminhada.

Ao meu namorado Filipe Evangelista, ao qual eu dedico esta Tese, por dividir todos esses momentos, auxiliando sempre da melhor maneira sem medir esforços, além do incentivo diário e da inspiração.

À Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa durante a realização deste doutorado. Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo financiamento desta pesquisa.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul por ofertar uma ótima estrutura para desenvolver minha pesquisa.

Por fim, um agradecimento especial a todos que participaram de alguma maneira e que não foram aqui nomeados, meu muito obrigada!

RESUMO

Visto como a soma das ações do homem ao longo do tempo no espaço, o espaço geográfico registra todas as interações homem x natureza e as transformações do ambiente oriundas dessas interações. A aceleração da interferência antrópica no ambiente vem alterando o equilíbrio dinâmico de acordo com as características intrínsecas do mesmo (relevo, solos, cobertura vegetal e clima), ou seja, a fragilidade ambiental. Neste contexto, estudos voltados para análise integrada da paisagem, com destaque para fragilidade ambiental, são importantes para o monitoramento temporal de suas transformações. O objetivo deste trabalho foi analisar a variabilidade da fragilidade ambiental frente à intensificação agrícola nos últimos trinta anos, considerando variáveis como geomorfologia, geologia, pluviosidade e tipos de solos. As unidades representativas para o estudo foram as porções a montante (8.927km²) da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas (22.808km²), uma das mais importantes do Estado de Santa Catarina, devido à grande diversidade geológica e importância ambiental, por ser nascente de um dos afluentes do Rio Uruguai, na porção sudeste da Bacia do Paraná e área de recarga do Aquífero Guarani. O resultado final do trabalho consiste em duas cartas de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica em estudo, que foram produzidas a partir dos estudos e mapeamentos básicos de geologia, geomorfologia, regime pluviométrico, solos e uso do solo. A unidade de estudo localiza-se no sudeste da morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná apresentando rochas sedimentares e magmáticas. Na porção centro-norte as rochas aflorantes são do período Paleozóico e no centro-oeste e leste afloram rochas sedimentares e magmáticas do Mesozóico como a Formação Botucatu e Serra Geral. As altitudes variam entre 650m a 1827m. Com relação as declividades, a área apresenta declividades predominantes de 8 a 20% e nos padrões de relevo em forma de escarpa e interflúvios estreitos as declividades estão de 20 a 70%. Os solos predominantes na unidade de análise são os Cambissolos e Neossolos litólicos e há pequenas porções de Latossolos e Nitossolos. Com base nas classificações de uso e ocupação do solo dos anos de 1987 a 2016, foi identificado um aumento das áreas de agricultura e silvicultura, principalmente no Oeste. Também foi possível identificar uma fragmentação da mata nativa inserindo-se em área de campo e entre as áreas de silvicultura. Apesar do aumento dos usos voltados para agricultura e silvicultura, a região ainda se caracteriza como preservada e predominante rural, apresentando moderados graus de fragilidade ambiental. As cartas de fragilidade possibilitaram confirmar averiguações de campo identificando cinco graus, Muito Fraco, Fraco, Médio, Forte, e Muito Forte. Como variável índice para o objetivo deste estudo utilizou-se a geomorfologia por compreender que este é um importante dado para aptidão agrícola, seguido pelo uso e ocupação do solo, solos, geologia e pluviosidade. Sendo assim, as áreas de escarpas, com declividades acima de 20% foram classificadas com alto grau de fragilidade ambiental, pois além das altas declividades constituem-se de afloramentos rochosos e Neossolos litólicos. Destaca-se como área de menor fragilidade o extremo oeste da área de estudo, área onde há uma intensa atividade agrícola com culturas de grãos, no entanto, os condicionantes fisiográficos pesam como grau 1 (Muito Fraco) de fragilidade, apresentando interflúvios amplos (0 – 3% declividade), Latossolos, e substrato composto por rochas efusivas básicas e regime pluviométrico bem distribuído ao longo do ano. Este estudo avançou sobre o conhecimento relativo à geomorfologia em detalhe da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas e na compreensão da dinâmica de ocupação do espaço nesta região o que é importante para prever aspectos do seu comportamento. Esse conhecimento dentro do

contexto ambiental permite visualizar um conjunto de fatos integrantes da paisagem e possibilita avaliar interferências e inter-relações das variáveis que caracterizam o quadro ambiental, servindo de base para investigações posteriores para a gestão e preservação do território.

Palavras-chave: Fragilidade Ambiental, Bacia Hidrográfica do Rio Canoas, Uso e Ocupação do Solo, Geomorfologia.

ABSTRACT

Seen as the sum of human's actions over time in space, geographic space records all human x nature interactions and the transformations of the environment arising from these interactions. The acceleration of the anthropic interference in the environment has been changing the dynamic equilibrium according to the intrinsic characteristics (relief, soils, vegetation cover and climate), that is, the environmental fragility. In this context, studies focused on integrated landscape analysis, with emphasis on environmental fragility, are important for the temporal monitoring of its transformations. The objective of this work was to analyze the environmental variability against intensification in the last thirty years, considering the variables such as geomorphology, geology, rainfall and soil types. The representative unit for the study were the upstream portions (8,927km²) of the Canoas River Watershed (22,808km²), one of the most important in the State of Santa Catarina, due to the great geological diversity and environmental importance, since it is the source of a of the tributaries of the Uruguay River, in the southeastern portion of the Paraná Basin and the recharge area of the Guarani Aquifer. The final result of the work consists of two maps of environmental fragility of the hydrographic basin under study, which was possible from the studies and basic mapping of geology, geomorphology, pluviometric regime, soils and land use. The unit of study is located in the southeast of the morphostructure of the Paraná Sedimentary Basin presenting sedimentary and magmatic rocks. In the north-central portion the outcropping rocks are from the Paleozoic period and in the center-west and east sedimentary and magmatic rocks of the Mesozoic such as the Botucatu and Serra Geral Formation appear. The altitudes range between 650m to 1827m. In relation to the slopes, the area presents predominant slopes of 8 to 20% and in the patterns of relief in form of scarp and narrow interfluvias the slopes are of 20 to 70%. The predominant soils in the unit of analysis are the Cambisols and Litololic Neosols and there are small portions of Latosols and Nitosols. Based on land use and occupation classifications from 1987 to 2016, an increase in the areas of agriculture and forestry was identified, mainly in the west. It was also possible to identify a fragmentation of the native forest, inserting itself in grassland area and between the forestry areas. Despite the increase in uses for agriculture and forestry, the region is still characterized as preserved and predominantly rural presenting moderate degrees of environmental fragility. The maps of fragility made it possible to confirm field investigations identifying five grades, Very Weak, Weak, Average, Strong, and Very Strong. As an index variable for the purpose of this study, geomorphology was used to understand that this is an important data for agricultural capability, followed by land use, occupation, soil, geology and rainfall. Thus, areas of escarpment with slopes above 20% were classified with a high degree of environmental fragility, since in addition to the high slopes they consist of rocky outcrops and litholic Neosols. It is highlighted as an area of very low fragility the extreme west of the study area, an area where there is an intense agricultural activity with the crop-based agriculture, however, the physiographic conditions weigh as degree 1 (very low) of fragility, presenting wide interflúvios (0 - 3% slope), Latosols, and substrate composed of basic effusive rocks and pluviometric regime well distributed throughout the year. This study advanced the knowledge about the geomorphology in detail of the Canoas River Basin and the understanding of the dynamics of space occupation in this region which is important to predict aspects of its behavior. This knowledge within the environmental context allows visualizing a set of facts that are part of the landscape and makes it possible to evaluate interferences and interrelationships of the variables that characterize the

environmental framework, serving as a basis for further research for the management and preservation of the territory.

Keywords: Environmental Fragility, Canoas Watershed, Land Use and Land Use, Geomorphology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Transição das atividades de uso e ocupação do solo ao longo do tempo.....	3
Figura 2: Coluna Estratigráfica da Bacia Sedimentar do Paraná com destaque para as duas Supersequências presentes na área de estudo	15
Figura 3: Representação das Unidades Taxonômicas propostas por Ross (1992)	20
Figura 4: Dados SRTM originais (esq.) e refinados Topodata (dir.) sobre área de alta densidade de drenagem.....	27
Figura 5: Comparação entre as bandas e comprimentos de onda do Landsat 8 sensor OLI e TIRS com Landsat 7 sensor ETM+	33
Figura 6: Representação do Método da Combinação Linear Ponderada (CLP)	43
Figura 7: A) Zona de Contato litológico Formação Serra Geral (Topo vegetado) e Formação Botucatu (área aflorante); B) Afloramento da Formação Serra Geral no Morro da Igreja-Urubici-SC	49
Figura 8: Afloramento Formação Botucatu – Serra Dois Irmãos – Bocaina do Sul-SC.	49
Figura 9: Afloramentos de rochas sedimentares do Gondwana I Com estratificação plano paralela; A) Afloramento de siltitos e pelitos em corte de estrada BR-116 município de Correia Pinto; B) Afloramento de siltitos e carvão em cascalheira; C) Afloramento de pelitos em pedreira no município de Palmeira-SC	51
Figura 10: Morfologia do Alto Canoas. A) Bocaina do Sul Serra Dois Irmãos; B) Serra Dois Irmãos Bocaina do Sul próximo de Rio Rufino; C) Urubici – Morro da Igreja	59
Figura 11: Morfologia do Médio Rio Canoas. A) Interior do Município de Bocaina do Sul; B) Município de Lages; C) Município de Correia Pinto.....	60
Figura 12: Gráfico da média anual das estações pluviométricas do Alto e Médio Rio Canoas (1986-2016)	68
Figura 13: Perfis topográficos W – E	86
Figura 14: Perfis Topográficos N – S	87
Figura 15: A) Declividade com destaque para o padrão de forma de morros e colinas com interflúvios amplos; B) Geologia do padrão de forma; C) Morfologia do Padrão de forma com destaque para morro residual da Formação Botucatu; D) Morfologia predominante do padrão de forma, colinas com interflúvios amplos.....	90

Figura 16: A) Declividade com destaque para o padrão em forma de Domo; B) Geologia do padrão de forma; C) Morfologia do Padrão de forma apresentando colinas com interflúvios médios e amplos; D) Afloramento da Formação Irati.....	92
Figura 17: A) Declividade com destaque para o padrão de forma de morros com interflúvios estreitos; B) Geologia do padrão de forma; C) Morfologia do Padrão de forma apresentando morros com interflúvios estreitos; D) Padrão de forma no Município de Urubici.....	94
Figura 18: A) Declividade com destaque para o padrão em forma de Escarpa; B) Geologia do padrão de forma; C) Morfologia do Padrão de forma apresentando as escarpas do planalto com acentuadas declividades; D) Escarpa do planalto no Município de Bocaina do Sul.....	96
Figura 19: A) Declividade com destaque para o padrão em forma de colinas com interflúvios médios; B) Geologia do padrão de forma; C) Morfologia do Padrão de forma apresentando colinas com interflúvios médios; D) Colinas com interflúvios médios próximo a barragem do Rio Caveiras.....	97
Figura 20: A) Declividade com destaque para o padrão em forma de morros e colinas com interflúvios médios e terraços fluviais; B) Geologia do padrão de forma; C) Morfologia do Padrão de forma apresentando colinas com interflúvios médios; D) Terraço Fluvial próximo ao curso do Rio Cachorros.....	98
Figura 21: A) Declividade com destaque para o padrão em forma de colinas com interflúvios amplos; B) Geologia do padrão de forma; C) Morfologia do Padrão de forma apresentando colinas com interflúvios amplos; D) Padrão de forma de colinas com interflúvios amplos.....	100
Figura 22: Uso e ocupação do solo do ano de 1987, na área de estudo (%).....	116
Figura 23 – Uso e Ocupação do Solo do ano de 2016, na área de estudo (%).....	119
Figura 24: Campo: A) Campos próximo ao Rio Caveiras no Município de Lages; B) Campos/Pastagens voltadas para a criação de bovinos.....	120
Figura 25: Cursos d'Água: A) Rio Caveiras; B) Rio Canoas.....	121
Figura 26: Agricultura: A) Solo exposto; B) Plantio de Feijão; C) Plantio de Milho; D) Agricultura familiar de hortaliças.....	122

Figura 27: Silvicultura: A) Plantio de Pinus; B) Plantio de Pinus em Meio a vegetação nativa; C) Vegetação nativa preservada nas vertentes em meio plantação de Pinus.....123

Figura 28: Vegetação nativa. A) Floresta Ombrófila Mista no Município de São José do Cerrito; B) Floresta Ombrófila Mista no Município de Urubici124

LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Localização da área de estudo	5
Mapa 2: Mapa geológico simplificado da Bacia Sedimentar do Paraná com destaque para região de estudo	14
Mapa 3: Mapa altimétrico do Alto e Médio Rio Canoas/SC.....	44
Mapa 4: Mapa de Declividade do Alto e Médio Rio Canoas/SC.....	45
Mapa 5: Mapa de Curvatura Vertical do Alto e Médio Rio Canoas/SC	47
Mapa 6: Mapa de Curvatura Horizontal do Alto e Médio Rio Canoas/SC.....	48
Mapa 7: Mapa Geológico do Alto e Médio Rio Canoas	52
Mapa 8: Mapa de Solos do Alto e Médio Rio Canoas	54
Mapa 9: Mapa de Vegetação do Alto e Médio Rio Canoas	57
Mapa 10: Mapa Geomorfológico do Alto e Médio Rio Canoas.....	61
Mapa 11: Mapa geológico simplificado da Bacia do Paraná, com contorno estrutural (profundidade) do embasamento cristalino	67
Mapa 12 Média anual pluviométrica, 1986-2016.....	69
Mapa 13: Média mensal de precipitação no período 1986-2016. Meses de janeiro, fevereiro e março	72
Mapa 14: Média mensal de precipitação no período 1986-2016. Meses de abril, maio e junho	73
Mapa 15: Média mensal de precipitação no período 1986-2016. Meses de julho, agosto, setembro	74
Mapa 16: Média mensal de precipitação no período 1986-2016. Meses de outubro, novembro, dezembro	75
Mapa 17: Mapa geológico simplificado da Bacia do Paraná, com contorno estrutural (profundidade) do embasamento cristalino	79
Mapa 18: Mapa geomorfológico do Alto e Médio Rio Canoas – Bacia Hidrográfica do Rio Canoas/SC.....	84
Mapa 19: Mapa hipsométrico da área de estudo e perfis topográficos	86
Mapa 20: Uso e ocupação do solo 1987.....	115

Mapa 21: Uso e ocupação do solo 2016	118
Mapa 22: Graus de fragilidade ambiental dos componentes fisiográficos e antrópicos do Alto e Médio Rio Canos/SC	131
Mapa 23: Fragilidade ambiental do Alto e Médio Rio Canoas/SC – Ano 1987	133
Mapa 24: Fragilidade ambiental do Alto e Médio Rio Canoas/SC – Ano 2016	136

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição dos dados utilizados na tese.....	24
Tabela 2: Classes de declividade para avaliação de terras	29
Tabela 3: Descrição das imagens dos Satélieis Landsat 5 e 8	34
Tabela 4: Classes para análise temporal de uso e ocupação do solo	35
Tabela 5: Estações Pluviométricas da área de estudo.....	37
Tabela 6: Grau de Fragilidade das Classes de Declividade.....	40
Tabela 7: Grau de Fragilidade das Classes de Solos	40
Tabela 8: Grau de Fragilidade das Classes de Uso e Ocupação do Solo	41
Tabela 9 : Graus de Fragilidade das classes de Geologia.....	41
Tabela 10: Graus de Fragilidade das classes de Pluviosidade.....	42
Tabela 11: Áreas das classes correspondentes ao mapa de declividade.....	46
Tabela 12: Espacialização das Unidades Geológicas	50
Tabela 13: Áreas dos tipos de solos	55
Tabela 14: Área dos Tipos de Vegetação	58
Tabela 15: Estações meteorológicas selecionadas, sua localização e altitude	66
Tabela 16: Estatística descritiva das médias mensais das estações pluviométricas nos anos de 1986 a 2016.....	71
Tabela 17: Área das morfoesculturas do Alto e Médio Rio Canoas	85
Tabela 18: Área dos padrões do forma de relevo do Alto e Médio Rio Canoas	85
Tabela 19: Dados populacionais dos municípios da área de estudo.....	106
Tabela 20: Produção em toneladas (t) de produtos agrícolas do Alto e Médio Rio Canoas	108
Tabela 21: Série histórica do IDH e PIB dos municípios do Alto e Médio Rio Canoas	110
Tabela 22: Chave de interpretação para o mapa de uso do solo.....	113
Tabela 23: Concordância do Índice Kappa.....	114
Tabela 24: Distribuição das classes de uso e ocupação nos anos de 1987 e 2016	114

Tabela 25: Matriz de confusão e resultado do Índice Kappa da classificação de uso do solo do ano de 1987	117
Tabela 26: Matriz de confusão e resultado do Índice Kappa da classificação de uso do solo do ano de 2016	120
Tabela 27: Graus de Fragilidade Ambiental de Geomorfologia.....	127
Tabela 28: Graus de Fragilidade Ambiental do Solo	128
Tabela 29: Grau de Fragilidade Ambiental de Pluviosidade	128
Tabela 30: Grau de Fragilidade Ambiental de Geologia	129
Tabela 31: Grau de Fragilidade Ambiental do Uso e Ocupação do solo do ano de 1987	130
Tabela 32: Grau de Fragilidade Ambiental do Uso e Ocupação do Solo do ano de 2016	130
Tabela 33: Distribuição dos Graus de Fragilidade Ambiental do ano de 1987	134
Tabela 34: Distribuição dos Graus de Fragilidade Ambiental do ano de 2016.....	137
Anexo 1: Dados de produção agropecuária dos municípios da área de estudo.....	157

LISTA DE ABREVIATURAS

- ANA – Agência Nacional de Águas
- CCM – Complexo Convectivo de Mesoescala
- CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina
- CLP – Combinação Linear Ponderada
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais)
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- ENOS – *El Niño* Oscilação Sul
- EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
- ETM – *Enhanced Thematic Mapper* (Mapeador Temático Aprimorado)
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IDH – Índice de Desenvolvimento Humano
- IDW – *Inverse Distance Weighting* (Ponderação de Distância Inversa)
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
- MDE – Modelo Digital de Elevação
- MDT – Modelo Digital de Terreno
- MIT – Massachusetts Institute of Technology (Instituto de Tecnologia de Massachusetts)
- NASA – National Aeronautics and Space Administration (Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço)
- NGA - National Geospatial-Intelligence Agency (Agência Nacional de Inteligência Geoespacial)
- OLI – *Operational Land Imager* (Imageador de Terra Operacional)
- ONU – Organizações das Nações Unidas
- PIB – Produto Interno Bruto
- SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission* (Missão Topográfica Radar Shuttle)
- TM – *Thematic Mapper* (Mapeador Temático)
- UDESC/CAV – Universidade do Estado de Santa Catarina/Centro de Ciências Agroveterinárias
- USGS – Serviço Geológico dos Estados Unidos
- ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.2 Área de Estudo.....	4
1.3 Questões norteadoras e Hipótese	7
1.3.1 Questões norteadoras	7
1.3.2 Hipótese	7
1.4 Objetivos.....	8
1.4.1 Objetivos Geral e Específicos	8
1.5 Referencial Teórico	9
1.5.1 Ecodinâmica	9
1.5.2 Fragilidade Ambiental	10
1.5.3 Dinâmica da Cobertura da Terra	12
1.5.4 Geologia da Bacia Sedimentar do Paraná.....	13
1.5.5 Clima.....	16
1.5.6 Vegetação.....	17
1.5.7 Geomorfologia	18
1.5.8 Solos.....	21
1.6 Material e Métodos	22
1.6.1 Organização do Banco de Dados.....	23
1.6.2 Mapeamento Temático.....	24
1.6.3 Relevo.....	25
1.6.4 Altitude.....	27
1.6.5 Declividade	28
1.6.6 Curvatura Vertical	29
1.6.7 Curvatura Horizontal.....	30
1.6.8 Solos.....	30
1.6.9 Séries Temporais de Uso e Ocupação do Solo.....	31
1.6.9.1 Satélite Landsat.....	31
1.6.9.2 Sensor OLI.....	32
1.6.10 Séries Temporais de Pluviosidade	36
1.6.11 Trabalho de Campo	38
1.6.12 Fragilidade Ambiental	38
1.6.13 Análise Multicritério	42
2. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DO ALTO E MÉDIO RIO CANOAS/SC	44
2.1. Altitude	44
2.2 Declividade	44
2.3 Curvatura Vertical	46

2.4 Curvatura Horizontal	47
2.5 Geologia.....	48
2.6 Solos	53
2.7 Vegetação	56
2.8 Relevo	58
3. COMPORTAMENTO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NAS PORÇÕES ALTA E MÉDIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CANOAS/SC: ANÁLISE TEMPORAL DE 1986-2016.....	62
3.1 Introdução	62
3.2 Materiais e Métodos	65
3.3 Análise Estatística.....	68
3.4 Resultados e Discussões	68
3.5 Considerações finais	75
4. GEOMORFOLOGIA DO ALTO E MÉDIO TRECHO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CANOAS/SC.....	77
4.1 Introdução	77
4.2 Materiais e Métodos	77
4.3 Descrição e Caracterização Morfoestrutural e Morfoescultural	78
4.3.1 <i>Evolução Morfoestrutural</i>	78
4.3.2 <i>Evolução Morfoescultural</i>	81
4.4 Resultados e Discussões	83
4.4.1 <i>Geomorfologia</i>	83
4.4.2 <i>Unidade Morfoescultural Depressão Periférica</i>	88
4.4.2.1 Padrão de Morros e Colinas com Interflúvios Amplos	89
4.4.2.2 Padrão em Forma de Domo	91
4.4.3 <i>Unidade Morfoescultural do Planalto Meridional</i>	93
4.4.3.1 Padrão de Morros com Interflúvios Estreitos.....	93
4.4.3.2 Padrão em Forma de Escarpa.....	95
4.4.3.3 Padrão De Colinas com Interflúvios Médios	97
4.4.3.4 Padrão de Morros e Colinas com Interflúvios Médios e Terraços Fluviais.....	98
4.4.3.5 Padrão de Colinas com Interflúvios Amplos	99
4.5 Considerações finais	100
5. CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA DOS MUNICÍPIOS DO ALTO E MÉDIO RIO CANOAS/SC.....	102
5.1 Caracterização territorial e populacional do Alto e Médio Rio Canoas/SC	102
5.2 Caracterização socioeconômica do Alto e Médio Rio Canoas	107

6. ANÁLISE TEMPORAL DA MUDANÇA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DO ALTO E MÉDIO RIO CANOAS/SC.....	111
6.1 Introdução	111
6.2 Materias e Métodos.....	112
6.3 Análise do Mapeamento de Uso e Ocupação do Solo de 1987 e 2016	114
6.4 Conclusões	124
7. VARIABILIDADE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NO ALTO E MÉDIO RIO CANOAS/SC..	126
7.1 Geomorfologia	126
7.2 Solos	127
7.3 Pluviosidade.....	128
7.4 Geologia.....	128
7.5 Uso e Ocupação do Solo.....	129
7.6 Espacialização dos graus de fragilidade	130
7.7 Fragilidade ambiental	132
7.7.1 <i>Fragilidade ambiental de 1987 no Alto e Médio Rio Canoas.....</i>	<i>132</i>
7.7.2 <i>Fragilidade ambiental de 2016 no Alto e Médio Rio Canoas.....</i>	<i>135</i>
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS DA TESE.....	139
9. REFERÊNCIAS.....	143
ANEXO 1: DADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA DOS MUNICÍPIOS DA ÁREA DE ESTUDO	157

CAPITULO I - INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da sociedade contemporânea é marcado pelo imediatismo, pela preocupação com a produtividade e com sua eficácia. Este pensamento desenvolvimentista, herdado desde a revolução industrial, se afirma nos anos 70 no período pós-guerra, quando há uma interação entre a técnica e a ciência (Richta, 1968 *apud* Santos 2002) sob a égide do mercado (Santos, 2002). No entanto, a interferência das atividades antrópicas no ambiente, principalmente no período pós-guerra até a atual globalização, vem alterando seu equilíbrio dinâmico de acordo com as características intrínsecas do mesmo (relevo, solos, cobertura vegetal e clima), ou seja, da fragilidade ambiental (Franco, 2010).

O tema Fragilidade Ambiental é comum nos estudos acadêmicos do último século, visando o reconhecimento e monitoramento dos ambientes, habitados ou não, a fim de obter seu uso sustentável. Mais do que simples espaços territoriais, os povos herdaram paisagens e ecologias, pelas quais certamente são responsáveis. Desde os mais altos escalões do governo e da administração até o mais simples cidadão, todos têm uma parcela de responsabilidade permanente, no sentido da utilização não predatória dessa herança única, que é a paisagem terrestre. Neste sentido há que conhecer melhor as limitações de uso específicas de cada tipo de espaço e de paisagem (Ab'Saber, 2003).

No ano de 1950 a população mundial era de 2,6 bilhões de pessoas, em 1987 de 5 bilhões e no ano de 2015, a população atingiu a marca de 7,3 bilhões de pessoas (ONU, 2015). O crescimento demográfico está intimamente ligado ao desenvolvimento técnico - científico do século XX, que possibilitou uma considerável redução nos índices de mortalidade. As sucessivas revoluções técnico-científicas acompanhadas de um poderoso complexo de desenvolvimento econômico nos últimos 100 anos transformaram radicalmente o homem como ser social (Ross, 1994). Essas mudanças nos padrões da sociedade passam a interferir consideravelmente no ambiente natural e na busca cada vez maior por recursos naturais. Nesse sentido estudos voltados a análise temporal do uso e ocupação do solo e seus impactos são importantes buscando reconhecer áreas onde as fragilidades do ambiente são acentuadas pelo uso intensivo e ao mesmo tempo buscando soluções para mitigar esses impactos.

Na região da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas no Estado de Santa Catarina o processo de desenvolvimento no século XX foi implantado sem maiores preocupações com o ambiente, tendo como objetivo o crescimento econômico e a aceleração da

produção seguindo a tendência mundial. Neste cenário, é possível ver um aumento na agricultura mecanizada, com predomínio de monocultivos, implantação de pastagens, exploração dos recursos energéticos e matérias primas como o carvão mineral, recursos hídricos, minérios. O uso exaustivo destes recursos, de modo a suprir a demanda das grandes populações, tem levado a transformações profundas na natureza.

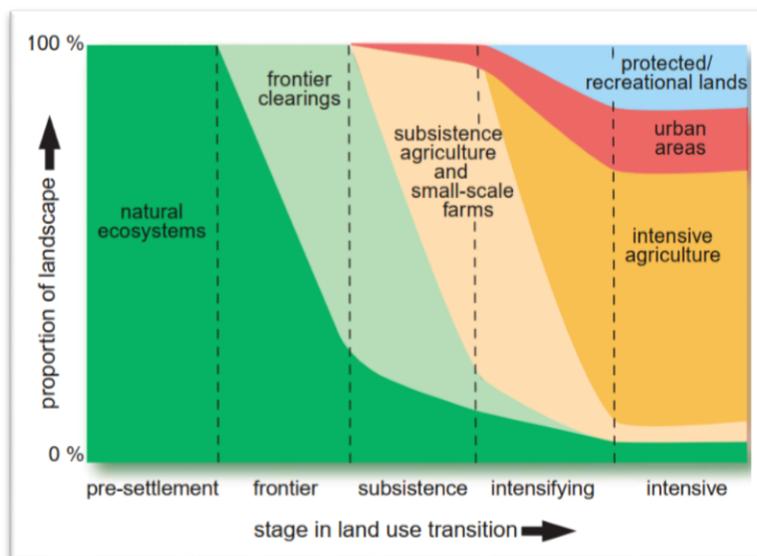
No cenário mundial, a mudança das práticas de uso do solo permitiu colheitas mundiais de grãos que excedem 2 bilhões de toneladas por ano, este aumento de produção pode ser atribuído aos ganhos de produção da “Revolução Verde”, incluindo cultivares de alto rendimento, fertilizantes, pesticidas, mecanização e irrigação. Segundo Foley, et al. (2005), nos últimos 40 anos houve um aumento de 70% nas áreas de lavoura irrigada e, embora a agricultura moderna tenha sido sucesso no aumento da produção de alimentos, também causou danos ambientais extensos, por exemplo, aumentando o uso de fertilizantes, levando à degradação da qualidade da água em muitas regiões. Além disso, algumas terras irrigadas se tornaram fortemente salinizadas, causando perda mundial de 1,5 milhões de hectares de terra arável por ano.

Outro problema ambiental que se destaca com a intensificação das práticas agrícolas é a erosão do solo, ocasionada por manejos inadequados e por pastoreios excessivos em solos frágeis. Em suma, práticas modernas de uso de terras agrícolas podem estar sendo negociadas com aumentos de curto prazo na produção de alimentos para perdas de longo prazo nos serviços ecossistêmicos, incluindo muitos que são importantes para a agricultura (Foley *et al.*, 2005).

Segundo Balsan (2006) a análise do processo de modernização enseja um debate teórico e pode ser sintetizado em duas consequências: os impactos ambientais, com os problemas mais frequentes, provocados pelo padrão de produção de monocultura como a destruição das florestas e da biodiversidade genética, a erosão dos solos e a contaminação dos recursos naturais e dos alimentos; a outra, os impactos sócio econômicos, causadas pelas transformações rápidas e complexas da produção agrícola, implantadas no campo.

Em função da transição dos diferentes tipos de atividades, como demonstra a figura 1, e suas respectivas consequências no ambiente, os estudos ambientais na atualidade estão direcionados a análises integradas, trabalhando com uma série de variáveis que permitam diagnosticar o ambiente integrando dados físicos (naturais) e antrópicos.

Figura 1: Transição das atividades de uso e ocupação do solo ao longo do tempo



Fonte: Foley *et al.*, 2005.

Os sistemas ambientais, face às intervenções humanas, apresentam maior ou menor fragilidade em função de suas características “genéticas”. E qualquer alteração nos diferentes componentes da natureza (relevo, solo, vegetação, clima e recursos hídricos) acarreta o comprometimento da funcionalidade do sistema, quebrando o seu estado de equilíbrio dinâmico (Spör e Ross, 2004). Entre os vários modelos de análises integradas destacam-se no Brasil os modelos de fragilidade ambiental, introduzido na literatura nacional por Ross (1994). A Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados de Ross (1994) tem como base o conceito de unidades ecodinâmicas proposto por Jean Tricart em seu livro *Ecodinâmica* (1977).

Segundo Santos (2002), o espaço geográfico, principal objeto de estudo dos geógrafos, sofre constante transformação de suas formas e funções com o passar do tempo. Compreender o espaço é impossível, se a análise de seus objetos for realizada de maneira isolada, visto que, o espaço geográfico é formado por um conjunto indissociável, solidário e contraditório de sistemas de objetos e sistemas de ações.

Neste contexto a bacia hidrográfica surge como unidade de análise do ponto de vista sistêmico, pois se caracteriza como um sistema de entrada e saída de energia. Com o monitoramento das variáveis de saída da bacia hidrográfica é possível modificar aqueles fatores controladores que possibilitam alterações, como o uso do solo e verificar como o sistema responde às mudanças (SBCS, 2011).

A área de estudo selecionada para esta tese localiza-se no centro do Estado de Santa Catarina e é na sua maioria rural (cerca de 80% da área), com baixos índices de urbanização, havendo destaque para o Município de Lages, que atua como principal centro urbano da região. Em função de seu relevo – que não permite grandes expansões de monocultura e o conseqüente uso de maquinários agrícolas – a atividade agrícola se expandiu com atividades de impactos moderados, destacando-se a silvicultura, plantio de grãos, agricultura familiar e a fruticultura. No entanto, a partir de análises temporais em imagens de satélite é possível reconhecer transformações na paisagem do planalto catarinense e identificar fragilidades potenciais e ambientais deste ambiente faz-se necessário para planejamento territorial.

Esta tese visa aplicar o modelo consolidado de Fragilidade Ambiental de Ambientes Naturais e Antropizados de Ross (1994) possibilitando através da análise temporal reconhecer e discutir a variação dos graus de fragilidade ambiental frente às transformações ocasionadas pela mudança do uso e ocupação do solo.

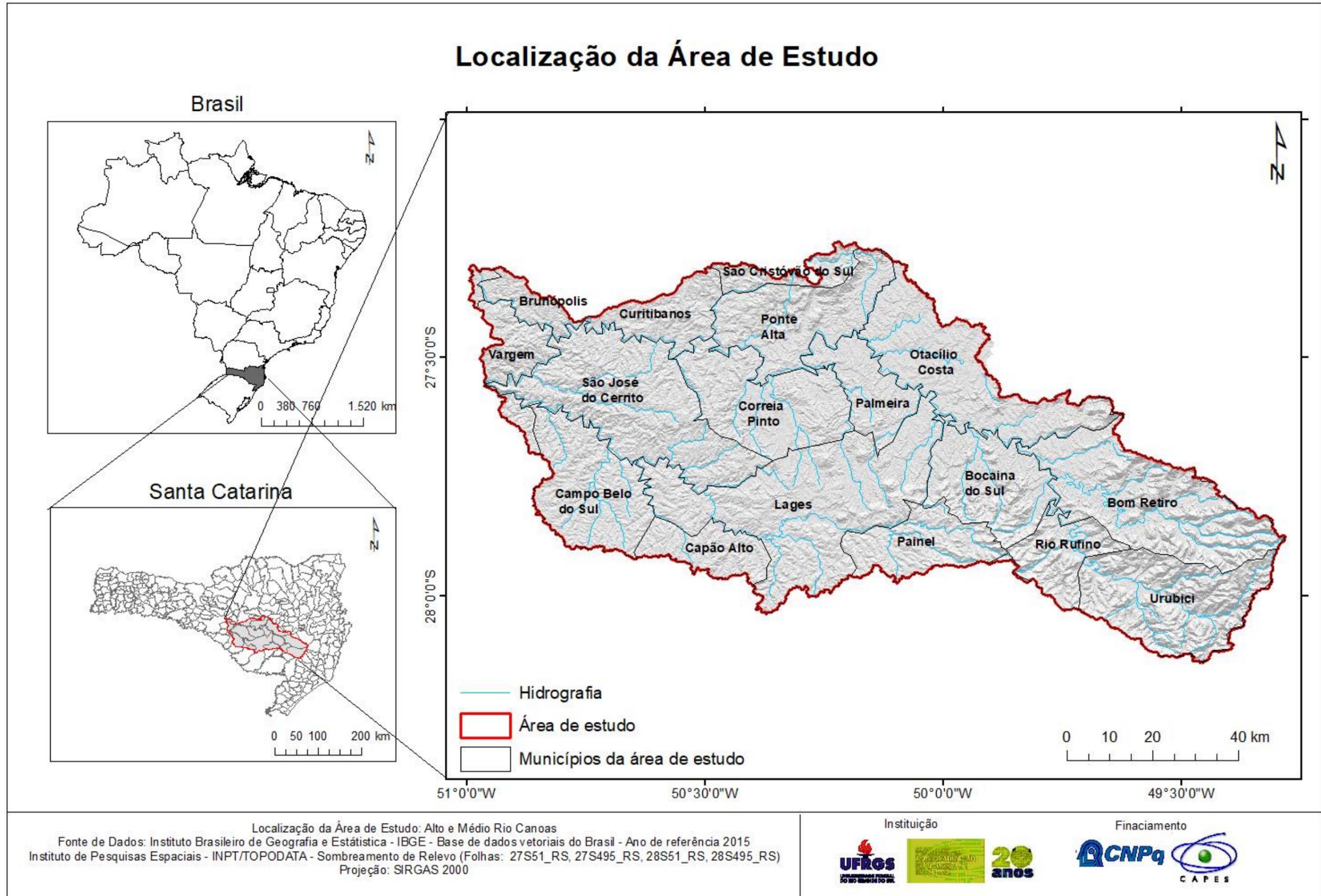
A partir de análise multicritério atribuindo pesos a cada variável natural do ambiente, é possível identificar e quantificar áreas de fragilidade potencial, que, segundo Spör e Ross (2004), são a fragilidade natural do ambiente. Da mesma forma que, agregando os dados de uso e ocupação do solo pode-se calcular a fragilidade ambiental, sendo esta a fragilidade vinculada a interferências antrópicas no ambiente. Ambos os estudos relativos às fragilidades dos ambientes são de extrema importância ao planejamento e gestão ambiental.

1.2 Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Canoas é uma das principais regiões hidrográficas do estado de Santa Catarina com extensão de 22.808km². Pertencente ao alto Rio Uruguai, localiza-se no centro sul do estado catarinense, na unidade geomorfológica do planalto.

O recorte selecionado (Mapa 1) para a presente pesquisa, o Alto e Médio Rio Canoas, está localizado entre as latitudes 27° 15' 0" a 28° 9' 0" S e as longitudes 50° 55' 0" a 49° 16' 0" W e é composto por 18 (dezoito) municípios (Urubici, Bom Retiro, Rio Rufino, Painel, Bocaina do Sul, Lages, Palmeira, Otacílio Costa, Capão Alto, Campo Belo do Sul, São José do Cerrito, Correia Pinto, Ponte Alta, Curitibanos, Vargem, Abdon Batista, Brunópolis e São Cristóvão do Sul), totalizando uma área de 8944,73 km².

Mapa 1: Localização da área de estudo



Fonte: IBGE (2018). Organizado pela autora.

Entre estes, Lages aparece como o maior município e cidade da região, contando com 156.727 hab. (IBGE 2010), distante 200 km da capital do estado Florianópolis. As principais rodovias que cortam a área de estudo são as BR-282 no sentido leste-oeste e a BR-116 no sentido norte-sul.

No leste do quadrante da área de estudo encontram-se as cabeceiras de drenagem do Rio Canoas, o qual corre no sentido leste-oeste. Dentro destas sub-bacias, além do Rio Canoas, o Rio Caveiras se apresenta como seu principal afluente. O relevo da área varia entre escarpas, morros, morrotes e colinas, tendo como amplitude altimétrica 1139m. Esta área abrange de acordo com Ab'Saber (2003) a Depressão Periférica de Santa Catarina em transição para o Planalto Meridional, ambas morfoesculturas localizadas no sul da Bacia Sedimentar do Paraná. O relevo alterna-se entre interflúvios de topos estreitos sustentados por litologias de origem vulcânica da formação Serra Geral (basaltos, riolitos e riolacitos) e litologias de origem sedimentar da Formação Botucatu (arenitos) a interflúvios de topos médios com forma de morros e colinas sustentados por litologias sedimentares mais antigas (paleozoicas) da Bacia Sedimentar do Paraná. No centro da área aflora uma estrutura em forma de domo (Domo de Lages) composto por rochas alcalinas mais recentes, nesta região os interflúvios são amplos, com colinas suaves. Além disso, ocorrem Neossolos Litólicos em áreas de topo associado às áreas de escarpa e Cambissolos associados aos topos de interflúvios médios e amplos e nos setores de vertentes. A vegetação na região é composta predominantemente pela Floresta Ombrófila Mista e a Estepe.

De acordo com a classificação de KÖPPEN em Pandolfo et al., 2002, o estado de Santa Catarina é classificado como de clima mesotérmico úmido (sem estação seca) – Cf, incluindo dois subtipos, Cfa e Cfb. Na área selecionada o clima é o Cfb - Clima temperado propriamente dito; temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico), com verões frescos, e temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C, sem estação seca definida. A média pluviométrica da região dentro da série histórica analisada (1986- 2016) é de 1552,3 mm (LEMOS et al, 2018). Em detrimento das condições atmosféricas como a influência do sistema de monção nos meses de verão, dos complexos convectivos de mesoescala nos meses de primavera e as frentes vindas do sul nos meses de inverno, esta região possui chuvas bem distribuídas ao longo do ano sem registro de estação seca.

Os principais usos e ocupação do solo são a silvicultura (pinus e eucalipto), cultivo de alho, cebola, maçã, batata, milho, soja e hortaliças (EPAGRI, 2011).

1.3 Questões norteadoras e Hipótese

1.3.1 Questões norteadoras

Compreendendo que o avanço do uso agrícola sobre a cobertura vegetal natural é uma questão ambiental global, impulsionado pela necessidade fornecer alimentos, fibras, água e abrigo para mais de sete bilhões e meio de pessoas (ONU, 2017), sabe-se que estas transformações na configuração da paisagem geram impactos nos diversos sistemas ambientais do planeta. Neste sentido, o estudo de fragilidade ambiental visa integrar aspectos como geomorfologia, geologia, solos, clima e uso e ocupação do solo, objetivando avaliar o grau de fragilidade dos ambientes, correlacionando aspectos naturais sob influência das transformações antrópicas. Assim, o presente estudo busca responder algumas questões sobre a variação da fragilidade ambiental no Alto e Médio Rio Canoas como:

O mapeamento geomorfológico contemplando o 3º nível taxonômico pode servir de base para estudos voltados para análise dos graus de fragilidade ambiental frente a intensificação agrícola?

O regime de chuvas na área de estudo alterou a ponto de ser apontado como uma das consequências da mudança de uso e ocupação do solo?

Os solos mais frágeis que compõem a região dos Campos de Cima da Serra se adaptaram aos usos agrícolas como reflorestamento e pecuário?

O uso das geotecnologias neste estudo de caso permite uma qualificação no mapeamento das áreas com maior ou menor fragilidade ambiental?

O modelo de análise da fragilidade ambiental selecionado para o estudo é eficiente para identificar áreas mais ou menos frágeis diante do avanço do uso agrícola no Planalto Catarinense?

O manejo das áreas cultiváveis se adaptou as limitações do solo, relevo e clima da região?

1.3.2 Hipótese

Embora a Bacia Hidrográfica do Rio Canoas ainda seja uma área predominantemente rural as transformações na dinâmica de uso e ocupação do solo diante da intensificação do uso agrícola, estão, ao longo do tempo, modificando o quadro de fragilidade ambiental na região do Alto e Médio curso da Bacia do Rio Canoas.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivos Geral e Específicos

Analisar a variabilidade da fragilidade ambiental frente à intensificação agrícola, compreendendo a dinâmica do Alto e Médio Rio Canoas, em um espaço de 30 anos de observação, considerando como variáveis principais a geomorfologia, a variação no regime pluviométrico e as mudanças de uso e ocupação do solo. A integração destas variáveis junto com a geologia, solos e dados socioeconômicos permitirá analisar as transformações da região dentro do espaço de 1987 a 2017, fornecendo informações importantes para o planejamento ambiental e territorial.

De modo a alcançar este objetivo serão realizadas etapas secundárias de organização e elaboração de dados listadas a seguir:

- Elaborar o mapeamento geomorfológico na escala 1:250.000 que contemple a diversidade dos padrões de forma existentes nas morfoestruturas do Planalto Meridional e Depressão Periférica no Estado de Santa Catarina, com auxílio de geotecnologias e trabalho de campo.
- Reconhecer e contextualizar, a partir de dados de campo e base de dados da CPRM, o arcabouço geológico do Planalto Catarinense;
- Classificar o uso e ocupação do solo dos anos de 1987 e 2017, a partir de imagens multiespectrais dos sensores TM e OLI dos satélites Landsat 5 e 8, respectivamente;
- Resgatar o processo histórico de ocupação da área de estudo.
- Analisar os dados pluviométricos de 12 estações monitoradas pela Agência Nacional de Águas (ANA) e quantificar a variação e intensidade pluviométrica em 30 anos;
- Elaborar o mapa de fragilidade ambiental para o ano de 1987 utilizando como base o mapeamento geomorfológico, geológico, de vegetação, pluviométrico e a classificação do uso e ocupação do solo do ano de referência de 1987.
- Elaborar o mapa de fragilidade ambiental para o ano de 2017 utilizando como base o mapeamento geomorfológico, geológico, de vegetação, pluviométrico e a classificação do uso e ocupação do solo do ano de referência de 2017.
- Correlacionar variação da fragilidade ambiental dos últimos trinta anos com as transformações de uso e ocupação do solo do mesmo período.

1.5 Referencial Teórico

1.5.1 Ecodinâmica

O conceito de Ecodinâmica introduzido na literatura por Jean Tricart (1977) trata do estudo da dinâmica dos ecótopos e baseia-se na relação de ambientes estáveis, vinculados ao processo de pedogênese, e de ambientes instáveis, vinculados ao processo de morfogênese. Este conceito está integrado ao conceito de ecossistema, Tansley (1934 *apud* Tricart, 1977) baseando-se em um instrumento lógico de sistema, enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia/matéria no ambiente. A premissa básica é que a dinâmica do ambiente é tão importante para a conservação e o desenvolvimento dos recursos ecológicos, quanto para a dinâmica das próprias biocenoses.

Na ciência geográfica admite-se o homem como agente modificador de um dado lugar. De acordo com Suertegaray (2000) “o homem se inclui no ambiente não como ser naturalizado, mas como um ser social produto e produtor de várias tensões ambientais”. Neste contexto, a unidade de estudo, como a bacia hidrográfica, deve reconhecer as características naturais e ambientais como: geologia, clima, solo, vegetação e formas de relevo, bem como as ações antrópicas devem ser levadas em consideração. Bertalanffy (2009) aponta que um dos propósitos da Teoria Geral dos Sistemas é integrar os conhecimentos de várias ciências, naturais e sociais, permitindo assim uma análise da totalidade do objeto de estudo.

Esta tese se propõe a compreender a evolução/variação das características físicas da Bacia do Alto e Médio Rio Canoas sob a influência das ações antrópicas na análise espacial. Embasando esta proposta, o estudo da ecodinâmica age como norteador, pois segundo Tricart (1977):

A ação humana é exercida em uma natureza mutante, as quais evoluem segundo leis próprias, das quais percebemos, de mais a mais, a complexidade (Tricart, 1977, pág. 35).

Visando classificar o ambiente, este autor apresenta três tipos de meios conforme a intensidade dos processos dinâmicos: meios estáveis, *intergrades* e instáveis.

Os meios estáveis têm sua estabilidade aplicada ao modelado na interface atmosfera-litosfera. O tempo aqui é o tempo geológico onde as mudanças na paisagem, nos modelados, ocorrem lentamente com difícil percepção.

O sistema morfogênico não comporta paroxismos violentos que se traduzem por manifestações catastróficas. As condições se aproximam daquelas que os fitoecologistas designam pelo termo clímax (Tricart, 1977, pág. 36).

Os meios *intergrades* são meios de transição, é a passagem dos meios estáveis para os meios instáveis. Caracteriza-se pela interferência, da morfogênese e da pedogênese, as quais coexistem no mesmo espaço e tempo, no ambiente.

Os meios instáveis aparecem como vinculados à morfogênese, onde a dinâmica interna acelera os processos de modificação das formas de relevo, vegetação e solos. O que acarreta em uma sucessão de mudanças no ambiente. Embora os meios instáveis tenham como fator determinante a dinâmica interna, mudanças na cobertura vegetal, por exemplo, influenciam diretamente no clima, interferindo no equilíbrio do sistema no ambiente.

Baseado no instrumento lógico de análise ambiental de Tricart, surge o conceito de fragilidade ambiental (Ross, 1994) expandido a análise para além das descrições fisográficas, atualizando os estudos da organização do espaço. Por isso, é determinante ter uma ação que se insere na dinâmica natural, para corrigir aspectos desfavoráveis na exploração dos recursos ecológicos.

1.5.2 Fragilidade Ambiental

Na Geografia, o estudo do espaço tem o objetivo analisar a relação entre o homem e a natureza em um dado lugar. A construção deste espaço parte do acúmulo de tempo e técnicas que permitem que o homem atue como agente transformador social e ambiental (Santos, 2001). O relevo pode ser considerado concreto quanto às formas, mas abstrato enquanto matéria. Ele apresenta uma diversidade de tipos e de formas, e essas são dinâmicas, se manifestando ao longo do tempo e do espaço de modo diferenciado, sempre condicionado ao substrato. Segundo Ross (2007), as inter-relações de troca de energia e matéria são responsáveis pela gênese do modelado da superfície terrestre. A geomorfologia possui um caráter integrador, pois busca entender a evolução espaço-temporal dos processos, sendo estes analisados antes e depois da intervenção humana no ambiente em estudo (Ross, 2003).

No intuito de investigar as transformações e quantificar as mudanças no ambiente surge o estudo de fragilidade ambiental, pois as sucessivas revoluções técnico-científicas acompanhadas de vigoroso e complexo desenvolvimento econômico nos dois

últimos séculos, sobretudo nos últimos 90 anos, transformaram radicalmente o homem como ser e agente social (Ross, 1994).

Segundo Spör e Ross (2001) a fragilidade ambiental é entendida como a suscetibilidade do ambiente a qualquer tipo de dano. A metodologia proposta por Ross (1994) fundamenta-se no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre as suas componentes físicas e bióticas, baseadas no conceito de Unidades Ecodinâmicas de Tricart (1977). No estudo de fragilidade ambiental evidencia-se a fragilidade potencial, que é o grau de fragilidade natural ou genética dos ambientes pela estrutura geológica, pelos tipos de solo, graus de declividade, diferentes formas de relevo e clima. Para análise da fragilidade potencial, o ambiente é visto como um ambiente natural, ou seja, sem alterações antrópicas (Megiato, 2011). Quando os fatores naturais do ambiente são somados a fatores antrópicos, tem-se a fragilidade ambiental emergente. Neste trabalho busca-se investigar as alterações no quadro de fragilidade ambiental de ambientes naturais e antropizados, considerando a mudança ou intensificação do uso e ocupação do solo, principalmente referente à atividade agrícola.

Em função dos diferentes tipos de usos do solo em todo o mundo e no território nacional, a partir da primeira metodologia de análise da fragilidade ambiental de Ross (1994) surgiram outras metodologias de análise, visando compreender o grau de suscetibilidade frente a outros temas. Em seu primeiro trabalho, Ross (1994) voltou seu método para a análise da suscetibilidade à erosão como fator de análise da fragilidade ambiental. Crepanni *et al.* (1996) também trabalharam com a vulnerabilidade à erosão para análise da fragilidade. As variáveis de análise são basicamente as mesmas nos modelos (geologia, geomorfologia, vegetação, clima, solos e uso e ocupação dos solos). No entanto, novos modelos inseriram novas variáveis com a finalidade de detalhar a investigação, como o trabalho de Silveira (2014), que insere dados de índice de qualidade de águas (IQA), a fim de obter a fragilidade ambiental em relação à qualidade da água. Buscando identificar a fragilidade ambiental do aquífero Serra Geral, Nummer *et al.* (2011) utilizou a densidade de lineamentos geológicos como uma importante variável na sua análise.

Os objetivos de análise de fragilidade ambiental também podem ser variáveis, Reis (2012) avaliou a fragilidade ambiental para áreas urbanas, buscando identificar os lugares menos frágeis para ocupação. Diante desta diversidade de trabalhos voltados para a análise da fragilidade ambiental, sabe-se que diversas mudanças no ambiente natural podem ser causadas pela ocupação antrópica e pela apropriação dos recursos naturais em

uma determinada região. A presença do homem acelera as mudanças naturais no ambiente e assim alguns recursos naturais considerados renováveis não têm tempo suficiente para a regeneração, tornando-se cada vez mais escassos e suscetíveis à degradação.

1.5.3 Dinâmica da Cobertura da Terra

O uso e cobertura da terra possui um efeito significativo nas mudanças globais sendo um dos principais objetos de estudos tanto na ciência ambiental como social. Costa (2003) ao considerar que La Blache define que as paisagens de uma região são resultado das superposições, ao longo da história, das influências humanas e dos dados naturais, reforça a ideia de que para o uso da terra é fundamental conhecer a história dos lugares, para que assim se possa compreender a dinâmica que transforma o espaço ao longo do tempo.

Mudanças nos usos e ocupação têm sido utilizadas extensamente em balanços globais do carbono antropogênico, que envolvem um grau de complexidade muito grande e representam o conhecimento de como os ecossistemas terrestres trabalham e como eles respondem ao clima, uso da terra e mudanças climáticas (Fearnside; Guimarães, 1996; Alves *et al.*, 1997; Trentin, 2014).

A análise de mudança por sensoriamento remoto é uma importante ferramenta para identificar a mudança dos usos ao longo do tempo, onde a partir de imagens multiespectrais é possível identificar um uso sendo substituído por outro ou mesmo aumentando sua área. Há sempre nesta observação uma relação de ganho e perda, por exemplo, quando se ganha uma área de silvicultura normalmente se perde uma área de mata nativa, ou ainda no caso dos campos do planalto catarinense e gaúcho, onde se perde áreas de campo, ganha-se área com plantio de grãos como soja, milho, feijão, entre outras culturas. Observar estas mudanças ao longo do tempo permite que haja um planejamento sustentável de uma dada região. A variação na composição das comunidades e fatores como o regime climático micro e regional, solos e manejo do uso da terra, podem ser elementos responsáveis por alterações espaciais e temporais complexas (Zhang *et al.*, 2003).

Neste sentido, a qualidade do solo pode ser definida como a capacidade do mesmo de servir uma função dentro dos limites de um ecossistema e de interagir positivamente com o ambiente externo a ele (Larson e Pierce 1991 *apud*. Ramos, 2014). Huete (2004) destaca que o equilíbrio dinâmico que o solo apresenta em relação ao ambiente está vinculado as mudanças por perturbação antrópica ou climática. Citando as

mudanças climáticas, o aumento do índice de chuvas em alguns pontos do planeta já interfere na quantidade de solo disponível, alterando assim sua dinâmica e fazendo com que tipos de manejos sejam repensados (Burt et al., 2016).

Outro ponto a ser reconhecido de modo a compreender a dinâmica do solo são as formas de relevo que estão intrinsecamente ligadas aos tipos de cultivos, visto que a informação qualitativa e quantitativa representada pela altimetria e declividade auxilia nas características locais. Neste contexto o mapa de uso e ocupação do solo, gerado a partir de imagens multiespectrais e com trabalhos de reconhecimento em campo, permite diagnosticar e auxiliar no planejamento adequado dos diversos tipos de utilização da superfície.

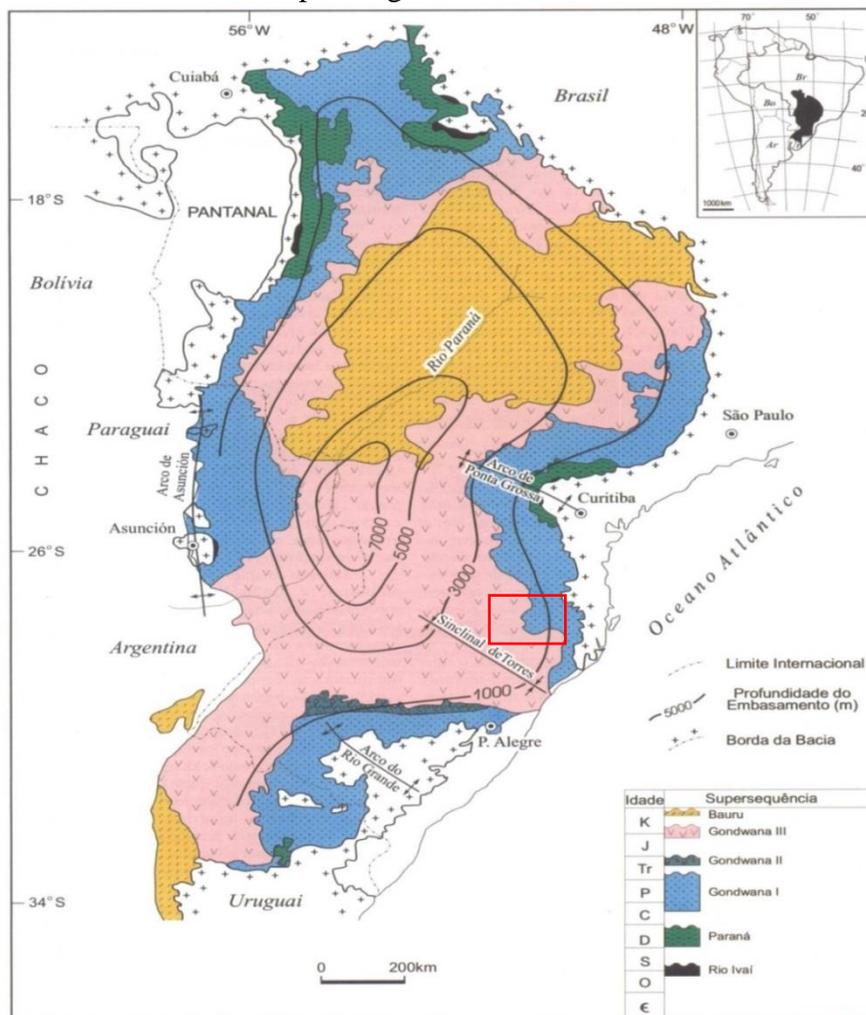
1.5.4 Geologia da Bacia Sedimentar do Paraná

O Alto e Médio Rio Canoas, sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas, localizam-se na borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná. A Bacia do Paraná caracteriza-se por ser uma das maiores bacias sedimentares do país e destaca-se por suas rochas, que possuem capacidade de reservar água em dois sistemas: o Sistema Aquífero Guarani, no qual o recurso hídrico está acumulado em rochas sedimentares do Botucatu e o Sistema Serra Geral, onde a reserva de água percola por falhas e fraturas das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral.

A Bacia Sedimentar do Paraná (Mapa 2) possui uma área de ocorrência de cerca de 1.600.000 km², cerca da 1.000.000 km² em todo território nacional, 40.000 km² na Argentina, 100.000 km² no Paraguai e 100.000 km² no Uruguai (Roldan, 2007). Caracteriza-se como uma ampla área Vulcano-sedimentar, sua forma é ovalada com eixo maior N-S, sendo seu contorno atual definido por limites erosivos relacionados em grande parte à história geotectônica Meso-Cenozóica do continente.

A porção centro sul da Bacia do Paraná foi modelada pela erosão em função do soerguimento crustal associado ao rifte do Atlântico Sul, sendo a remoção de seção sedimentar estimada em até 2.500 (Zanotto, 1993). Na estratigrafia da bacia, segundo Milani (1997), é possível reconhecer seis super pacotes ou supersequências deposicionais. Da mais antiga para a mais recente, denominam-se, Supersequência Rio Ivaí; Supersequência Paraná; Supersequência Gondwana I; Supersequência Gondwana II; Supersequência Gondwana III e Supersequência Bauru.

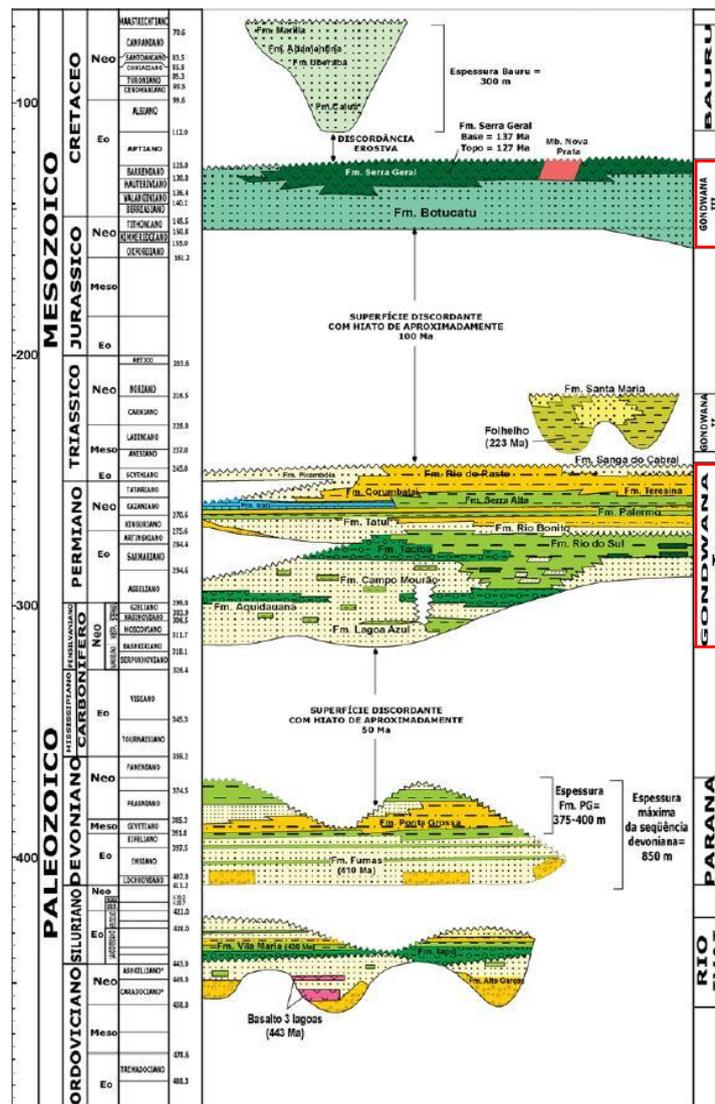
Mapa 2: Mapa geológico simplificado da Bacia Sedimentar do Paraná com destaque para região de estudo



Fonte: Modificado de Milani, 2004.

É possível mencionar uma grande diversidade litológica na área de estudo, principalmente na região de Lages e Correia Pinto, onde aflora o Domo de Lages com litologias da Supersequência Gondwana I e rochas magmáticas alcalinas do Complexo Alcalino de Lages (Cenozóico). Nas demais áreas dentro do recorte de estudo as litologias pertencem à Supersequência Gondwana III. A figura 2 auxilia na compreensão cronológica da disposição das litologias dentro da unidade da Bacia Sedimentar.

Figura 2: Coluna Estratigráfica da Bacia Sedimentar do Paraná com destaque para as duas Superseqüências presentes na área de estudo



Fonte: Modificado de Milani, 2004.

As rochas que compõem a área do Alto e Médio Rio Canoas estão organizadas das antigas para as mais recentes em quatro grupos (Itaré, Guatá, Passa Dois, Serra Geral), seguidas pelo Complexo Alcalino de Lages e os Depósitos Aluvionares. Como é possível observar na coluna estratigráfica de Milani, a Bacia Sedimentar do Paraná é formada por uma sucessão de rochas sedimentares, recobertas por extensos derrames de composição essencialmente básica, perfazendo uma coluna de rochas com espessura total de 5.500 m (Milani, 1997; Roldan, 2007; Fúlfaro et al., 1982).

Milani (1997; 2004) torna a compreensão da estratigrafia na bacia bem definida e se faz importante para o presente trabalho de modo a explicar a grande área de sedimentação do Gondwana I, que aflora em praticamente 50% da área selecionada,

alterando a conhecida morfologia dos Campos De Cima Da Serra. De acordo com os estudos de Milani (1997,2004; e Roldan 2004), o processo de sedimentação teve início no Neo-Ordoviciano e perdurou até o Juro-Cretáceo, quando se instalou um evento magmático de expressão continental.

Durante este período, o preenchimento sedimentar foi marcado por uma alternância de estágios de soerguimento e subsidência crustal, associados à megaciclos erosivos e transgressivos. Estes proporcionaram grandes mudanças nos sistemas deposicionais que, por sua vez, originaram às diversas formações que compõem o quadro litoestratigráfico da bacia” (Roldan, 2007, pág 07).

Atualmente, após compreender parcialmente o contexto geológico da região, é possível identificar em campo e nos mapas mais atuais (CPRM 2014) rochas sedimentares abrangendo cerca de 50% das sub-bacias, sendo elas da Supersequência Gondwana I, e rochas sedimentares e magmáticas da Supersequência Gondwana III nas maiores altitudes, abrangendo cerca de 40% da área de estudo.

1.5.5 Clima

O Estado de Santa Catarina situa-se em uma zona de clima conforme Köppen definiu como clima mesotérmico úmido (sem estação seca) – Cf, com dois subtipos: Cfa - clima subtropical, onde a temperatura média no mês mais frio é inferior a 18°C e a média do mês mais quente é acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração de chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida; O subtipo Cfb corresponde ao clima temperado com temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C, com verões frescos. A temperatura média do mês mais quente é abaixo de 22°C e sem estação seca definida (EPAGRI, 2002).

O regime pluviométrico do estado varia de 1100 mm anuais a 2900 mm anuais, sendo que os maiores registros ocorrem no oeste do estado. Na área de estudo esta média anual fica dentro dos 1300 a 2000 mm. Maier (2016) ressalta a importância da quantificação da precipitação quando diz:

Entre os principais ciclos do balanço térmico e hídrico de um regime climático, o ciclo hidrológico é um dos mais importantes para a produtividade dos ecossistemas pelo papel da água na manutenção da cadeia alimentar. Onde as precipitações são a maior porcentagem da recarga de água de um ecossistema, tornando-as uma variável reguladora da produtividade primária e secundária. Frente à importância da água, a compreensão dos principais padrões da distribuição espacial e temporal da precipitação pode minimizar a vulnerabilidade humana por meio da gestão ambiental sustentável (Maier, 2016, pág, 32).

Dentre os elementos climatológicos, a precipitação é o que diretamente reflete a instabilidade do tempo e a intensidade com que essas variações se processam, podendo ainda ser considerada como um dos principais fatores responsáveis pelo desenvolvimento dos sistemas morfogenéticos tropicais (Silva e Santos, 1979). Na análise da fragilidade ambiental o fator clima (pluviosidade) é de suma importância, como aqui já mencionado, visto que a partir da variação do mesmo, seja em função do ENOS ou das mudanças climáticas globais a variação no regime de chuvas interfere diretamente no planejamento do manejo do solo, a fim de tornar seu uso sustentável frente às mudanças climatológicas.

1.5.6 Vegetação

A vegetação do Brasil, compreendida na Zona Neotropical, sob o aspecto geográfico pode ser dividida em dois territórios: Amazônico e Extra-Amazônico (IBGE, 2004). Ab'Saber (2007) divide o país em seis grandes domínios paisagísticos e macroecológicos (domínio das Terras Baixas Florestadas da Amazônia; domínio dos Chapadões Centrais Recobertos por Cerrados; Cerradões e Campestres; domínio das Depressões Interplanálticas Semi-Áridas do Nordeste; domínio dos Mares de Morros Florestados e Domínio dos Planaltos de Araucárias).

No território Extra-Amazônico, mais precisamente no domínio dos Planaltos de Araucária, está a área de estudo, compreendendo uma área de Floresta Ombrófila Mista e a Estepe. A área coincide com o planalto meridional brasileiro, com altitude entre 800 e 1800 metros, composta por bosques de araucárias com densidades e extensões diferentes, mosaicos de pradarias e pequenos bosques de pinhais encontrados nas encostas e cabeceiras de drenagem. É uma região exclusiva do Planalto Meridional e ocorre sob um clima subtropical, com temperatura média de 18°C, com alguns meses (3 a 6 meses) com temperaturas médias inferior aos 15°C.

As formações do Planalto Meridional refletem situações específicas de duas floras: Tropical Afro-Brasileira e a Temperada Austro-Brasileira, tendo a Araucária Angustifolia como espécie caracterizadora. De acordo com IBGE (2004):

A estrutura, é bastante variada, constituída por predomínio de **Podocarpus lambertii** (pinheirinho), **Drimys brasiliensis** (casca – d'anta), **Capisicodendron dinisii** (pimenteira) e **Ilex** spp. (erva-mate, caúnas e congonhas). Seus dominantes tendem ao gregarismo, como, por exemplo, a coniferales **Araucaria angustifolia** (pinheiro-do-paraná) e as Lauraceae **Nectandra** e **Ocotea porosa** (imbuia) (IBGE, 2004, mapa biomas do Brasil).

As Estepes (campestre com floresta de galeria) também compõem a região de estudo situando-se na região dos Campos de Cima da Serra e sua cobertura herbácea é composta por gramíneas cespitosas (Nummer, 2003). As florestas galeria apresentam-se em grupos pouco densos ou como mata ciliar ao longo dos cursos d'água. As espécies arbóreas são esguias, às vezes com pequenas sapopembas. Estas espécies são ricas em samambaias e begônias. No Alto e Médio Rio Canoas a Estepe encontra-se intimamente associada com a Floresta Ombrófila Mista.

Esta região até meados da década de 1950 era uma área preservada, no entanto vêm sofrendo transformações em função da economia madeireira, que contribuiu com o desmatamento da região. Estes espaços hoje cedem lugar às paisagens e culturas agrícolas. A cultura madeireira ainda se estabelece na região do planalto catarinense com o cultivo prioritário da espécie *Pinus taeda*.

1.5.7 Geomorfologia

Tricart (1977) ao estudar problemas do meio ambiente, trouxe o conceito de sistema essencial devido a sua dialética entre a necessidade da análise e de visão de conjunto, incluindo seu caráter dinâmico, em que fenômenos se processam a partir de fluxos de matéria e energia, originando relações de dependência. O relevo surge neste quadro como um componente natural do ambiente, apresentando uma grande variedade de formas originadas a partir da relação das rochas que o sustentam com o clima, que o esculpe e os solos que o recobrem. Somam-se a estes componentes a ação humana, que contribui no processo evolutivo das formas de relevo. Nesse contexto, Tricart (1977) aponta a diferenciação entre o meio natural e o meio construído/modificado pelo homem em relação às esferas superfície/atmosfera.

O entendimento da dinâmica do relevo considera duas linhas de estudo: uma que trata da compreensão, funcionamento e inter-relação dos componentes naturais, e outra referente ao planejamento, potencialidades tecnológicas e a atuação humana. Esta dinâmica traduz formas de relevo, que se dividem em dimensões relativas, idades e processos genéticos mais ou menos instáveis, e que são desencadeados pelos fatores naturais ou antrópicos (Ross, 1992). É nesta perspectiva que se inicia a preocupação, além dos fluxos de matéria e energia, com a espacialização dos fenômenos (Grigoriev, 1968).

As teorias relacionadas à geomorfologia partem de duas correntes, uma anglo-americana e outra alemã. A escola anglo-americana se detém principalmente na evolução do modelado do relevo e inicia com as ideias de Davis em 1899 com a Teoria do Ciclo

Geográfico¹ – considerando o enquadramento tectônico e a erosão fluvial (forma normal de erosão). Assim, o relevo estaria sendo definido através dos processos operantes do tempo e classificados em fase de juventude, maturidade e senilidade, enquanto as forças endógenas entre os ciclos são desconsideradas e a fase da maturidade denotaria o perfil de equilíbrio fluvial (Christofolletti, 1974; Abreu, 2003).

Seguindo as mesmas concepções de Davis que considerava a evolução do relevo como um sistema fechado, Lester King em 1953 sugeriu a Teoria da Pediplanação, com a regressão paralela das vertentes. Alguns avanços desta escola resultaram em teorias que incorporaram outros fatores também responsáveis para a evolução do relevo, considerando-o como um sistema aberto, com trocas de matéria e energia com outros sistemas (Teoria do Equilíbrio Dinâmico e Teoria Probabilística) (Christofolletti, 1974; Abreu, 2003). Em outra linha, a escola alemã traz propostas empírico-naturalistas e tem como principal teórico Penck (1894). Para este autor, o entendimento das formas de relevo considera as forças endógenas (processos tectônicos, resistência das rochas), forças exógenas (ação climática, erosão e transporte de base rochosa) e a ação conjunta das duas forças (Penck, 1984). A partir disso, com a observação e análise dos fenômenos passíveis de espacialização, surge como principal instrumento e método a cartografia geomorfológica (Abreu, 2003).

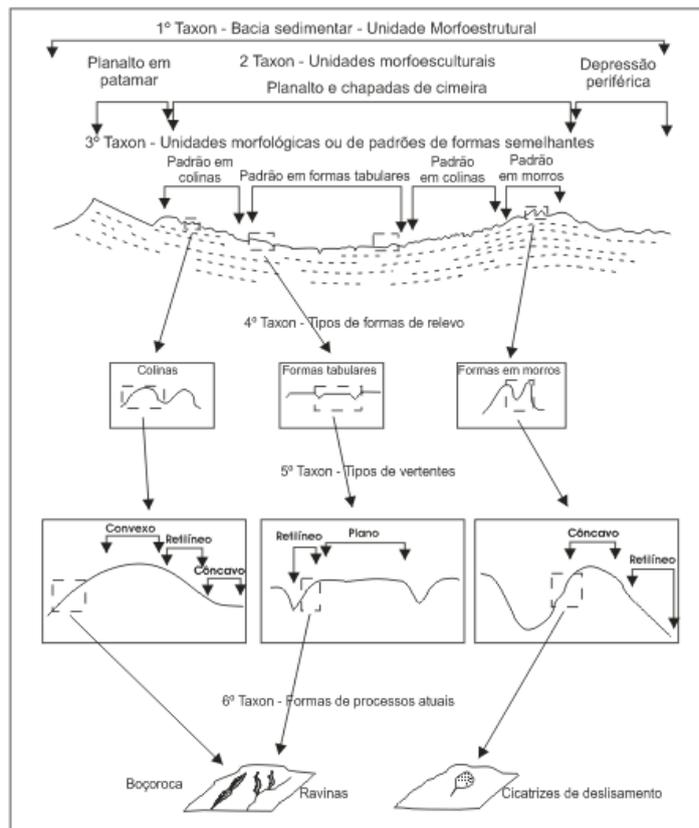
Na geografia física, relacionar os vários elementos da superfície incluindo forças endógenas e exógenas, respectivamente, se remete as concepções de Penck. Considerando estas forças que atuam na formação do relevo, Guerassimov (1946) e Mescerjakov (1968) definiram morfoestrutura e morfoescultura. A morfoestrutura está relacionada com as grandes formas do relevo da superfície continental e oceânica, que encontram relação genética estreita com a estrutura e os movimentos da crosta terrestre. A morfoescultura é diferenciada em função da sua estrutura e das condições ambientais zonais resultado da ação climática atual e pretérita (Mescerjakov, 1968; Ross, 1992).

Para Ross (1992) a definição de uma taxonomia e a representação cartográfica encontra dificuldade devido ao fenômeno representado (formas tridimensionais, diferentes formatos, tamanhos, gêneses e idades). Com isso, a classificação apoia-se no

¹A teoria proposta por William Morris Davis apresenta uma concepção finalista sistematizada na sucessão das formas de um ciclo ideal conforme descreve Christofolletti (1998). Este modelo teórico se apóia na elaboração de três fases no processo de evolução do modelado terrestre: a juventude, maturidade e senilidade, podendo retornar novamente a uma fase de juventude através de movimentos epirogenéticos caracterizando um processo de rejuvenescimento do relevo.

aspecto fisionômico (influência genética e indicador de idade) e não na escala espacial relacionada ao tamanho da forma (Figura 3).

Figura 3: Representação das Unidades Taxonômicas propostas por Ross (1992)



Fonte: Ross (1992).

Segundo Ab'Saber (1989) a geomorfologia moderna cuida de entender os processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais em sua plena atuação, ou seja, procura compreender globalmente a fisiologia da paisagem, através da dinâmica climática e de observações mais demoradas e sob controle de equipamentos de precisão. Neste caso, em vez de estudar os resultados cumulativos dos eventos quaternários inclusos na estrutura superficial da paisagem, pretende-se observar a funcionalidade atual e global desta mesma paisagem (dinâmica climática e hidrodinâmica). Formas de relevo, solo e subsolo estão sujeitas à atuação conjunta dos fatores climáticos em sua efetiva sucessão na área considerada.

De acordo com as unidades taxonômicas, o Alto e Médio Rio Canoas estão inseridos na unidade morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas, precisamente na região geomorfológica do Planalto das Araucárias (IBGE, 2009). A representação cartográfica da geomorfologia de uma determinada localidade está

relacionada à questão genética, bem como com o aspecto fisionômico e características estruturais. Assim sendo, ao se tratar de elementos básicos de um sistema funcional, forma ou fisionomia, estrutura e dinâmica ou funcionalidade e, portanto, gênese e cronologia, ainda que relativa, a classificação taxonômica é mais do que uma simples classificação do relevo, mediante as várias escalas de trabalho. Organizar o relevo de acordo com os táxons implica em uma classificação da gênese do relevo, ou seja, uma classificação das formas de relevo de acordo com a sua temporalidade. É, de fato, importante pois possibilita agrupar padrões de formas semelhantes na sua morfoescultural e morfoestrutural, tornando possível e mais fácil o direcionamento das aptidões de uso do solo.

1.5.8 Solos

O solo é um recurso natural, lentamente renovável, encontrado em diferentes posições na paisagem (Streck *et al.*, 2002). A concepção de solo depende do conhecimento adquirido a seu respeito, de acordo com o modelo conceitual que ele representa nas diferentes atividades humanas. Em função da grande ênfase no estudo do solo para a produção de alimentos, a ciência do solo passou quase que integralmente ao âmbito das instituições de ensino e pesquisa ligadas ao desenvolvimento agrícola. Como ciência, entretanto, o conhecimento e o estudo do solo transcende o modelo agrícola, sendo de importância a todas as atividades humanas.

Dentro do que Grigoriev nomeou de estrato geográfico, o solo aparece como um dos principais componentes, tendo como seus limites a atmosfera, corpos d'água superficiais, gelo e áreas com coberturas de sedimentos inconsolidados. O reconhecimento de que o solo não é apenas o resultado da alteração das rochas e sim o produto das interações entre a litosfera, atmosfera, hidrosfera e a biosfera, surgiu no final do século XIX, através dos estudos do geólogo russo V.V. Dokuchaev, e pode ser resumido na seguinte equação:

$$S = f (mo, cl, r, o, t)$$

Em que S expressa o solo como função das interações entre os fatores ambientais *material de origem* (mo), *clima* (cl), *relevo* (r), *organismos vivos* (o), atuando ao longo do *tempo* (t)". Neste contexto, os solos são corpos naturais com características próprias

desenvolvidas durante seu processo de formação, que é condicionado pelos fatores ambientais.

Para o estudo de fragilidade ambiental o solo é uma importante variável, pois é o recurso natural que sustenta a flora e fauna, a agricultura, a pecuária, o armazenamento de água e as edificações do homem (Streck *et al.*, 2002). O objetivo do estudo é justamente integrar todas as variáveis que compõem o estrato geográfico, de maneira a analisar o ambiente e preservar recursos importantes para a sobrevivência do homem, como o solo, por exemplo. Burt e Boardman (2015) constatam que o aumento do regime pluviométrico a longo prazo é preocupante, pois, ocasiona o aumento da erosão hídrica. Segundo Ramos (2015):

A erosão hídrica depende, basicamente, dos fatores clima, solo, relevo, cobertura e manejo e práticas de suporte. Destes, o fator cobertura e manejo é o fator que pode ser alterado com mais facilidade na magnitude da ocorrência deste fenômeno (Ramos, 2015, pág. 14).

Com a finalidade de reconhecer os tipos de solos, é importante observar as características morfológicas do mesmo (cor, textura, estrutura, consistência e raízes), as quais são perceptíveis a olho nu ou por manipulação em campo e auxiliam no diagnóstico de degradação do solo (Streck *et al.*, 2002). A região de estudo é composta em sua maior parte por Cambissolos e Neossolos. No primeiro, por ser característico de áreas de maior altitude, possui condições climáticas adversas, apresentando opções de cultivo de pastagens e silvicultura. Já os Neossolos, são caracteristicamente solos menos desenvolvidos, vinculados a áreas com relevos mais ondulados e escarpados na região, e apresentam fortes restrições a culturas anuais.

1.6 Material e Métodos

O estudo para identificação da variabilidade da fragilidade ambiental aqui proposto conta com duas etapas, onde cada uma é composta por uma base de dados, extraída de fontes como INPE, IBGE, CPRM, ANA, EPAGRI, EMBRAPA e aferições de campo. De maneira a alcançar o objetivo desta tese, criou-se uma rotina de trabalho em que primeiramente a base de dados foi organizada para elaboração de mapas e aferições de campo, finalizando com o processamento dos dados. A seguir estão descritos os procedimentos técnicos para cada etapa de trabalho.

1.6.1 Organização do Banco de Dados

Com a grande variedade de dados de sensoriamento remoto disponível na atualidade é cada vez mais fácil e eficaz selecionar imagens condizentes com a escala de trabalho apropriada para cada situação, seja em um estudo local, regional ou global a exemplo de estudos desenvolvidos para monitoramento territorial e climático.

O sensoriamento remoto fornece dados valiosos para a identificação e descrição de ecossistemas, por meio de imagens coletadas remotamente, bem como seus produtos derivados podem auxiliar na compreensão da dinâmica territorial, como mudanças no uso e ocupação do solo, por meio da análise temporal de uma mesma região.

Os dados Topodata, redefinidos do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* – SRTM, pelo INPE, são importantes para análise geomorfométrica, pois estes tornam possível à compreensão quantitativa do relevo e suas formas. A partir do modelo de elevação (MDE) são extraídas outras variáveis importantes para o reconhecimento do relevo, como declividade, curvaturas horizontal e vertical, orientação de vertentes, sombreamento de relevo. Correlacionadas, estas variáveis auxiliam na identificação de áreas potencialmente frágeis.

Já as imagens multiespectrais, como as da série Landsat, permitem a análise temporal dos usos e ocupação da terra, detectando mudanças em função das transformações da paisagem.

Na etapa de processamento dos dados o geoprocessamento e processamento digitais de imagens multiespectrais são fundamentais para gerar os resultados para a presente pesquisa. Para a realização do geoprocessamento de vetores e álgebra de mapas foram utilizados os programas ArcGis 10.2.2 e o QGIS 2.12 para alguns processamentos auxiliares. As imagens multiespectrais utilizadas para classificação de uso e ocupação do solo foram processadas no programa ENVI 5.0. A tabela 1 apresenta os produtos e as informações cartográficas utilizadas.

Tabela 1: Descrição dos dados utilizados na tese

BANCO DE DADOS			
Dados	Escala/ Resolução Espacial / Período	Produto	Fonte
Base Cartográfica	1:100.000	Hidrografia	ANA
	1.250.000	Limites Administrativos	IBGE
Relevo	1:250.000	Relevo	EPAGRI
	30m	Declividade	INPE/TOPODATA
	30m	Altimetria	INPE/TOPODATA
	30m	Curvatura Horizontal	INPE/TOPODATA
	30m	Curvatura Vertical	INPE/TOPODATA
Mapas Temáticos	1:250.000	Vegetação	EMBRAPA
	1:250.000	Solo	EMBRAPA
	1:500.000	Geologia	CPRM
	1:750.000	Uso e Ocupação	IBGE
	1:5.000.000/ 1:250.000	Clima	IBGE / EPAGRI
Imagens de Satélite	30m	Landsat 5 sensor TM	INPE
	30m	Landsat 8 sensor OLI	USGS/NASA
Dados Climatológicos	1985 – 2015	Série Histórica Pluviometria	ANA

Fonte: Organizado pela autora.

1.6.2 Mapeamento Temático

Os mapeamentos temáticos para o mapeamento de fragilidade ambiental foram realizados a partir da base de dados disponível com quatro (4) escalas diferentes (1:250.000; 1:500.000; 1:750.000 e 1:5.000.000) em função da disponibilidade para a área de estudo. A partir dos dados TOPODATA somados com dados de campo e de geologia foi elaborado o mapa de geomorfologia. Com a interpolação da base de dados das estações pluviométricas da ANA foi elaborado o mapa de pluviosidades e por fim, com a classificação das imagens de satélite Landsat foram elaborado os mapas de uso e

ocupação, todos essenciais para a análise da variabilidade da fragilidade ambiental na área de estudo.

1.6.3 Relevo

Nas três últimas décadas o estudo sobre as formas do relevo tem evoluído no sentido de ser mais quantitativo, com a finalidade de analisar o ambiente frente às transformações da paisagem ocasionadas pela atividade e ocupação antrópica. Silveira e Silveira (2013) apontam que as análises puramente descritivas de outrora dão lugar a estudos integrados, que consideram a complexidade da superfície terrestre, pois as discussões e demandas que emergem do conhecimento geomorfológico atualmente são mais específicas, visando à aplicabilidade e melhor compreensão dos processos e fenômenos correlacionados.

O emprego do método quantitativo na análise da paisagem consiste em atribuir uma dimensão e expressá-lo na forma paramétrica, como é o caso da Geomorfometria (Hengl & Evans; Pike *et.al.*, 2009). A construção do conhecimento acerca da morfometria do relevo contou com a contribuição de diversos autores desde o século XVIII, conforme aponta a revisão de Carvalho (2009). Humboldt deu início aos estudos morfométricos, realizando medições de elevação do relevo (1769-1859), contemporâneo, Carl Ritter estabeleceu o índice de desenvolvimento de costa (1779-1859), Alfred Cayley lançou as bases matemáticas para a geomorfometria em 1859, James Clerk Maxwell descreveu as vertentes e divisores de água com as bases geomorfométricas de Cayley (1870).

Seguindo, outros pesquisadores como Murray (1888) Partsh (1911), De Martonne (1941) desenvolveram respectivamente estimativas de altitudes para o globo terrestre, plotando elevação *versus* área; mapa quantitativo do relevo local, salientando divisores de água, vales e bacias hidrográficas; uso de curvas hipsométricas para estudos comparativos entre regiões, gerando histogramas. Na década de 1950, Strahler iniciou estudos estatísticos para descrever o relevo e vertentes relacionando estes com a ordem dos canais. Já na década de 1960, a geomorfometria sofreu uma revolução a partir da criação do modelo digital de terreno (MDT), conceito desenvolvido por Miller & Laflame (1958), no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) (Carvalho, 2009).

A partir dos modelos digitais de elevação conciliados com programas que aplicam modelos matemáticos foi possível extrair de forma eficaz curvas de nível, curvaturas horizontais e verticais, orientação das vertentes, declividades, densidades de drenagens, forma de bacias hidrográficas entre outras variáveis. Estas informações são

de suma importância para o desenvolvimento de trabalhos voltados para ciência ambiental como na Geografia, Geologia, Biologia, Engenharia Hídricas, Ambiental, Agrônômica, dentre outras.

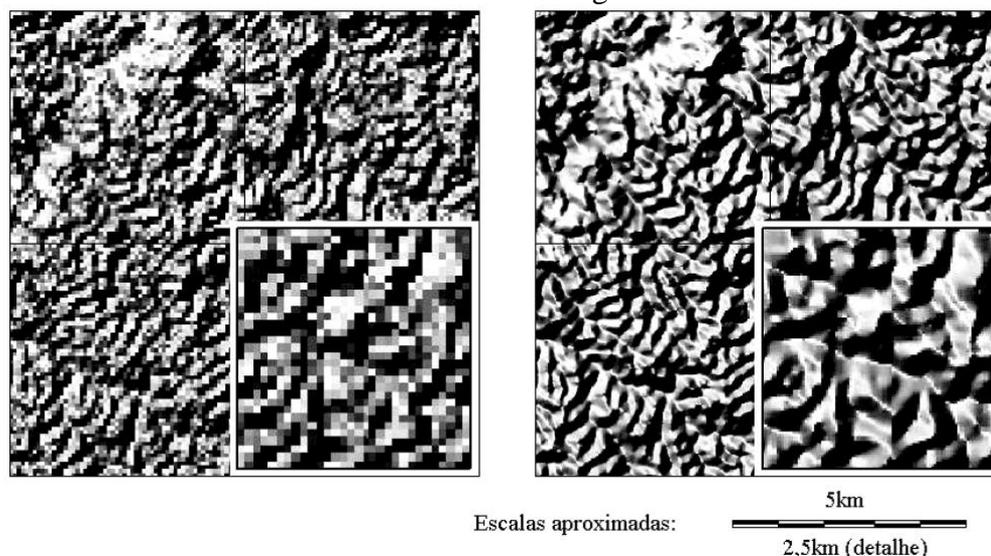
Os dados geomorfométricos mais utilizados na atualidade são os da missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). A missão SRTM é um projeto da NASA com Agência Nacional de Inteligência Geoespacial dos EUA (NGA), teve a duração de 11 dias com o lançamento em 11 de fevereiro de 2000. Neste período foi possível captar dados topográficos digitais de 80% da superfície do planeta (USGS, 2016). Os dados gerados e disponibilizados para downloads possuem uma resolução espacial de 90 m. No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais a partir dos trabalhos de Valeriano (2004; 2007 e 2008) disponibiliza estes dados topográficos por meio do projeto TOPODATA, onde os dados originais SRTM foram redefinidos para uma resolução espacial de 30m.

O projeto Topodata tem como objetivo fornecer um banco de dados geomorfométricos para o território nacional. Como já foi citado a geomorfometria refere-se ao estudo do relevo sob uma abordagem numérica, baseada na mensuração de características geométricas da configuração tridimensional da superfície do terreno (Evans, 1972). A partir do modelo digital de elevação é possível extrair derivadas geomorfométricas as quais possuem diversas aplicações em estudos voltados ao reconhecimento do relevo.

Segundo Valeriano (2010), generalizando, as variáveis geomorfométricas locais são obtidas a partir da altimetria, com derivações em torno de cada ponto analisado. Assim, temos a própria altimetria (derivação de ordem zero), declividade e orientação de vertentes (derivadas de 1ª ordem) e curvaturas vertical e horizontal (derivadas de 2ª ordem) como variáveis geomorfométricas locais básicas.

O banco de dados Topodata disponibiliza estes dados com uma resolução espacial de 30m, diferente dos dados originais SRTM (90m). Na figura 4, a seguir, é possível visualizar esta diferença. No detalhe ampliado, em escala 1:50.000, enquanto o modelo original apresenta um padrão aleatório, o modelo tratado permite a interpretação de uma rede de drenagem e um relevo coerentes (Valeriano, 2005).

Figura 4: Dados SRTM originais (esq.) e refinados Topodata (dir.) sobre área de alta densidade de drenagem



Fonte; Valeriano, 2005.

Os dados SRTM originais foram gerados no ano 2000 e os dados refinados Topodata foram disponibilizados pelo INPE no ano de 2008. No entanto estes passaram por constantes correções e aprimoramentos. Inicialmente problemas na articulação entre folhas e a demanda por mais formatos levaram a um novo tratamento dos dados desde sua preparação, e detalhes do processamento de derivação geomorfométrica foram oportunamente melhorados, e os novos produtos disponíveis desde o dia 6 de maio de 2009. Para possibilitar uma futura expansão do Topodata, foi feita uma nova revisão dos produtos e processos, que culminou numa metodologia passível de aplicação onde quer que existam dados SRTM. Os dados atualmente disponíveis, desde novembro de 2011, foram elaborados em fiel correspondência a estes procedimentos (INPE, 2016).

De acordo com Rech *et al.* (2011) as variáveis geomorfométricas a partir de atributos topográficos apresentam uma ótima relação custo/benefício, produzindo mapas de qualidade superior a tradicional. Já Valeriano (2005) ressalta que a confiabilidade do uso destas variáveis é adequada para escalas médias a partir de 1:50.000. No estudo da fragilidade ambiental do Alto e Médio Rio Canoas, as variáveis consideradas são: altimetria, declividade, curvaturas horizontal e vertical e sombreamento de relevo a fim de identificar as feições do relevo na região.

1.6.4 Altitude

Considerada como derivação de ordem zero (Valeriano, 2008), a altitude é a variável mais importante para derivações geomorfométricas. Florenzano (2008) define

altitude como altura absoluta do relevo em relação ao nível do mar. Este conceito se completa com a amplitude altimétrica, que se refere à diferença entre a cota máxima e a cota mínima de uma forma de relevo.

Para obter as informações altimétricas para a construção do mapa de altitude da área de estudo, foram necessárias quatro imagens TOPODATA de código _ZN (27S51; 27S495; 28S51; 28S495). Na sequência foi realizado um mosaico das quatro imagens no programa ArcGIS 10.2.2. Com base no vetor da área foi realizado um recorte do mosaico e as cotas máximas e mínimas representadas em cores para a edição final do mapa altimétrico.

1.6.5 Declividade

Como derivada de primeira ordem da altimetria (VALERIANO, 2008) a declividade é a variável mais utilizada em modelos de análise do relevo (Ross, 1994; Crepanni *et al.*, 1996; Spör e Ross, 2004; Kawabuco *et al.*, 2005; Nummer, 2011) com o objetivo de qualifica-lo. Valeriano (2008) define declividade como o ângulo de inclinação zenital da superfície do terreno em relação à horizontal. Em MDE, sua medição é realizada através da análise dos desníveis entre pixels vizinhos.

Os valores podem variar numericamente de 0° a 90°, ainda que seja mais comumente expressa em porcentagem, de zero ao infinito (Valeriano, 2008). Também é possível representar a declividade em classes, representação selecionada para este trabalho. Assim como na altimetria foram selecionadas quatro imagens na plataforma TOPODATA com o código _SC (27S51; 27S495; 28S51; 28S495). Realizou-se um mosaico no ArcGIS 10.2.2 e posteriormente um recorte com base no vetor da área de estudo. A classificação (Tabela 2) ocorreu com base nos limites da EMBRAPA (2006) os valores máximos e mínimos foram extraídos e foram gerados os gradientes com as classes pré-estabelecidas.

Tabela 2: Classes de declividade para avaliação de terras

Classe	Descrição
Plano	Superfície de topografia horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos.
Suave Ondulado	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50m e de 50 a 100m, respectivamente).
Ondulado	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives moderados.
Forte Ondulado	Superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros (elevações de 50 a 100m e de 100 a 200m de altitudes relativas, respectivamente) e raramente colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis de 20 a 45%.
Montanhoso	Superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes e muito fortes, predominantemente variáveis de 45 a 75%.
Escarpado	Áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes e escarpamentos, tais como: aparados, itaimbés, frentes de cuestras, falésias, vertentes de declives muito fortes, usualmente ultrapassando 75%.

Fonte: EMBRAPA, 2006.

1.6.6 Curvatura Vertical

Como segunda derivada da altitude, a curvatura vertical é importante no reconhecimento do relevo, visto que traça a variação da declividade ao longo de uma determinada distância (Valeriano, 2008). Frente a isto a curvatura vertical expressa o formato da vertente visto em perfil. No processamento das imagens em SIG o cálculo é baseado na comparação dos diferenciais altimétricos recíprocos ao ponto, no caso ao pixel, feitas por janelas móveis.

A partir das imagens (27S51; 27S495; 28S51; 28S495) de código _V5 do banco de dados TOPODATA, foi realizado o processamento para mosaicar e recortar as imagens

para dar ênfase à área de estudo. Posteriormente foram classificadas em cinco classes (muito côncava, côncava, retilíneo, convexa, muito convexa). Optou-se por uma classificação de cinco classes com o objetivo de aumentar o nível de detalhe.

1.6.7 Curvatura Horizontal

A curvatura horizontal, derivada de segunda ordem das curvas de nível, expressa o formato da vertente quando observada na projeção horizontal. Segundo Valeriano (2008), a curvatura horizontal se traduz no caráter de divergência ou convergência e é expressa em diferença de ângulo dividida por distância horizontal, normalmente graus por metro.

A importância da curvatura horizontal se deve a análise dos processos de migração e acúmulo de sedimentos em corpos d'água através das superfícies. Neste trabalho optou-se pela classificação em cinco classes, estabelecida por (Valeriano, 2008), com a faixa de $\pm 0,054^\circ/\text{m}$ para terrenos planos, com curvaturas moderadas até $\pm 0,180^\circ/\text{m}$. O mapa de curvatura horizontal ficou classificado em: muito convergente; convergente; planar, divergente, muito divergente. As imagens selecionadas (27S51; 27S495; 28S51; 28S495) possuem o código _H5 na plataforma TOPODATA. Os procedimentos para ajuste da imagem a área de estudo seguiram os mesmos parâmetros da altitude e da declividade descritos anteriormente.

1.6.8 Solos

Como uma das principais variáveis na análise da fragilidade ambiental em uma bacia hidrográfica o solo caracteriza-se como um corpo natural da superfície terrestre com propriedades relacionadas aos efeitos integrados do clima, das plantas e animais sobre o substrato rochoso, condicionado pelo relevo durante determinado tempo (Moreira, 2005).

O reconhecimento da diversidade dos solos e suas características, principalmente superficiais, são importantes para a interpretação de imagens em sensoriamento remoto, identificando padrões de comportamento espectrais, o que auxilia na análise de mudança. Para o desenvolvimento da primeira etapa da tese, a análise da fragilidade potencial, foi utilizado a base de dados da Embrapa (2004) gerando o mapa de solos da região em escala de 1:250.000. Na segunda etapa, os solos das áreas amostrais foram coletados para aferição com base em suas características ambientais como: localização, situação e declive, altitude, litologia, vegetação, atividade biológica, relevo, drenagem, áreas de erosão, pedregosidade, e seu tipo de uso atual.

1.6.9 Séries Temporais de Uso e Ocupação do Solo

1.6.9.1 Satélite Landsat

O programa Landsat teve início nos anos 1970 quando a NASA em parceria com a USGS lançou no ano de 1972 o ERTS 1 (*Earth Resource Technology Satellite 1*), com o objetivo de realizar o monitoramento dos recursos terrestres. No ano de 1975 o ERTS 1 foi renomeado Landsat 1.

Com o sucesso da missão Landsat foi dada continuidade no programa, com o lançamento dos Landsat 2, 3, 4, 5, 7 e 8, monitorando a Terra adquirindo dados de maneira sinótica, sistemática e repetitiva o que hoje constitui um vasto banco de dados de imagens multiespectrais e termais. Com o maior fluxo de dados ininterruptos da superfície da Terra vista do espaço, a frota Landsat da NASA forneceu ao mundo informações sem precedentes sobre as mudanças de cobertura da terra e seus efeitos residuais desde 1972. O conhecimento adquirido a partir de 40 anos de dados contínuos contribui para pesquisa sobre o clima, ciclo do carbono, os ecossistemas, ciclo da água, biogeoquímica e mudanças na superfície da Terra, bem como a nossa compreensão dos efeitos humanos visíveis na superfície terrestre (NASA, 2016). No Brasil, as imagens Landsat são disponibilizadas desde 1973 pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) de forma gratuita, viabilizando o desenvolvimento de pesquisas voltadas para o reconhecimento, monitoramento e planejamento ambiental no território nacional.

Desde os anos 1970 os sensores MSS (*Multispectral Scanner Subsystem*) e TM (*Thematic Mapper*) foram os mais importantes da série Landsat, sendo o TM mais utilizado em função da sua disponibilidade e por apresentar melhores resoluções que o MSS. O uso do MSS era restrito a estudos geológicos e inventários de vegetação, enquanto o TM apresenta bandas importantes para a penetração na água, discriminação de tipos e vigor de vegetação, medidas de umidade de plantas e solos, diferenciação de nuvens, neve e gelo e identificação hidrotermal em alguns tipos de rochas (JENSEN, 2009). Seguindo, no satélite Landsat 7 o sensor ETM+ apresenta melhorias em relação aos sensores antecessores, tendo a banda pancromática como principal novidade, com 15 metros de resolução, permitindo análises com boa separabilidade de alvos, seja em área rural ou urbana.

Nesta tese foram utilizados os dados do Landsat 5, 7 e 8 para verificar a mudança do uso e ocupação do solo. O satélite mais recente da série, o Landsat 8, foi lançado em fevereiro de 2013, contando com nove bandas multiespectrais, com resolução espacial de

15 (pancromática) e 30 m (sensor OLI) e duas bandas termais, com resolução espacial de 100 m (sensor TIRS).

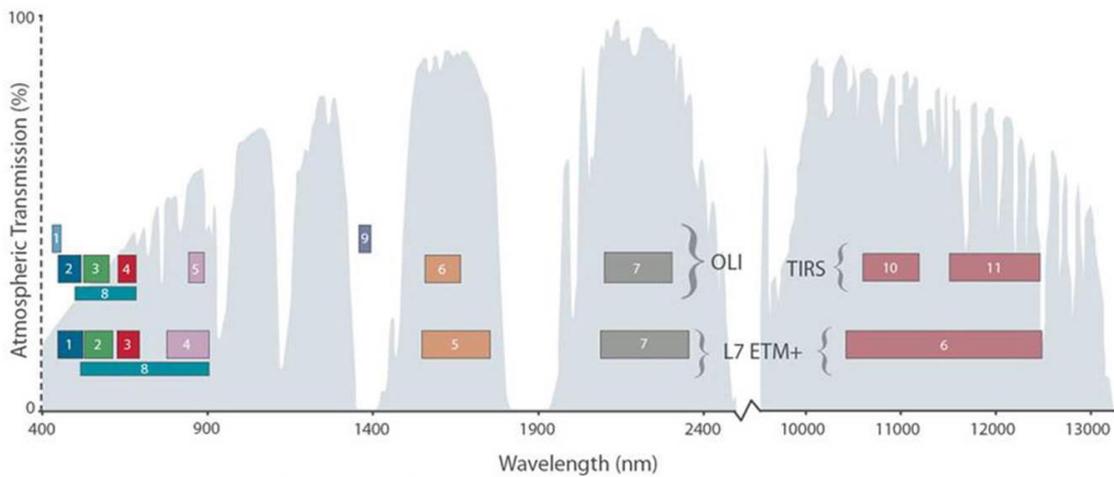
1.6.9.2 Sensor OLI

O sensor OLI (*Operational Land Imager*) acoplado no Landsat 8, mede as regiões espectrais do visível, infravermelho próximo, infravermelho médio. Suas imagens variam entre 15 (pancromática) e 30 metros (multiespectral) de resolução espacial ao longo de uma ampla faixa de 185 km, cobrindo vastas áreas de paisagem da Terra de 16 em 16 dias, proporcionando uma resolução suficiente para distinguir características como centros urbanos, fazendas, florestas e outros usos da terra.

O projeto de OLI é um avanço na tecnologia de sensor Landsat, instrumentos em satélites Landsat anteriores utilizavam espelhos de varredura para varrer os campos de visão do instrumento em toda a largura da faixa de superfície e transmitir luz a alguns detectores. O OLI em vez disso, usa matrizes de detectores de comprimento, com mais de 7.000 detectores por banda espectral, alinhados em todo o seu plano focal para ver do outro lado da faixa. Com uma relação de melhoria de sinal-ruído em comparação com instrumentos Landsat anteriores (NASA, 2016).

Em relação ao o ETM+, as larguras de várias bandas OLI foram refinadas para evitar características de absorção atmosféricas. Segundo a NASA (2016) a maior mudança ocorre na banda OLI 5 (0,845-0,885 mm) para excluir um recurso de absorção de vapor de água a 0,825 mm no meio da ETM + perto faixa do infravermelho (banda 4; 0,775-0,900 mm). A banda pancromática OLI, banda 8, também é mais estreita em relação à banda ETM + pancromática para criar um maior contraste entre as áreas vegetadas e superfícies sem vegetação em imagens pancromáticas. Além disso, duas novas faixas são especificadas para o OLI; uma faixa azul (banda 1; 0,433-0,453 mm), principalmente para as observações do oceano de cor nas zonas costeiras, e uma faixa do infravermelho, de ondas curtas (banda 9; 1,360-1,390 mm), que cai sobre uma característica de absorção de vapor de água forte e permitirão a detecção de nuvens Cirrus dentro de imagens OLI (cirros aparece brilhante, enquanto a maioria das superfícies terrestres aparece escura através das atmosferas livres de nuvens, que contêm vapor de água). Estas comparações estão expressas na figura 5 a seguir.

Figura 5: Comparação entre as bandas e comprimentos de onda do Landsat 8 sensor OLI e TIRS com Landsat 7 sensor ETM+



Fonte: USGS, 2016.

Cabe colocar que a resolução radiométrica das imagens do sensor OLI são de 12 bits em comparação com os dados de 8 bits dos sensores anteriores como o TM e o ETM+ dos satélites Landsat 5 e 7.

Observar a condição atual e a detecção de mudanças no uso do solo é um importante pré-requisito para compreender os processos que estão ocorrendo e para o prognóstico de tendências futuras (Lang e Blaschke, 2009). No cenário ambiental, a análise temporal de uso do solo justifica-se especialmente pela necessidade da identificação de fontes ou potenciais fontes de alterações do ambiente. Estes dados são de suma importância no planejamento ambiental de uma bacia hidrográfica. A classificação na área de estudo será realizada com imagens dos satélites Landsat 5 e 8 (Tabela 3) no programa ENVI 5.0 por meio de classificação supervisionada.

Tabela 3: Descrição das imagens dos Satélie Landsat 5 e 8

Plataforma	Landsat 5	Landsat 8
Sensor	TM	OLI
Altitude	705 km	705 km
Faixa	185 x 185 km	185 x 185 km
Resolução Temporal	16 dias	16 dias
Resolução Espacial	30 m / 100m (termal)	30m/15m (pancromática) /100m (termal)
Nº de Bandas ²	7 (R, G, B, NIR, SWIR1, TIRS*, SWIR2)	11 (A, R, G, B, NIR, SWIR 1, SWIR 2, PAN, CIR, TIRS1, TIRS2)

Fonte: Organizado pela autora.

Foram selecionados dois anos para a classificação temporal, 1987 e 2016, do satélite Landsat 5TM e Landsat8 OLI priorizando imagens de verão, buscando o mínimo de nuvens, o que prejudicaria a classificação. Duas cenas (220_79 e 221_79) foram necessárias para realizar um mosaico que abrangesse toda área de estudo. Após os pré-processamentos realizados no programa ENVI 5.0 foram selecionadas classes de uso do solo com base em trabalhos de campo e pesquisas bibliográficas, visando abarcar os principais tipos de uso da região. As amostras foram testadas com base em chaves de interpretação para mapas de uso da terra (Florenzano, 2008; IBGE, 2013) (Tabela 4). A partir da chave de interpretação foram especificadas classes de uso, com base no objetivo do trabalho e em aferições de campo, classificando os tipos de usos de acordo com o seu gradiente de degradação em função da intensificação agrícola.

² Faixas do espectro eletromagnético Landsat 5 (R – vermelho (0,63 – 0,52µm), G – verde (0,52-0,60µm), B – azul (0,45 – 0,52µm), NIR – infravermelho próximo (0,76 – 0,90µm), SWIR – infravermelho médio (1,55 – 1,75µm – 2,05 – 2,35µm), TIRS* – termal (10,4 – 12,5µm). Faixas do espectro eletromagnético Landsat 8 (A – Aerosol (0,43 – 0,45 µm), R – vermelho (0,64 – 0,67µm), G – verde (0,53 – 0,59µm), B – azul (0,45 – 0,51µm), NIR – infravermelho próximo (0,85 – 0,88µm), SWIR 1 – infravermelho médio (1,57 – 1,65µm), SWIR 2 – infravermelho médio (2,11 – 2,29µm), PAN – pancromática (0,50 – 0,68µm), CIR – Cirrus (1,36 – 1,38µm), TIRS 1 – Infravermelho termal (10,60 – 11,19µm), TIRS 2 – Infravermelho termal (11,50 – 12,51).

Tabela 4: Classes para análise temporal de uso e ocupação do solo

Classes de Uso e Ocupação	Descrição	Tipo de Manejo do Solo*
Água	Corpos d'água (rios, lagos, represas)	-
Hortaliças	Área de textura lisa com cultivo em área prioritariamente plana próximas a cursos de rios e lagos.	PC
Fruticultura	Áreas de cultivo de maçã, uva e pêra com textura rugosa e formas retilíneas.	PC
Grãos	Áreas de textura lisa, com cultivos temporários de soja, milho e feijão.	PC/PD
Pastagem Anual	Pastagem plantada, apresenta textura lisa e uniforme.	PC/PD
Campo Nativo	Áreas vegetais nativas que compreendem cobertura de gramíneas com a presença ou não de arbustos.	-
Silvicultura	Áreas florestais plantadas, comuns em talhões grandes com textura lisa e forma regular.	PD
Mata Nativa	Área de vegetação no entorno de cursos d'água e esparsas, com textura rugosa e forma irregular.	-
Área Urbana	Área com textura rugosa e irregular, com padrões de sombra.	-
Sombra	Áreas onde o pixel não contém informação em detrimento da sombra gerada pelo relevo, vegetação e edificações.	

*PC: Preparo Convencional – PD: Plantio Direto

Fonte: Modificado de Florenzano, 2008; IBGE, 2013.

O conhecimento sobre uso e cobertura do solo permite que medidas que garantam a preservação e manutenção do ambiente e a gestão do espaço sejam adequadas à realidade, já que por meio destes fatores é possível acompanhar os prováveis impactos

ambientais e o desenvolvimento socioeconômico de um local, em escalas municipais à global (Montebelo *et al.*, 2005).

1.6.10 Séries Temporais de Pluviosidade

Dos principais ciclos do balanço térmico e hídrico de um regime climático, o ciclo hidrológico é um dos mais importantes para a produtividade dos ecossistemas, pelo papel que a água desenvolve na manutenção da cadeia alimentar. Onde as precipitações são a maior porcentagem da recarga de água de um ecossistema, tornando-as uma variável reguladora da produtividade primária e secundária. Frente à importância da água, a compreensão dos principais padrões da distribuição espacial e temporal da precipitação por minimizar a vulnerabilidade humana, por meio da gestão ambiental sustentável (Maier *et al.*, 2016).

A partir das estações pluviométricas da ANA cadastradas no banco de dados HidroWEB, foram selecionadas as estações que cobrem a área de estudo, buscando pontos bem distribuídos e com certa mudança na morfologia do terreno. Foram selecionadas onze estações pluviométricas (Tabela 5) para que o período de 1986 até 2016 fossem organizados em tabelas do Excel, gerando médias anuais, e gráficos de tendências.

Tabela 5: Estações Pluviométricas da área de estudo

Código	Nome da Estação	Responsável	Operadora
Urubici	2849021	ANA	CPRM
Santa Clara	2749032	ENERCAN	ENERCAN
Vila Canoas	2749031	ANA	CPRM
Rio Bonito	2749009	ANA	CPRM
Bocaina do Sul	2749035	ANA	CPRM
Painel	2750007	ANA	CPRM
Capão Alto	2750029	CONS. MACHADINHO	CONS. MACHADINHO
Lages	2750005	INMET	INMET
Lages	2750031	EPAGRI	EPAGRI
PCH Ponte Velha (Caveiras – Mont)	2750026	CELESC	CELESC
Campo Belo do Sul	2750001	ANA	CPRM
São José do Cerrito	2750020	ANA	CPRM
Travessão ENERCAN	2750027	ENERCAN	ENERCAN
Foz do Caveiras	2750028	ENERCAN	ENERCAN
Passo Caru	2750008	ANA	CPRM
Salto Pery	2750018	CELESC	CELESC
PCH Pery	2750015	CELESC	CELESC
Ponte Alta do Sul	2750011	ANA	CPRM
PCH Pery Montante (Ponte Alta do Sul)	2750024	CELESC	CELESC
Ponte do Rio Antinhas	2750012	ANA	CPRM

Fonte: Organizado pela autora.

Foram calculados os valores mensais da precipitação visando mensurar a distribuição espacial e temporal da umidade sobre a bacia hidrográfica. As médias anuais da precipitação foram calculadas para cada ponto (estação). As médias mensais, quando subtraídas de cada amostra, originam as séries/campos anômalos, que representam a magnitude da precipitação excedente ou deficitária de cada mês (Maier *et.al.*2016). Com o banco de dados organizado e os cálculos das médias mensais, anuais e suas anomalias

realizados, estes pontos foram interpolados com o intuito de gerar curvas pluviométricas da região espacializando a informação dos 30 anos de análise (1986-2016).

1.6.11 Trabalho de Campo

Buscou-se a partir do trabalho de campo realizar um reconhecimento da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas como um todo. Foram realizados sete trabalhos (totalizando 184 pontos) de reconhecimento e coleta de dados em campo. No primeiro trabalho realizado em fevereiro de 2015 buscou-se reconhecer o relevo, vegetação, vias rodoviárias, municípios, tipos de uso e ocupação do solo desde a nascente do Rio Canoas, no município de Bom Retiro até próximo a sua foz, na barragem localizada no município de Campos Novos.

Na sequência com base no primeiro reconhecimento de campo foi realizado um recorte na área para a presente tese, optando pelas sub-bacias do Alto e Médio Rio Canoas. Mais seis trabalhos de campo seguiram, de modo a cobrir a área o máximo possível e com maior detalhamento de dados. Os demais trabalhos foram realizados nos meses de agosto e novembro de 2015, fevereiro e junho de 2016, janeiro e julho de 2017.

O objetivo dos trabalhos de campo foi catalogar as diferentes litologias presentes na área, coletar amostras de rochas em afloramentos em cortes de estradas, pedreiras/cascalheiras e ao longo do curso dos rios. Também foram visitadas propriedades para identificar os plantios. Tomadas fotográficas foram realizadas com a finalidade de aferir as formas de relevo, os tipos de solos, seus respectivos usos e ocupações. Cada ponto teve sua coordenada UTM coletada com GPS Garmin Etrex.

Nas atividades de campo de 2016 e 2017 foram realizados reconhecimentos dos tipos de culturas agrícolas (soja, milho, feijão, pinus, eucalipto e maçã) em campo e suas coordenadas coletadas para posterior aferição em imagens multiespectrais para classificação supervisionada.

1.6.12 Fragilidade Ambiental

Visando confeccionar os mapas de variabilidade da fragilidade ambiental da área de estudo, realizou-se os seguintes procedimentos metodológicos baseados no Modelo de Fragilidade Ambiental de Ambientes Naturais e Antropizados de Ross (1994). Segundo o autor, as unidades de fragilidade dos ambientes naturais e antropizados devem ser resultantes dos levantamentos de geologia, geomorfologia, solos, uso e ocupação do solo e clima (variação pluviométrica). Esses elementos analisados de forma integrada possibilitam obter um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade

dos ambientes frente à intensificação agrícola. A análise da fragilidade consiste na suscetibilidade dos terrenos frente às intervenções humanas baseando-se na capacidade potencial de remanejamento de material. Diferencia-se da erodibilidade por ser mais amplo e incorporar os mais variados processos: erosão laminar, em sulcos, quedas de blocos e movimentos de massa (Moreira, 2013).

O modelo propõe que cada uma das variáveis seja hierarquizada em cinco classes de acordo com a sua suscetibilidade, sendo as mais estáveis com valores próximos de 1,0, as intermediárias próximas de 3,0 e as mais suscetíveis com valores próximos à 5,0. A partir do estabelecimento dos pesos às variáveis, estas foram ordenadas de acordo com a sua importância na investigação desta pesquisa. Considerando que o que se busca neste trabalho é identificar a variabilidade da fragilidade ambiental frente à intensificação agrícola, a composição entre os cinco planos utilizados segue a seguinte ordem:

- Geomorfologia: Padrões de relevo menos suscetíveis à erosão terão grau de fragilidade 1, até os padrões de relevo mais suscetíveis, que terão grau de fragilidade 5.
- Uso e Ocupação do Solo: Atribuição deste peso está ligado ao tipo de uso que oferece maior proteção em relação às águas pluviais, onde terão grau de fragilidade (1) e o uso que oferece menor proteção terá valor máximo (5).
- Solos: Os solos menos suscetíveis à erosão terão grau de fragilidade (1) e os mais suscetíveis terão grau (5)
- Geologia: As litologias menos suscetíveis à erosão terão grau de fragilidade (1) e as mais suscetíveis terão grau (5)
- Pluviosidade: A pluviosidade pode ser relacionada a uma maior erosão do solo e assim, áreas de maiores registros pluviométricos podem ser mais afetadas pelas chuvas, por possuírem maior facilidade de ocorrência de processos erosivos. Os pesos também são graduados de 1 (menor fragilidade) a 5 (maior fragilidade), de acordo com a quantidade de chuvas e sua recorrência ao longo do ano.

Da combinação desses algarismos (ex: 11111, 12345, 23456, 55555), foi possível hierarquizar os graus de fragilidade ambiental. De acordo com Spör e Ross (2004), nesta convenção, o conjunto numérico 11111 representa todas as variáveis favoráveis (Grau de Fragilidade Muito Fraco) e o conjunto numérico 55555 apresenta todas as variáveis desfavoráveis (Grau de Fragilidade Muito Forte).

O primeiro dígito da combinação entre as variáveis determina sempre o grau de fragilidade para a área. Aqui, a variável que determina o grau de fragilidade é a geomorfologia, visto que o mapeamento geomorfológico realizado para este trabalho, considera um conjunto de informações primordiais para análise do ambiente, conforme seus condicionantes morfoestruturais, morfoesculturais e morfométricos. Neste caso a variável geomorfologia se sobrepõe às variáveis uso e ocupação, solo, geologia e pluviosidade, distinguindo os graus de fragilidade da área. Os graus de fragilidade propostos por Ross e utilizados como base neste trabalho estão nas tabelas 6, 7, 8.

Tabela 6: Grau de Fragilidade das Classes de Declividade

Grau de Fragilidade	Declividade
1 Muito Fraco	< 6%
2 Fraco	6% a 12%
3 Médio	12% a 20%
4 Forte	20% a 30%
5 Muito Forte	>30%

Fonte: Ross (1994)

Tabela 7: Grau de Fragilidade das Classes de Solos

Grau de Fragilidade	Tipos de Solos
1 Muito Fraco	Latossolo Vermelho; Latossolo Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo com textura argilosa.
2 Fraco	Latossolo Amarelo e Vermelho-Amarelo com textura média argilosa.
3 Médio	Latossolo Vermelho-Amarelo; Nitossolos e Argissolos.
4 Forte	Argissolos com textura média arenosa; Cambissolos.
5 Muito Forte	Neossolos Litólicos; Gleissolos; Neossolos Quartzarênicos.

Fonte: Ross (1994)

Tabela 8: Grau de Fragilidade das Classes de Uso e Ocupação do Solo

Grau de Fragilidade	Uso e Ocupação do Solo
1 Muito Fraco	Florestas, matas nativas, florestas cultivadas com biodiversidade.
2 Fraco	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (Mata secundária, cerrado denso, capoeira densa), pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo e ciclo longo (Como o cacau).
3 Médio	Cultivo de ciclo longo em curva de nível/terraceamento (como café, laranja com forrageiras entre ruas), pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com bosque de nativas.
4 Forte	Cultivo de ciclo longo de baixa densidade (Café, pimenta-do-reino, laranja) com solo exposto entre ruas, culturas de ciclo curto (arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão) com cultivo em curvas de nível/terraceamento.
5 Muito Forte	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradagem, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

Fonte: Ross (1994)

Para as classes de geologia e clima foram utilizados como base os estudos de Crepani *et al.* (2001) e Spör (2001) respectivamente. Para geologia, Crepani *et al.* (2001) também atribui grau de suscetibilidade à erosão, no entanto a gradação é de 1 (mais vulnerável) a 3 (menos vulnerável). Então para seguir na linha metodológica de análise da fragilidade proposta por Ross, os graus foram redefinidos a uma gradação de 1 (menor fragilidade) a 5 (maior fragilidade) ficando como está exposto nas tabelas 9 e 10.

Tabela 9 : Graus de Fragilidade das classes de Geologia

Graus de Fragilidade	Geologia (Tipos de Rochas)
1 Muito Fraco	Quartzitos; Riolito; Granito; Dacito; Granulitos; Gnaisses
2 Fraco	Fonolito; Nefelina; Sienito; Traquito; Sienito; Andesito; Diorito; Basalto; Gabro; Anortosito
3 Médio	Milonitos; Kimberlitos. Anfibolito; Xisto; Marmores
4 Forte	Arenitos quartzosos; Conglomerados; Grauvacas; Siltitos; Argilitos; Folhelhos;
5 Muito Forte	Calcários; Dolomitos; Sedimentos inconsolidados; Colúvios; Aluviões

Fonte: Adaptado de Crepani *et al.* (2001)

Tabela 10: Graus de Fragilidade das classes de Pluviosidade

Graus de Fragilidade	Classes de Pluviosidades (mm/ano)
1 Muito Fraco	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1000 mm/ano.
2 Fraco	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2000 mm/ano
3 Médio	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março.
4 Forte	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril, quando ocorrem de 70 a 80% do total das chuvas.
5 Muito Forte	Situação pluviométrica com distribuição regular ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais ultrapassando 2500 mm/ano; ou ainda, comportamentos pluviométricos irregulares ao longo do ano, com episódios de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semi-árido).

OBS: O comportamento em negrito é o característico da área de estudo. Fonte: Spör (2001)

Estabelecidos os graus de fragilidade e sua hierarquia, as bases de dados necessitam ser cruzadas para gerar os mapas de fragilidade ambiental a partir de análise multicritério.

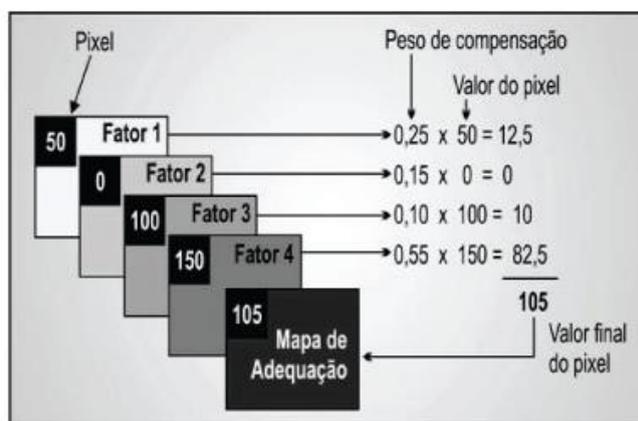
1.6.13 Análise Multicritério

De modo auxiliar na construção e integração dos dados que originam áreas de fragilidade ambiental, a análise multicritério possibilita a combinação das variáveis utilizadas na presente pesquisa (geomorfologia, uso e ocupação, solos, geologia e clima). Este método permite retratar a lógica de observação do espaço, no presente caso, integrando todo o ecossistema por meio de pesos atribuídos as variáveis e destacando o mais importante no contexto de análise da fragilidade ambiental, frente à intensificação agrícola.

Entre os métodos de análise multicritério existe o método baseado em ordenação de critérios (Stillwell *et al.*, 1981), em escalas de pontos (Osgood *et al.*, 1957), em distribuição de pontos (Easton, 1973) e o de comparação de critérios par a par (Saaty,

1977). Um dos métodos mais empregados na Avaliação Multicritérios é a Combinação Linear Ponderada (CLP) (VOOGD, 1983). Uma vez que os mapas de critérios (fatores e restrições) tenham sido gerados, é uma simples questão de multiplicar cada mapa de fator (isto é, cada célula, ou pixel, de cada mapa) pelo seu peso e, então, somar os resultados. Devido ao fato de os pesos terem de somar 1, o mapa de adequação resultante terá variação de valores como aqueles dos mapas de fatores padronizados que foram usados, como mostrado na figura 6.

Figura 6: Representação do Método da Combinação Linear Ponderada (CLP)



Fonte: Sartori *et al.* 2012.

Foram definidas para os mapas produzidos por meio dos métodos da Combinação Linear Ponderada cinco classes de prioridade: muito baixa (1), baixa (2), média (3), alta (4) e muito alta (5). E os pesos de compensação foram estipulados por ordem de importância na análise da fragilidade ambiental. Estipulando valores de 0 a 1 para cada variável, ficando da seguinte forma: Geomorfologia (0,30); Uso e Ocupação (0,20); Solos (0,20); Geologia (0,15) e Pluviosidade (0,15). O fluxograma 1 demonstra a rotina de trabalho desde a construção do banco de dados até o mapa de Fragilidade Ambiental.

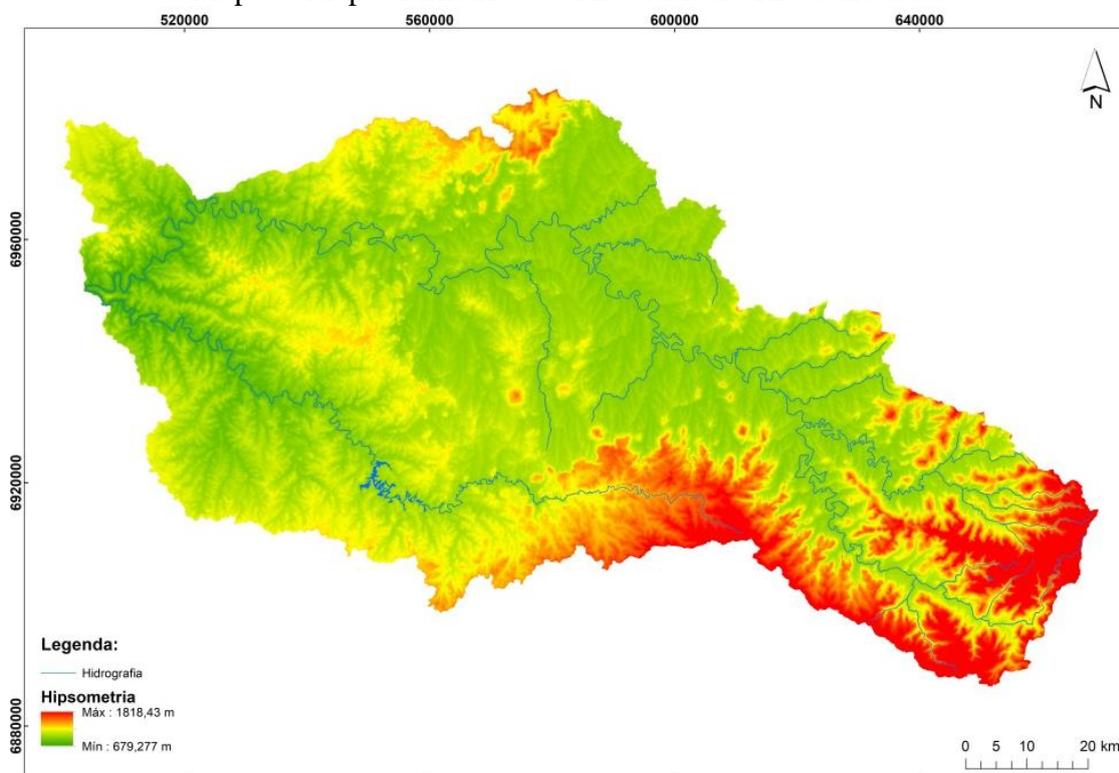
**CAPÍTULO II - CARACTERIZAÇÃO FISOGRÁFICA DO ALTO E MÉDIO
RIO CANOAS/SC**

2. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DO ALTO E MÉDIO RIO CANOAS/SC

2.1. Altitude

A altitude na área de estudo apresenta características topográficas bem distintas, desde a borda leste com os maiores desníveis e maiores altitudes em torno de 1800 m apresentando relevo escarpado, até o oeste da bacia no planalto com relevo ondulado e altitudes médias de 1000m. No centro na região de Lages, Correia Pinto e Bocaina do Sul tem uma área rebaixada em relação ao restante da área. Este rebaixamento está ligado ao substrato rochoso sedimentar nesta porção central as altitudes ficam entorno dos 600m a 900m. As cotas altimétricas apresentação no mapa 3 demonstram esta amplitude descrita.

Mapa 3: Mapa altimétrico do Alto e Médio Rio Canoas/SC

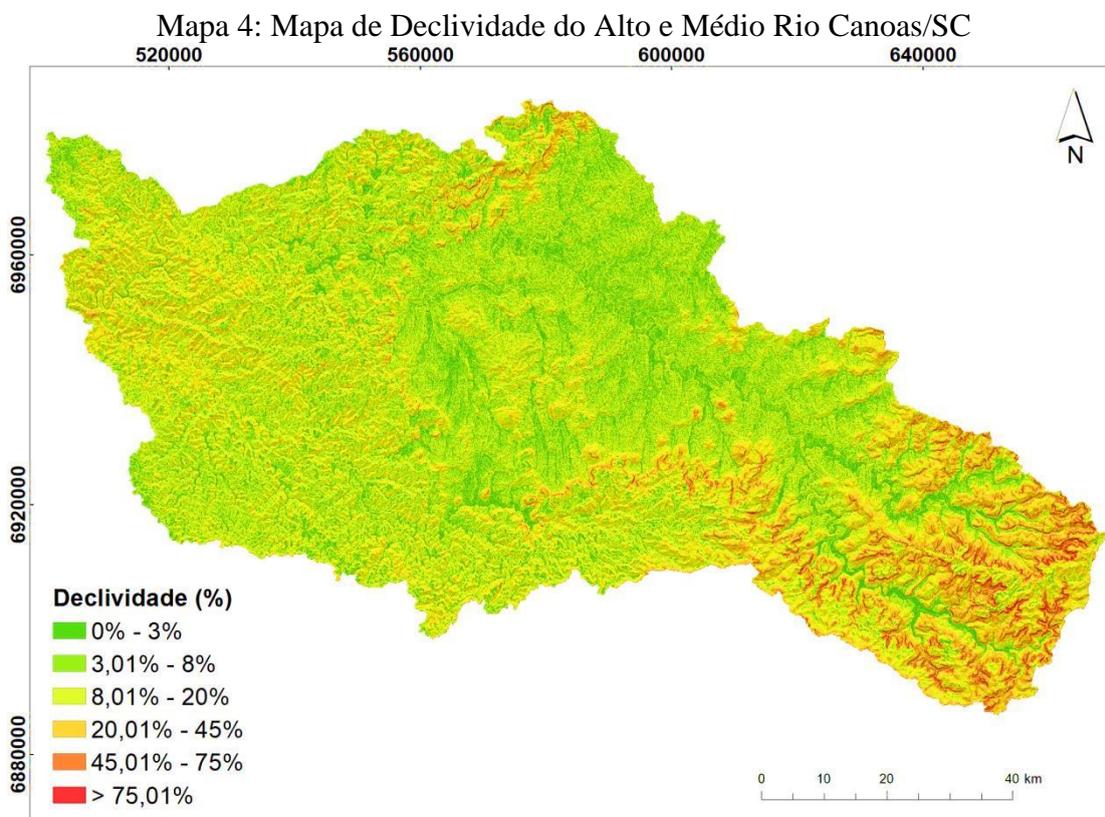


Fonte: Produzido pela autora.

2.2 Declividade

Sendo a derivada de primeira ordem da altimetria, a declividade apresenta concordância com o primeiro mapa geomorfométrico. É possível observar no mapa 4 que onde as altitudes são mais elevadas as declividades também correspondem classificadas como escarpado e montanhoso, principalmente no Alto Canoas. As declividades menores

(plano e suave ondulado) apresentam-se nos vales ao longo dos cursos dos rios, e nas áreas planas do centro da área de estudo.



Fonte: Produzido pela autora.

É possível notar pelo mapa 4 e pela tabela 11 que as classes predominantes na área de estudo são as correspondentes a relevo suave ondulado (18,04%), ondulado (49,63%) e forte ondulado (26,68%). Características mais do centro-oeste da bacia hidrográfica. A leste na região na área da nascente do Rio Canoas encontram mais concentrados os declives acentuados como Montanhoso (3,88%) e Escarpado (0,78%). Ambas as classes são pouco representativas na área de estudo, bem como apresentam elevado grau de conservação em função da baixa capacidade agrícola (pela alta declividade) e baixa taxa de urbanização. As áreas planas (0,99%) localizam-se principalmente ao longo do curso dos rios na área de estudo, nesta classe encontram-se usos como agricultura familiar, principalmente na região leste no vale.

Tabela 11: Áreas das classes correspondentes ao mapa de declividade

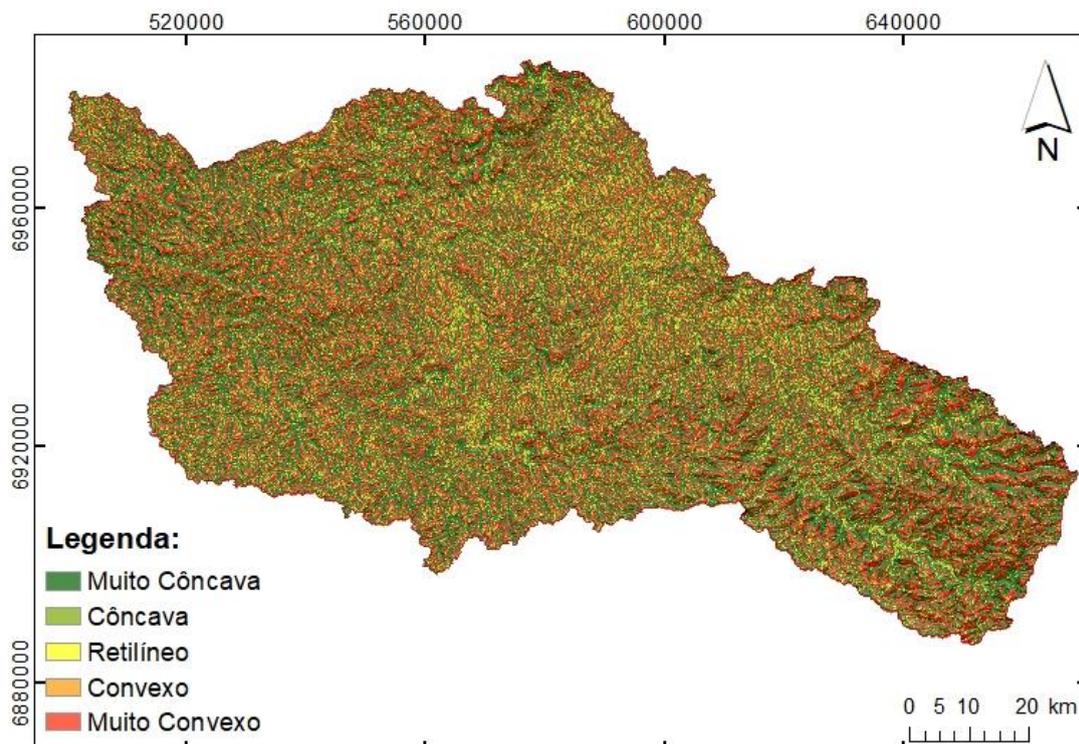
Classe	Área km²	%
Suave	88,40	0,99
Suave Ondulado	1613,80	18,04
Ondulado	4438,23	49,63
Forte Ondulado	2385,71	26,68
Montanhoso	347,45	3,88
Escarpado	69,04	0,78
Total	8942,63	100

Fonte: Organizado pela autora.

2.3 Curvatura Vertical

A variável de curvatura vertical permite identificar as formas de terreno, juntamente com a curvatura horizontal. No mapa de curvatura vertical (Mapa 5) é possível visualizar que as áreas identificadas como as mais elevadas e mais escarpadas (leste) também são muito convexas. Isto devido à quebra de relevo provocada pelas linhas de escarpa, que por sua vez são consequências da estruturação geológica. Por se tratar de uma área de planalto com relevo ondulado e forte ondulado, também podemos notar em outras áreas curvaturas muito convexa e muito côncava nos vales e nas drenagens.

Mapa 5: Mapa de Curvatura Vertical do Alto e Médio Rio Canoas/SC



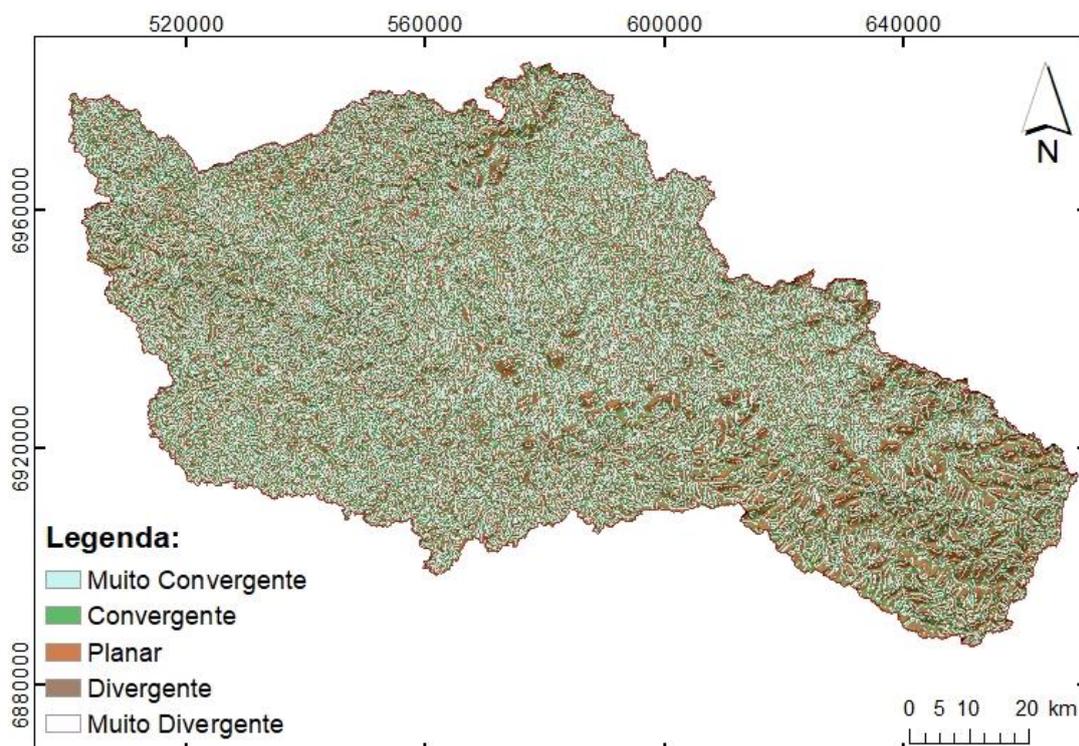
Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE/TOPODATA. Elaborado pela autora.

No centro do recorte de estudo identificam-se curvaturas côncavas seguindo o padrão de relevo ondulado e suave ondulado da região.

2.4 Curvatura Horizontal

A curvatura horizontal surge como derivada das curvas de nível expressando os formatos das vertentes observados pela projeção horizontal. Na área de estudo esta variável também se faz importante, pois permite identificar áreas de migração e acúmulo de sedimentos ao longo dos cursos d'água. Com base no mapa de curvatura horizontal (Mapa 6), é possível associar as curvaturas planas às formas de relevo mais íngremes, como as situadas das escarpas do leste e em algumas formas de relevo do centro da área de estudo, mais precisamente na região geológica do Domo de Lages. Curvaturas divergentes encontram-se nos topos de morros e as convergentes nos vales e ao longo das drenagens.

Mapa 6: Mapa de Curvatura Horizontal do Alto e Médio Rio Canoas/SC



Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE/TOPODATA. Elaborado pela autora.

2.5 Geologia

O Alto e Médio Rio Canoas apresenta uma diversidade litológica, que é expressa na mudança da morfologia da paisagem desde o leste da bacia até o oeste. Na região de Urubici e Bom Retiro é possível acompanhar a mudança de litologia das maiores altitudes (cerca de 1900m) até a área de fundo de vale. Tem-se nos topos de morros a Formação mais recente, Serra Geral (Figura 7), e na sequência (de cima para baixo), seguem os arenitos da Formação Botucatu (Figura 8) e as rochas sedimentares pertencentes ao Gondwana I, esta sessão é conhecida como coluna White 1908, a qual o geólogo Charles White descreveu as rochas pertencentes ao antigo Gondwana I na Bacia do Paraná, mais precisamente na região de Lauro Müller-Bom Jardim da Serra com a finalidade de mapear carvão para recursos energéticos. A tabela 12 apresenta a espacialização das unidades geológicas conforme a representação no mapa. Destas, destacam-se na região as rochas vulcânicas da Fácies Gramado (40,54%) e as rochas sedimentares da Formação Rio do Rastro (30,77%).

Figura 7: A) Zona de Contato litológico Formação Serra Geral (Topo vegetado) e Formação Botucatu (área aflorante); B) Afloramento da Formação Serra Geral no Morro da Igreja-Urubici-SC



Fonte: Produzida pela autora.

Figura 8: Afloramento Formação Botucatu – Serra Dois Irmãos – Bocaina do Sul-SC



Fonte: Produzida pela autora.

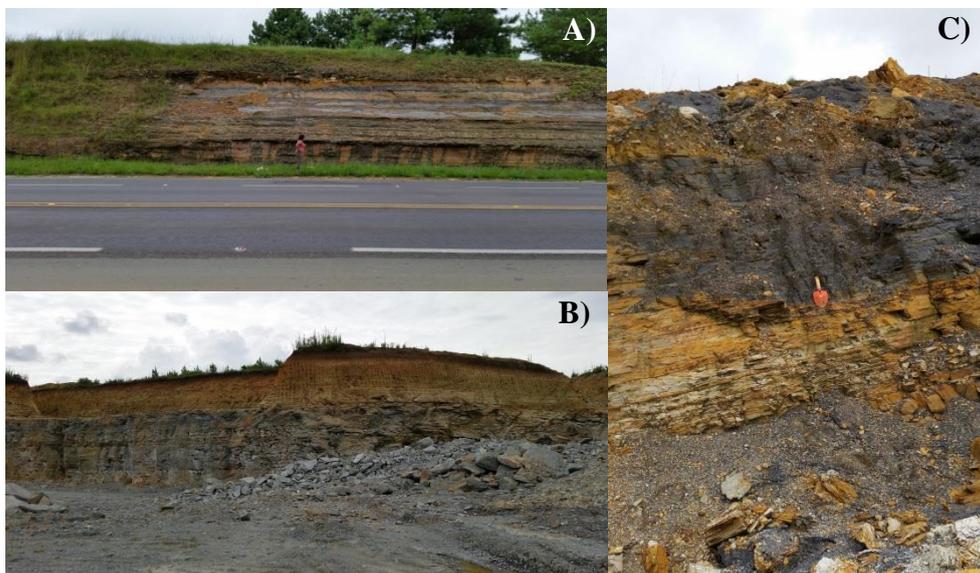
Tabela 12: Espacialização das Unidades Geológicas

Unidade	Área km²	%
Complexo Alcalino Lages	63,6611	0,71
Depósitos Aluvionáres	28,6338	0,32
Fácies Campos Novos	292,1199	3,26
Fácies Gramado	3626,0700	40,54
Fácies Palmas	27,9146	0,32
Formação Botucatu	665,8248	7,44
Formação Irati	12,8838	0,14
Formação Palermo	110,6580	1,24
Formação Rio Bonito	98,8594	1,10
Formação Rio do Rastro	2751,7577	30,77
Formação Serra Alta	163,8101	1,84
Formação Teresina	776,3420	8,69
Grupo Itararé	131,7279	1,48
Grupo Serra Geral	192,3905	2,15
Total	8942,65	100

Fonte: Produzido pela autora.

No centro da Bacia na área do Domo de Lages, com altitude entorno de 900m, estão presentes as rochas sedimentares mais antigas, do Gondwana I, caracterizam em sua maioria como pelitos, arenitos, siltitos e folhelhos (Figura 9).

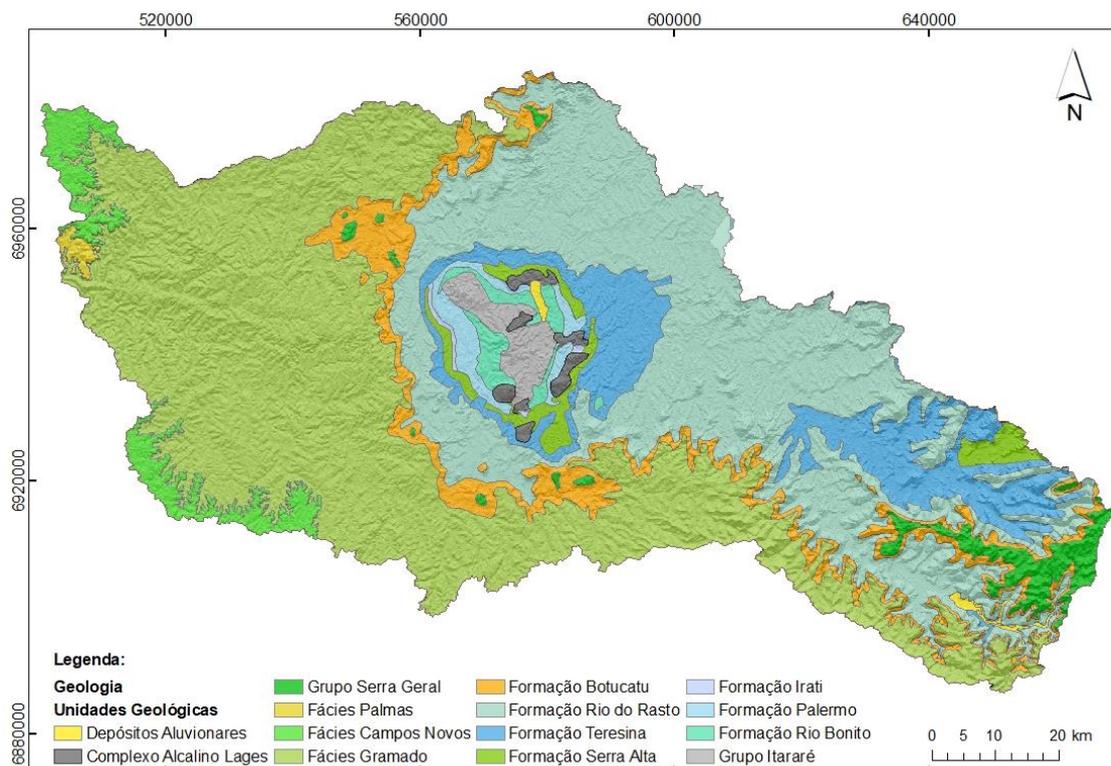
Figura 9: Afloramentos de rochas sedimentares do Gondwana I Com estratificação plano paralela; A) Afloramento de siltitos e pelitos em corte de estrada BR-116 município de Correia Pinto; B) Afloramento de siltitos e carvão em cascalheira; C) Afloramento de pelitos em pedreira no município de Palmeira-SC



Fonte: Produzida pela autora.

Na sequência será apresentada a descrição dos Grupos e suas Formações, em ordem cronológica da mais antiga para a mais recente, de cada litologia presente no mapa (Mapa 7) com base nos dados da CPRM (2014).

Mapa 7: Mapa Geológico do Alto e Médio Rio Canoas



Fonte: Produzido pela autora a partir de CPRM (2014).

Grupo Itararé – Permiano Inferior – sedimentação periglacial, subglacial glácio-marinha a glacial.

Grupo Guatá – Permiano Inferior – **Formação Rio Bonito**: arcóseo, siltito, siltito carbonoso e quartzo-arenito, folhelho carbonoso e carvão, tonstein, diamictito com matriz carbonosa e marga, ambiente flúvio-deltaico, litorâneo e marinho plataformal. **Formação Palermo**: siltito, siltito arenoso, arenito fino a muito fino e folhelho, lentes de arenito grosso e conglomerado com seixos discoides, ambiente marinho de costa-afora com influência de tempestades.

Grupo Passa Dois – Permiano Superior; Triássico Inferior – **Formação Irati**: folhelho, siltito e argilito, calcário, marga e folhelho betuminoso portador de répteis messossaurídeos, ambiente marinho de costa-afora, deposição por decantação em águas calmas abaixo do nível de ação de ondas; período de estratificação da coluna de água com influência de tempestades. **Formação Serra Alta**: depósitos marinhos compreendendo argilitos, folhelhos e siltitos cinza-escuro, com lentes e concreções calcíferas. **Formação Teresina**: depósitos marinho rasos representados pela alternância de argilitos e folhelhos cinza-escuro com siltitos e arenitos muito finos cinza-claro, apresentando laminação *flaser*, com ocorrência de calcários, por vezes oolíticos e leitos de coquina intercalados

na porção superior. **Formação Rio do Rastro:** pelito e arenito com dominância de camadas tabulares ou lenticulares muito estendidas, ambiente lacustre (Mb. Serrinha).

Grupo Serra Geral – Jurássico Superior; Cretáceo Inferior – **Formação Botucatu:** arenitos eólicos de ambiente desértico, avermelhados, finos a médios, com estratificações cruzadas de médio a grande porte, localmente, arenitos argilosos mal selecionados de ambiente lacustre, mais frequentes na base da formação. **Formação Gramado:** derrames basálticos onde predominam forma de lóbulos, melanocráticos cinza; horizontes vesiculares espessos e abundantes onde predominam zeolitas, carbonatos, apofilita e saponita, estruturas de fluxo e pahoehoe; intercalações frequentes com rochas sedimentares eólicas (intertrápicas) da Formação Botucatu. **Formação Campos Novos:** basaltos, microgranulares, textura microgranular, dominantes pretos; comuns vesículas mili a centimétricas com opala preta e água, eventual presença de cobre nativo, alteração amarelo ovo (jarosita) característica.

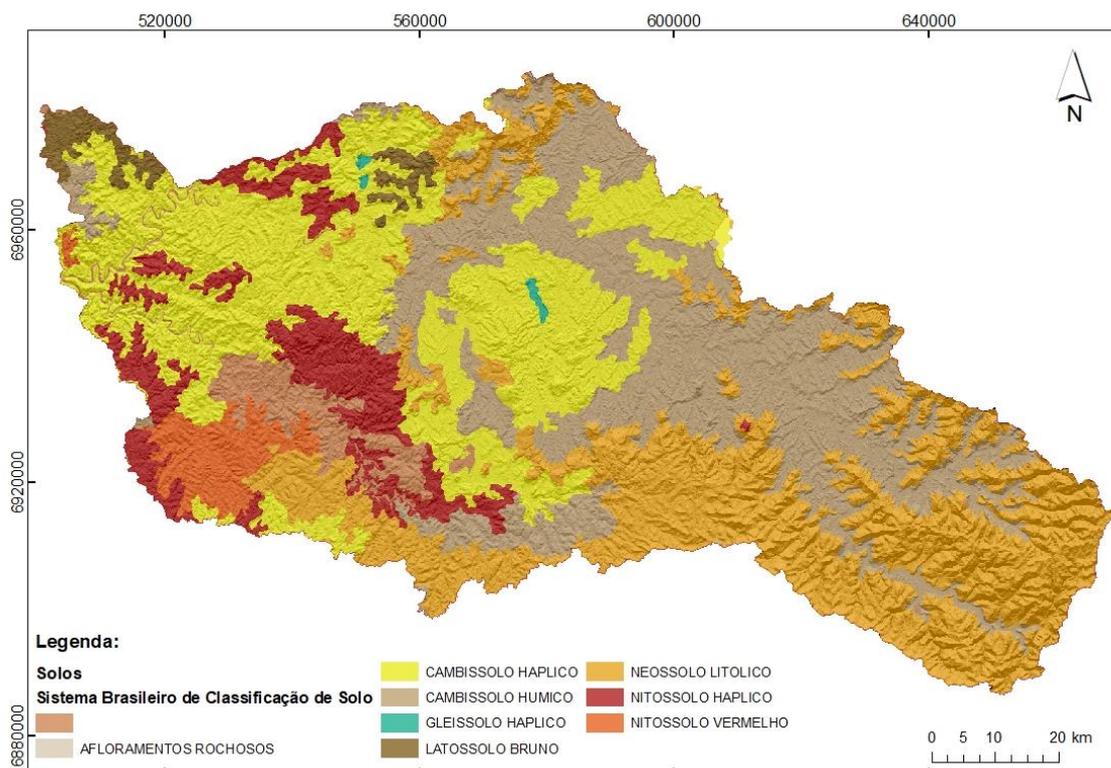
Magmatismo Alcalino Subsaturado – Cretáceo Superior – **Complexo Alcalino de Lages:** nefelina sienitos, olivina melilitos, brechas kimberlíticas, carbonatitos de composição ankerítica, associados a brachas feldspáticas geradas por fenitização; barita, pirita, sinchisita e safira.

Coberturas Sedimentares do Cenozóico – Holoceno – **Depósitos Aluvionares:** areias grossas a finas, cascalheiras e sedimentos siltico-argilosos, em calhas de rios e planícies de inundação.

2.6 Solos

A partir dos dados de solo disponibilizados pela Embrapa (2004), especializados no mapa (Mapa 8), a área de estudo apresentou sete tipos de solos (Cambissolo, Háplico, Cambissolo Húmico, Gleissolo Háplico, Latossolo Bruno, Neossolo Litólico, Nitossolo Háplico e Nitossolo Vermelho). Também foram registradas áreas de afloramento rochoso e uma área ainda não mapeada por ser área de drenagens duplas e área urbana.

Mapa 8: Mapa de Solos do Alto e Médio Rio Canoas



Fonte: Produzido pela autora a partir de EMBRAPA, 2004

Conforme é possível ver na tabela 13, os solos mais representativos na região são os CambiSSolos, descritos como material mineral, com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, exceto hístico, com 40 cm ou mais de espessura, ou horizonte A chernozêmico, quando o B incipiente apresentar argila de atividade alta e saturação por bases alta. As subordens presentes na área de estudo são os Húmicos (25,95%) solos com horizonte A húmico e Háplicos (28,36%) solos que não apresentam horizonte A húmico e não possuem caráter flúvico dentro de 120 cm a partir da superfície do solo (EMBRAPA, 2006).

Tabela 13: Áreas dos tipos de solos

Tipo	Área km²	%
Área Urbana e Drenagens Duplas	296,7702	3,31
Afloramentos Rochosos	0,001	0,00
Cambissolo Háptico	2535,7934	28,36
Cambissolo Húmico	2320,3262	25,95
Gleissolo Háptico	15,8769	0,17
Latossolo Bruno	160,5990	1,80
Neossolo Litólico	2621,9363	29,32
Nitossolo Háptico	714,5308	7,99
Nitossolo Vermelho	276,8167	3,10
Total	8942,65	100

Fonte: Organizado pela autora.

Os Neossolos são solos pouco evoluídos constituídos por material mineral, ou por qualquer material orgânico, com menos de 20cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. A subordem presente na região é o Neossolo Litólico (29,32%), caracterizam-se por serem solos com horizonte A ou hístico, dispostos diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr, ou sobre material com 90% ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha, com diâmetro maior que 2mm (cascalhos, calhaus e matações), que apresentam contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50cm da superfície do solo.

Esses três tipos de solos estão ligados ao substrato e as formas de relevo. No leste da bacia e na borda da Formação Serra Geral no centro, onde estão as maiores altitudes e as maiores declividades, localizam se os Neossolos Litólicos e no centro da bacia, nos declives médio a baixo estão os cambissolos.

O Latossolo, solo mais desenvolvido, apresenta o Horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A dentro de 200cm, a subordem presente na área de estudo o Latossolo Bruno é pouco representativo (1,80%), este solo está vinculado a áreas planas, suave onduladas, onde o substrato são rochas magmáticas da Formação Serra Geral, e se caracterizam por serem solos com matizes 4YR ou mais amarelos no horizonte BA ou em todo o horizonte B, em concomitância com o valor úmido igual ou inferior a 4 e croma inferior a 6, apresentando horizonte A húmico ou teores de carbono orgânico superiores a 1% até 70cm ou mais de profundidade

(EMBRAPA, 2006). Os cultivos nestas áreas são voltados para a produção de grãos, como a soja e o milho.

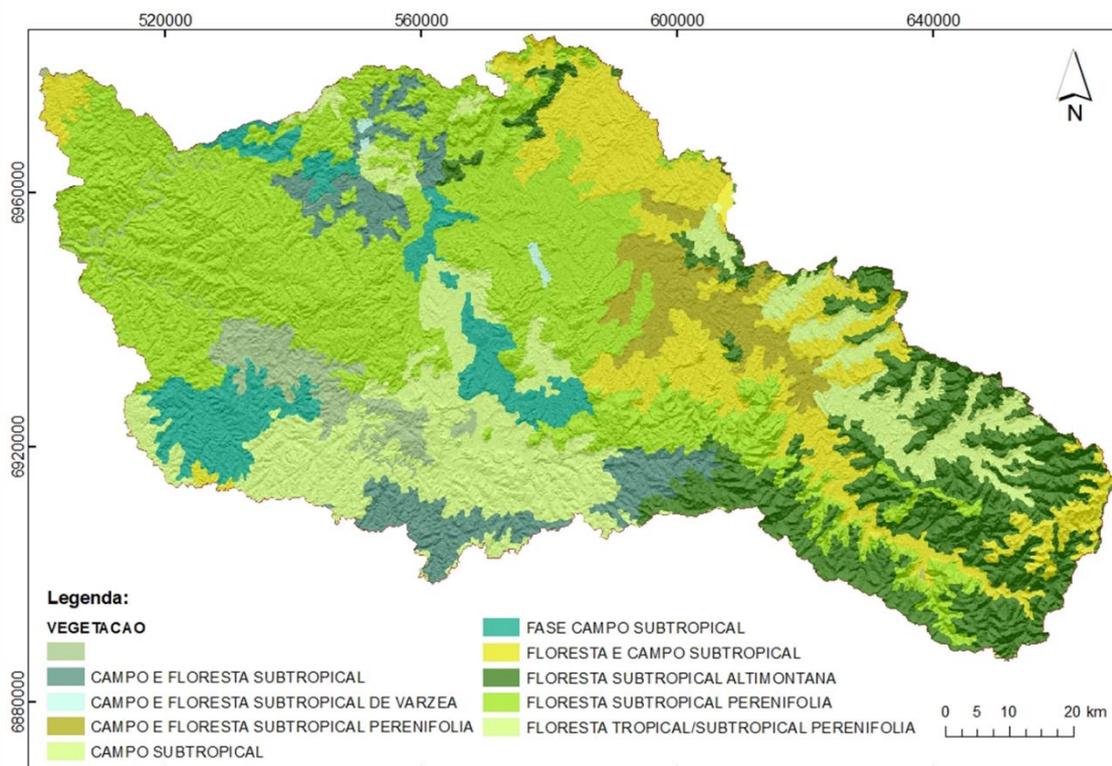
Os Gleissolos também são pouco representativos na região, com 0,17% da área de estudo. Segundo EMBRAPA (2006) são constituídos por material mineral com horizonte glei iniciando-se dentro dos primeiros 150 cm da superfície, imediatamente abaixo de horizonte A ou E, ou de horizonte hístico, com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos, textura exclusivamente areia ou areia franca em todos os horizontes, até a profundidade de 150cm a partir da superfície do solo, até o contato lítico.

Os Nitossolos somam cerca de 10% da área de estudo posicionados em regiões de relevo ondulado a forte ondulado, também na região de substratos magmáticos. Em geral estes solos apresentam acima de 350g/kg de argila na sua composição, inclusive no horizonte A, constituídos por material mineral, que apresenta horizonte B nítico abaixo do horizonte A, com argila de atividade baixa ou caráter alítico na maior parte do horizonte B, dentro de 150 cm. As subordens presente na área de estudo são os Nitossolos Vermelhos com matiz 2, 5YR ou mais vermelhos na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B, e os Nitossolos Háplicos que são os que não se enquadram nas classes de Brunos e Vermelhos (EMBRAPA, 2006).

2.7 Vegetação

O Planalto Meridional brasileiro possui como vegetação predominante a Floresta Ombrófila Mista, destacando-se a floresta das araucárias, e a Estepe composta por vegetação ciliar e campos. Na área de estudo de acordo com o mapa 9, têm-se nove classificações diferentes de vegetação as quais mudam de acordo com o clima, relevo tipo de solo e substrato.

Mapa 9: Mapa de Vegetação do Alto e Médio Rio Canoas



Fonte: Produzido pela autora a partir de EMBRAPA, 2004.

Nas áreas de Estepe concentram as vegetações de campo e floresta subtropical somando, conforme a tabela 14, cerca de 46% da área de estudo. Nas regiões de altitudes mais elevadas, alto Canoas, tem-se a vegetação mais fechada representada pelas florestas subtropicais altimontana com 14,48% da área. Ocupando o maior território na área de estudo a floresta subtropical perenifolia (35,96%), aparece vinculada ao substrato magmático da Serra Geral e aos cambissolos háplicos da região centro oeste da bacia.

Tabela 14: Área dos Tipos de Vegetação

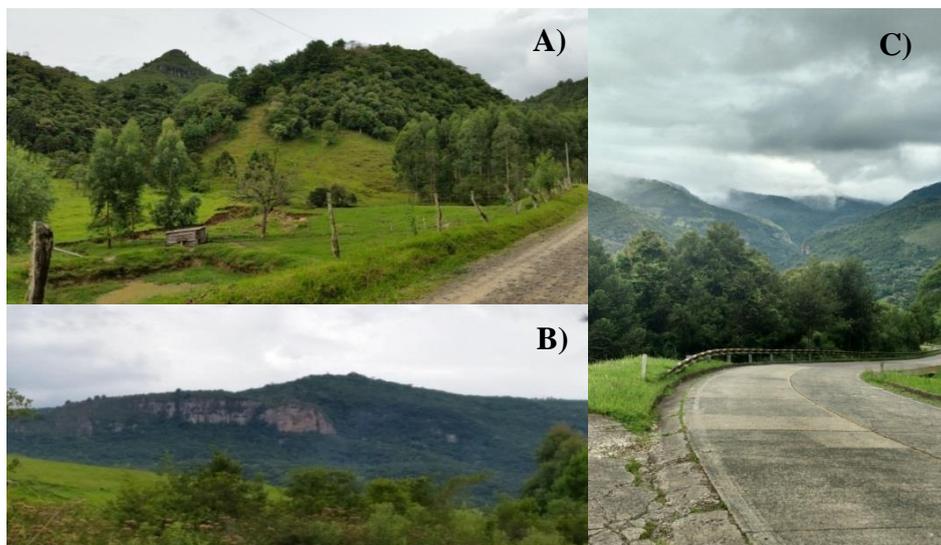
Tipo	Área km²	%
Área Urbana e Drenagens Duplas	296,771	3,32
Campo e Floresta Subtropical	490,969	5,49
Campo e Floresta Subtropical de Várzea	15,876	0,18
Campo e Floresta Subtropical Perenifolia	347,465	3,88
Campo Subtropical	1529,322	17,10
Fase Campo Subtropical	563,512	6,30
Floresta e Campo Subtropical	1186,734	13,28
Floresta Subtropical Altimontana	1294,559	14,48
Floresta Subtropical Perenifolia	3216,785	35,96
Floresta Tropical/ Subtropical Perenifolia	0,66	0,01
Total	8942,65	100

Fonte: Organizado pela autora.

2.8 Relevo

O relevo do Alto e Médio Rio Canoas, sofre variação de leste para oeste vinculado ao substrato geológico. No leste encontram-se formas de relevo (Figura 10) escarpadas principalmente na região do município de Urubici e Bom Retiro. Em função do relevo predominantemente forte ondulado, na figura 10-A, apresenta topos convexos e declividades moderadas, em trabalho de campo nesta região foi possível identificar degraus de movimento do solo em função da declividade e do solo frágil. A agricultura nesta região é familiar, com baixo adensamento populacional. Já na figura 10-B é possível perceber uma linha de escarpa, os morros possuem topo planos a suaves ondulados, e são vegetados com mata nativa. Na terceira figura 10-C, no Morro da Igreja em Urubici é a região com maior altitude da área de estudo e também a com maior grau de declividade, caracterizando-se segundo o mapa, como área montanhosa, com vales encaixados.

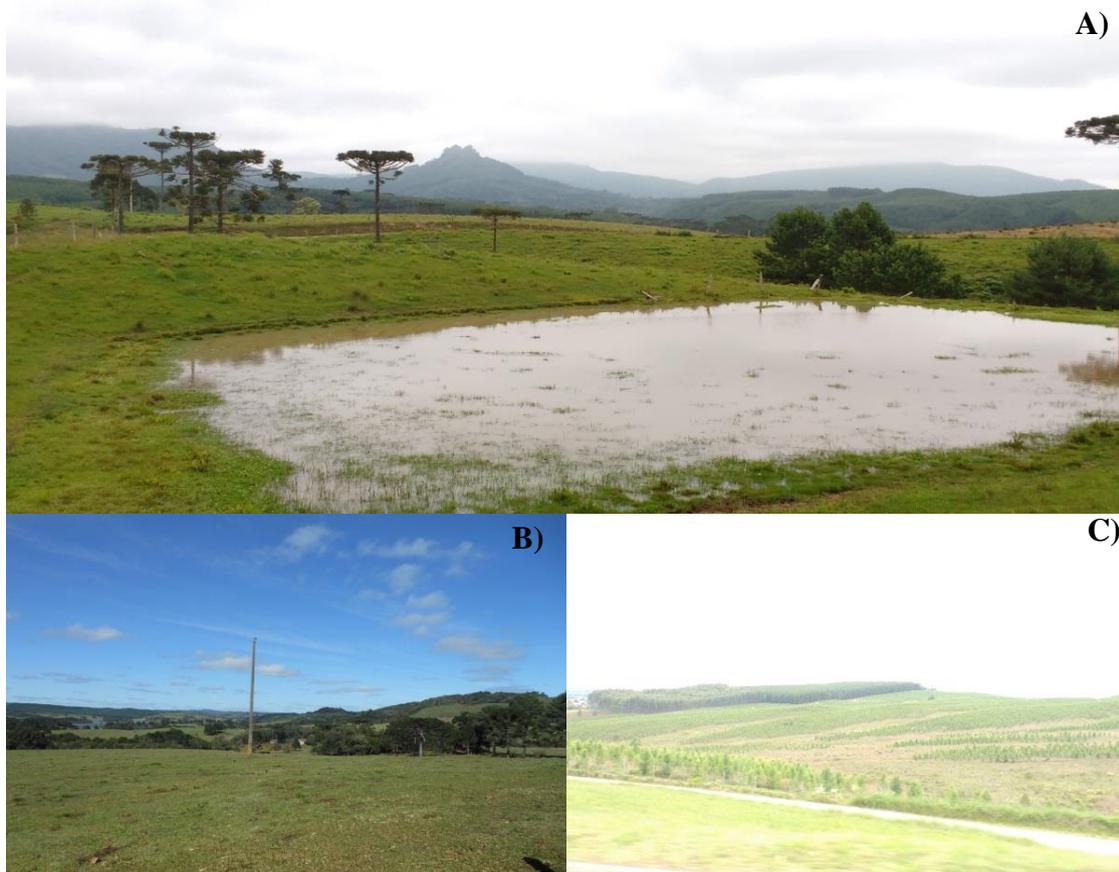
Figura 10: Morfologia do Alto Canoas. A) Bocaina do Sul Serra Dois Irmãos; B) Serra Dois Irmãos Bocaina do Sul próximo de Rio Rufino; C) Urubici – Morro da Igreja



Fonte: Produzido pela autora.

As mudanças na morfologia estão estritamente ligadas ao substrato geológico. Esta região situa-se na borda do Planalto, tendo como morfoestrutura a Serra Geral. Em função das baixas temperaturas também é possível observar a ação do intemperismo físico na região. Outro fator a se destacar é da ação eólica, que ao longo dos anos pelo processo de corrosão, esculpe as rochas. A região oeste (Médio Canoas) da área de estudo, tem suas formas de relevo, mais planas conforme estão apresentadas na figura 11 a seguir.

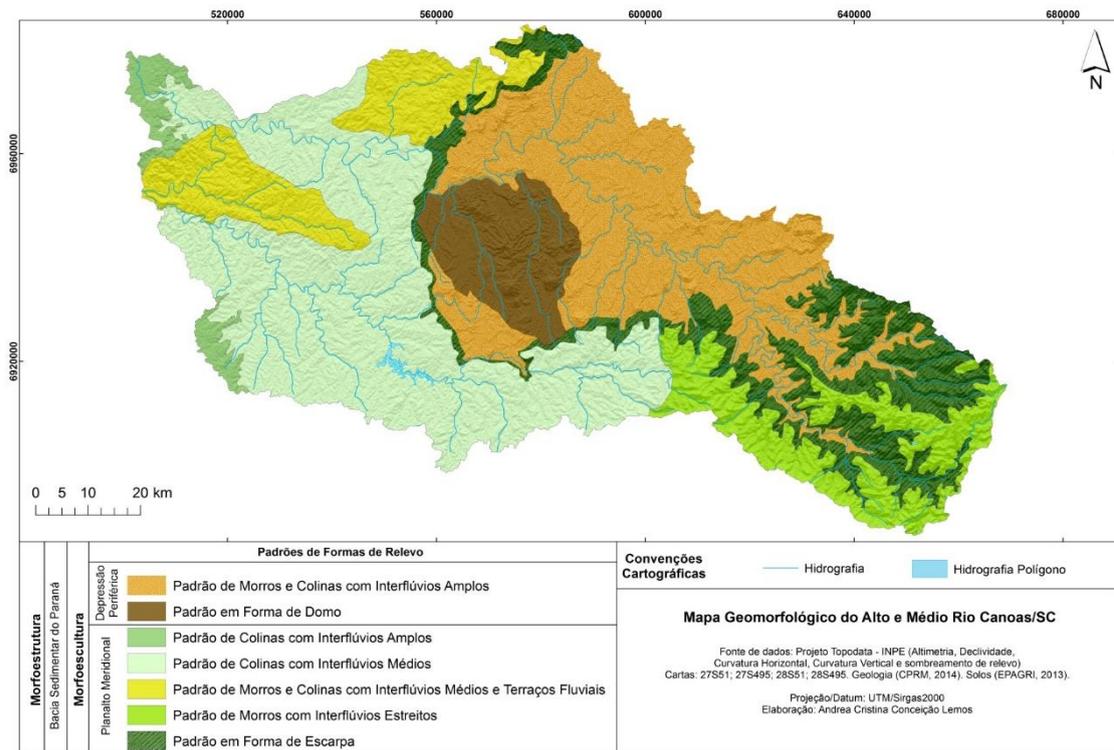
Figura 11: Morfologia do Médio Rio Canoas. A) Interior do Município de Bocaina do Sul; B) Município de Lages; C) Município de Correia Pinto



Fonte: Produzida pela autora.

A morfologia a oeste das nascentes passa de montanhosas e forte onduladas a onduladas, suave onduladas e planas. É uma região destinada a pecuária e culturas anuais, em função da morfologia suave ondulada, vinculado ao seu substrato na maior parte sedimentar. O mapa 10 demonstra as distribuições das formas de relevo em escala de semi-detalhe no Alto e Médio Rio Canoas.

Mapa 10: Mapa Geomorfológico do Alto e Médio Rio Canoas



Fonte: Produzido pela autora.

**CAPÍTULO III - COMPORTAMENTO DA PRECIPITAÇÃO
PLUVIOMÉTRICA NAS PORÇÕES ALTA E MÉDIA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO CANOAS/SC:
ANÁLISE TEMPORAL DE 1986-2016**

3. COMPORTAMENTO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NAS PORÇÕES ALTA E MÉDIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CANOAS/SC: ANÁLISE TEMPORAL DE 1986-2016

3.1 Introdução

No Brasil a precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes nos estudos climáticos. Tal importância deve-se às consequências que chuvas intensas podem ocasionar para os setores produtivos da sociedade, especialmente na forma de alagamentos, assoreamento dos rios e quedas de barreiras (Amorin *et al.*, 2008).

Maier *et al.* (2016) ressalta a importância da quantificação da precipitação quando dizem:

Entre os principais ciclos do balanço térmico e hídrico de um regime climático, o ciclo hidrológico é um dos mais importantes para a produtividade dos ecossistemas pelo papel da água na manutenção da cadeia alimentar. Onde as precipitações são a maior porcentagem da recarga de água de um ecossistema, tornando-as uma variável reguladora da produtividade primária e secundária. Frente à importância da água, a compreensão dos principais padrões da distribuição espacial e temporal da precipitação pode minimizar a vulnerabilidade humana por meio da gestão ambiental sustentável (Maier *et al.*, 2016, pág. 32).

Dentre os elementos climatológicos, a precipitação é o que diretamente reflete a instabilidade do tempo e a intensidade com que essas variações se processam, podendo ainda ser considerada como um dos principais fatores responsáveis pelo desenvolvimento dos sistemas morfogenéticos tropicais (Silva; Santos, 1979, *apud* Bigarella *et al.*, 2007, p.80). Monteiro (1976) justifica o uso das informações de precipitação por este representar “o output mais significativo da atuação dos sistemas atmosféricos intertropicais e mesmo em seus totais anuais, poderá refletir o processo genético da circulação regional”. Destaca-se que a chuva nos ambientes tropicais e subtropicais representa o principal aporte atmosférico de água, que constitui recurso essencial para a vida e para as atividades humanas. Assim, do ponto de vista geográfico, calor e umidade desencadeiam uma série de processos, que levam à formação de solos, afetam a estrutura e formas de relevo, condicionam os recursos hídricos, além de regularem o crescimento, desenvolvimento e distribuição das plantas e animais, inclusive repercutindo nas atividades antrópicas (Rossato, 2011).

Segundo Sant’Anna Neto (1998), a relação entre clima e organização do espaço depende do grau de desenvolvimento econômico e tecnológico de cada sociedade em particular. No que tange a agricultura, há que se considerar que o papel exercido pelo

clima na organização das áreas rurais e urbanas, embora diferentes são igualmente relevantes. Em áreas urbanas ou em processo de urbanização percebe-se a modificação do clima original em função da expansão das edificações. Também a impermeabilização do solo é identificada como um fator de mudança no microclima, principalmente nos grandes centros. Nas áreas rurais, a variabilidade sazonal e as excepcionais climáticas afetam a produção agrícola. Dessa forma, o reconhecimento de padrões climáticos pode auxiliar a planejar a produção, ao mesmo tempo em que proporciona maior garantia de produção em condições de vulnerabilidade.

A região sul do país apresenta grandes contrastes nos regimes de precipitação e temperatura. Parte deles deve-se à situação geográfica (latitudes médias) e de relevo, onde, as maiores precipitações associam-se à ascensão sobre a barreira topográfica. No caso do Estado de Santa Catarina, o clima é caracterizado conforme Köppen em mesotérmico úmido (sem estação seca) – Cf, com dois subtipos: Cfa com temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e média do mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração de chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida; O subtipo Cfb se caracteriza pela temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C, com verões frescos e temperatura média do mês mais quente abaixo de 22°C, sem estação seca definida (Pandolfo, *et al.*, 2002).

Para o planalto catarinense, localizado no centro da região sul, percebe-se como fatores determinantes da precipitação pluvial, tanto a influência do sistema de monção, como das chuvas concentradas ocasionadas pelos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs), que se formam no oeste do estado, principalmente nos meses de primavera e verão (Nogués-Paegle e Berbery, 2000). Os CCMs movem-se para leste a partir de sua fonte no norte da Argentina e Paraguai, para afetar o sudoeste do Brasil e Uruguai, com intensas precipitações (Velasco e Fritsch, 1987; Scolar e Figueiredo, 1990). Estes complexos foram reconhecidos inicialmente na região central dos Estados Unidos. No entanto, muitos estudos surgiram em várias regiões do planeta relatando a ocorrência desses sistemas, inclusive em latitudes médias na América do Sul. Ainda hoje, apesar dos avanços na meteorologia, os CCMs são de difícil previsibilidade, já que esses eventos não estão associados ao tipo de sistema meteorológico, como frentes frias ou linhas de instabilidade. Sua gênese e desenvolvimento são resultantes da umidade disponível na atmosfera, em baixos níveis; da circulação do ar superior, em altos níveis; e da circulação local (Maddox, 1980). Estes complexos ocorrem, sobretudo, na metade quente do ano, e

produzem grande variedade de fenômenos meteorológicos adversos, tais como tornados, granizo, fortes rajadas de vento, enchentes, inundações e tempestades elétricas (Maddox, 1980; Maddox, 1983).

O planalto catarinense é uma região caracteristicamente rural, tendo como sua maior área urbana a cidade de Lages, com cerca de 156.727 habitantes (IBGE, 2010). A área selecionada para a presente análise, localiza-se no Alto e Médio Trecho da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas. Esta região possui distribuição pluviométrica uniforme, onde as médias anuais ficam aproximadamente entre 1200 a 2000 mm. O relevo caracteriza-se por colinas e morros de interflúvios amplos, não exercendo grande influência na distribuição pluviométrica. Entre os fenômenos atmosféricos que influenciam a precipitação da região, cita-se a passagem de sistemas frontais, responsáveis por parte dos totais pluviométricos (Oliveira, 1986). A trajetória desses sistemas está intimamente ligada ao posicionamento e intensidade do jato subtropical da América do Sul, conforme ressaltam Browning (1985) e Kousky e Cavalcanti (1984). O Estado de Santa Catarina também sofre influência dos cavados invertidos, os quais, segundo Fernandes e Satyamurty (1994) são mais frequentes no verão e primavera no hemisfério Sul, com orientação na direção noroeste-sudeste (NO-SE), paralelamente à superfície frontal, e são responsáveis pelo desenvolvimento de tempo severo sobre as regiões afetadas. Nos anos de ocorrência do fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) esta região também registra anomalias positivas de precipitação. Ropelewski e Halpert (1987) e Kousky e Ropelewski (1989) afirmam que esta relação se dá nos meses de novembro a fevereiro. Ainda nesta região, há influência dos complexos convectivos de mesoescala (CCM), bem como a ocorrência de ciclogêneses e frontogêneses.

As referências que abordam variabilidade pluvial estão baseadas no conceito de variabilidade expresso por Sorre, que se caracteriza pela amplitude dos desvios entre valores sucessivos de um elemento do clima; e no conceito adotado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), que estabelece a variabilidade climática como a maneira pela qual os parâmetros climáticos variam no interior de um determinado período de registro (Ely, 2006). A investigação das flutuações pluviométricas interanuais é realizada pela identificação dos anos padrão, técnica desenvolvida por Monteiro (1971) para determinar a duração e a sequência das condições chuvosas e secas e a frequência dos principais sistemas atmosféricos responsáveis pela gênese das chuvas sobre um recorte territorial. Associa-se ao procedimento anterior, para complementação, a estatística

descritiva, isto é, cálculo de medidas de tendência central como a média e medidas de variabilidade ou dispersão (desvio padrão, variância).

A demanda dos conjuntos de dados espaciais, em forma digital, tem aumentado muito nos últimos anos. Esta demanda tem sido fornecida em função do amadurecimento de tecnologias computacionais, capacitando uma variedade de modelos de recursos naturais, hidrológicos, agrícolas e sistemas especializados, gerenciáveis a partir de sistema de informação geográfica (SIG). Os SIGs são destinados à manipulação de dados georreferenciados, e com a utilização de técnicas de espacialização, podem verificar a forma como as precipitações se distribuem no espaço, bem como, associar diferentes fatores ambientais. Estas técnicas, conforme Caruso e Quarta (1998), permitem abranger grandes regiões, com agilidade e precisão. Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi realizar a espacialização dos dados de chuvas na porção alta e média da Bacia do Rio Canoas, no Planalto Catarinense.

3.2 Materiais e Métodos

O estudo foi desenvolvido no trecho Alto e Médio da Bacia do Rio Canoas, circunscrita entre as coordenadas planas UTM 6985051 N e 6886547 S – 500646 W e 669057 W e composta por 18 municípios: Urubici, Bom Retiro, Rio Rufino, Paineira, Bocaina do Sul, Lages, Palmeira, Otacílio Costa, Capão Alto, Campo Belo do Sul, São José do Cerrito, Correia Pinto, Ponte Alta, Curitibanos, Vargem, Brunópolis e São Cristóvão do Sul.

Essa região apresenta substrato formado por rochas sedimentares gonduânicas e rochas magmáticas recentes da Formação Serra Geral. O relevo local varia em relação à altimetria, entre 679 e 1818 metros, que agrupam duas morfoesculturas: o planalto meridional e depressão periférica. Esses aspectos de relevo e altimetria foram considerados na escolha das estações meteorológicas.

A análise temporal do comportamento pluviométrico foi baseada em dados de precipitação das séries históricas pluviométricas, obtidas na Agência Nacional de Águas - ANA no módulo Hidroweb. Também foram utilizadas médias mensais para um período de 31 anos (1986-2016), período comum a todas as estações e que configura uma normal climatológica (30 anos) para análise. Esses dados foram filtrados, devido à ausência de valores em alguns deles. Em algumas estações havia ausência de décadas inteiras. Desta forma foram consideradas satisfatórias as localidades onde a falta de dados fosse mínima, por isso, a escolha criterizou a melhor distribuição espaço-temporal. Realizada a triagem

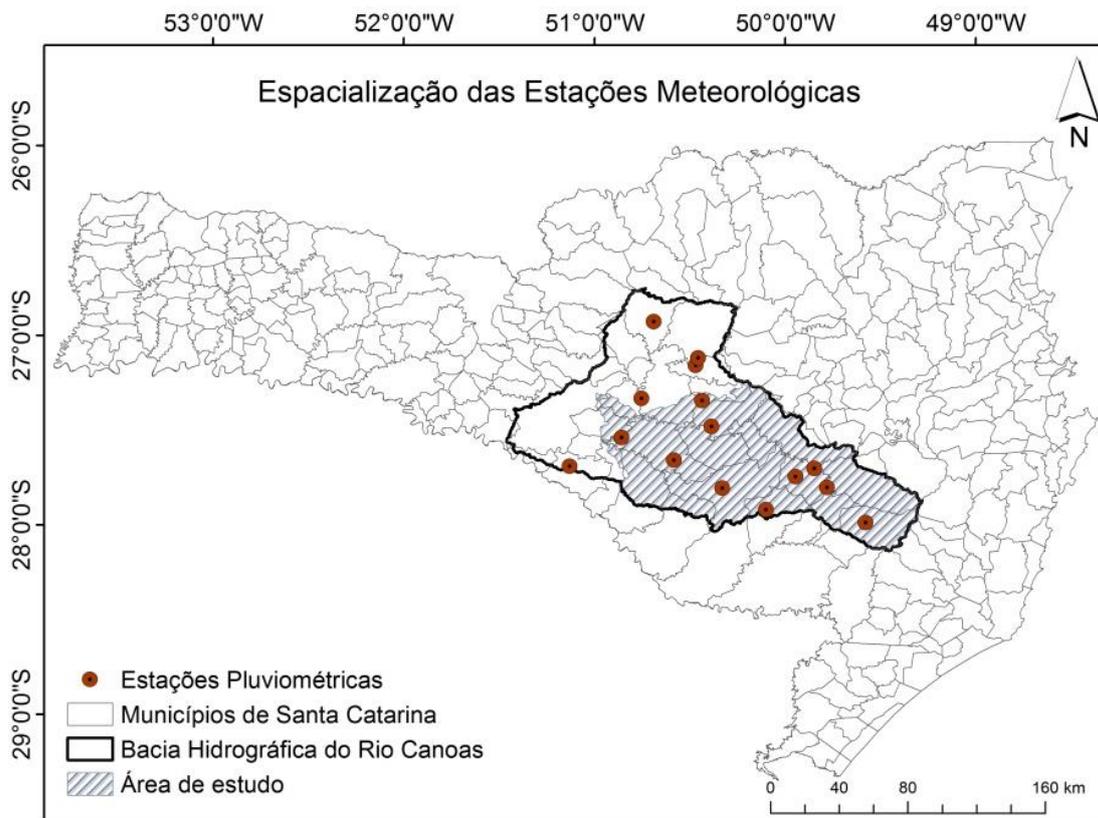
dos dados selecionou-se 15 estações (Tabela 15 e Mapa 11) distribuídas na Bacia Hidrográfica do Rio Canoas. Após a interpolação dos dados foi realizado um recorte para os trechos Alto e Médio da Bacia Hidrográfica para análise no presente trabalho.

Tabela 15: Estações meteorológicas selecionadas, sua localização e altitude

Responsável	Código da Estação	Nome da Estação	Latitude (decimais)	Longitude (decimais)	Altitude (metros)
ANA	2849021	Urubici	-27,9886	-49,5775	997
ANA	2750007	Painel	-27,9222	-50,0992	1196
ANA	2749031	Vila Canoas	-27,8042	-49,78	900
ANA	2749035	Bocaina do Sul	-27,7464	-49,945	900
ANA	2749009	Rio Bonito	-27,7039	-49,8472	900
ANA	2751001	Anita Garibaldi	-27,6922	-51,1294	800
ANA	2750020	São José do Cerrito	-27,6606	-50,5831	920
ANA	2750008	Passo Caru	-27,5417	-50,8569	720
ANA	2750011	Ponte Alta do Sul	-27,4819	-50,385	840
ANA	2750012	Ponte do Rio Antinhas	-27,3453	-50,4358	940
ANA	2750009	Passo Marombas	-27,3339	-50,7533	829
ANA	2750010	Ponte Alta do Norte	-27,1611	-50,4689	980
ANA	2750022	Ponte Alta do Norte – CIFSUL	-27,1208	-50,4567	960
ANA	2650019	Lebon Regis	-26,93	-50,6881	1000
INMET	2750005	Lages	-27,8083	-50,3283	937

Fonte: ANA, INMET. Organizado pela autora.

Mapa 11: Mapa geológico simplificado da Bacia do Paraná, com contorno estrutural (profundidade) do embasamento cristalino



Fonte: Produzido pela autora a partir de ANA (2016).

Para isto foram utilizadas as séries temporais anuais e mensais das quinze estações pluviométricas, referentes ao período de 1986-2016.

Para o cálculo da interpolação do valor de um ponto com base no método IDW, foi utilizada a Equação 1 (Marcuzzo, Andrade e Melo, 2011):

$$Z(X) = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i Z(X_i)}{\sum_{i=1}^n \omega_i}$$

Onde, $Z(X)$ é o valor do ponto que se deseja interpolar; n é a quantidade de pontos próximos utilizados na interpolação do ponto X ; $Z(X_i)$ é o valor do ponto X_i ; e ω_i é o peso do valor de X_i sobre o ponto X . Para se determinar ω_i , foi utilizada a Equação 2:

$$\omega_i = \frac{1}{h(X, X_i)^p}$$

Sendo, $h(X, X_i)$ a distância entre o ponto X e o ponto X_i ; e p o parâmetro de potência, igual a dois.

3.3 Análise Estatística

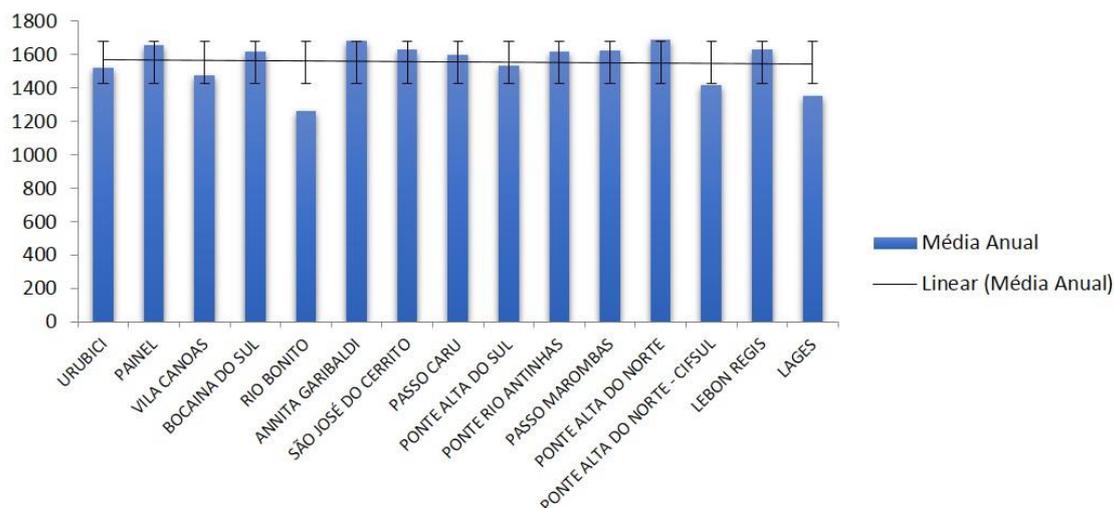
A análise da variabilidade espacial e temporal para definição de regimes pluviométricos foi baseada em valores médios. A partir do tratamento das séries temporais das estações meteorológicas, foi possível calcular para cada um dos postos, as médias mensais e anuais, para o período de dados.

Considerando as mesmas escalas de tempo, foram mensurados os desvios padrão e coeficientes de variação para as séries. Este procedimento foi realizado no programa Excel 2010.

3.4 Resultados e Discussões

As médias anuais das estações analisadas na série de 31 anos demonstram (Figura 12) que no Alto e Médio Rio Canoas a variação pluviométrica varia entre 1258 a 1685 mm, com baixa dispersão, evidenciada pelo coeficiente de variação de 7,88% e desvio padrão de 122,3 mm. Também é possível identificar que duas estações apresentaram valores abaixo do desvio padrão, Lages e Rio Bonito. Estas estações apresentaram vazio na sua série de dados. A de Lages apresenta ausência de cinco anos (1986, 1987, 1990, 2015, 2016) e nos anos de 2001 e 2014 os valores são muito abaixo da média de 1350 mm (ano). No ano de 2001 o valor da precipitação é de 487mm e no ano de 2014 de 609mm.

Figura 12: Gráfico da média anual das estações pluviométricas do Alto e Médio Rio Canoas (1986-2016)

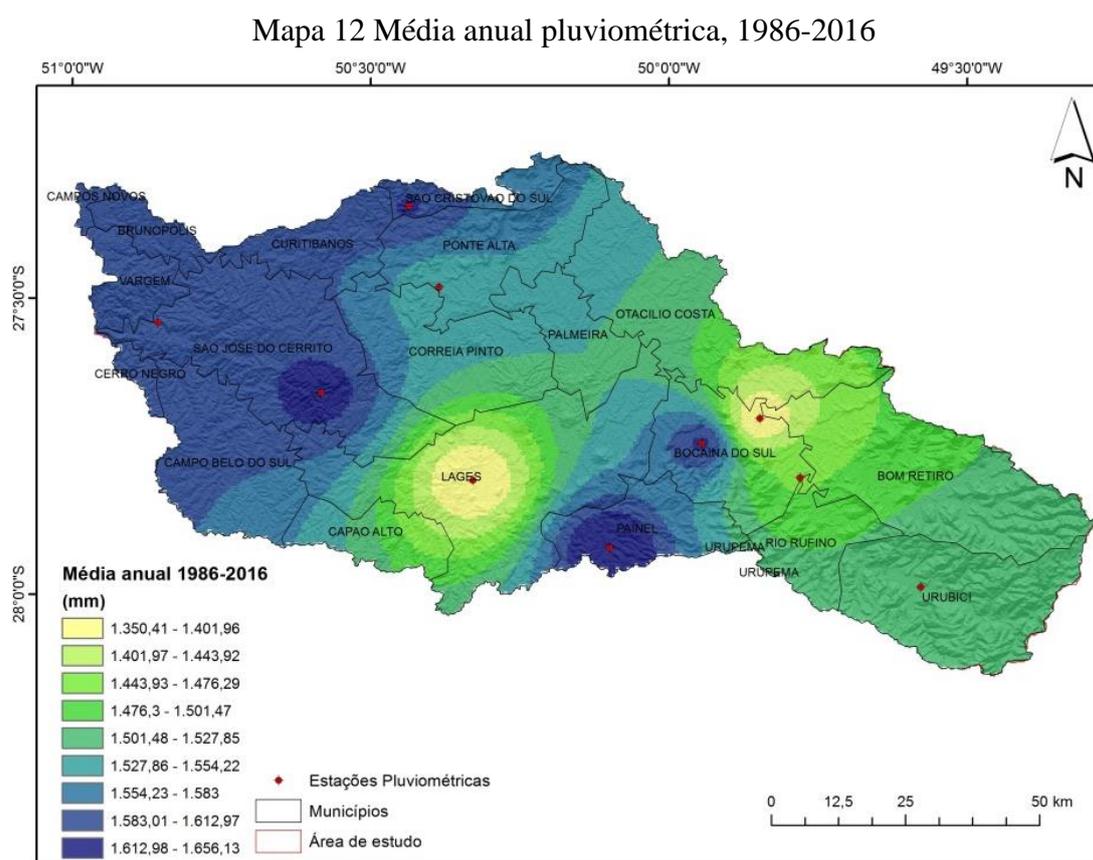


Fonte: Produzido pela autora.

Já a estação Rio Bonito apresenta ausência de dois anos completos (1993 e 1994) e valores abaixo da média (1358,6mm) nos anos de 1991 (331,8mm), 1992 (18,5mm) e 1995 (653,7mm). Estes vazios na série de dados das estações de Lages e Rio Bonito justificam as áreas com valores inferiores ao desvio padrão da média anual.

A média pluviométrica da região dentro da série histórica analisada é de 1552,3 mm. Em função das condições atmosféricas como a influência do sistema de monção nos meses de verão, dos complexos convectivos de mesoescala nos meses de primavera e as frentes vindas do sul nos meses de inverno, sob estas condições, esta região possui chuvas bem distribuídas ao longo do ano, sem registro de estação seca.

A espacialização dos dados, representada no mapa 12, foi realizada no programa *ArcGis* 10.2.2 a partir do método de interpolação *IDW*, o qual permitiu preencher as áreas sem dados.



Fonte: Produzido pela autora a partir de ANA (2016).

A precipitação média anual entre 1986-2016 varia de 1350 mm a 1656 mm, sendo que os maiores valores da precipitação ocorrem na região oeste da Bacia Hidrográfica e também nos municípios de Painel e Bocaina do Sul, que constitui região

de relevo mais elevado no centro da área de estudo. Embora haja valores relativamente altos de evaporação no sul do Brasil em todas as estações do ano, a maior contribuição à água que precipita provém do transporte de umidade vinda do norte/nordeste. Segundo Grimm (2009) há duas fontes de vapor de água disponíveis para o sul do Brasil: o oceano Atlântico e a faixa tropical do continente. Nos meses de verão, parte do transporte de vapor dos trópicos para sudeste dirige-se para o sul do Brasil e outras áreas do sudeste da América do Sul, e outra parte converge na região da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), com o fluxo proveniente do oceano Atlântico, que pouco avança sobre o continente. No inverno, o fluxo de umidade que atinge o Sul origina-se no oceano Atlântico, entre 10° e 20°S, como um fluxo de oeste que se desvia para sudeste após penetrar profundamente no continente, coerente com o deslocamento para oeste da alta subtropical do Atlântico Sul.

O ciclo hidrológico no centro-oeste do Estado de Santa Catarina é abastecido pela evaporação das águas do Oceano Atlântico e pela reciclagem da umidade continental. Sendo que o volume anual da precipitação está intimamente relacionado à atuação dos mecanismos atmosféricos, que transportam e ascendem a umidade.

Consequentemente, os maiores volumes da precipitação anual estão relacionados à eficiência desses mecanismos como, por exemplo, CCMs, sistema de moção e frentes (Grimm, 2009).

Como já mencionado no início no presente trabalho, embora as chuvas sejam bem distribuídas e não haja um período de seca definido, não há grande variação nos valores totais, apresentando amplitude anual de 426,5 mm. Muito, por influência dos padrões de relevo, que se apresentam, variando de escarpas a leste, nos municípios de Urubici e Bom Retiro, para um padrão de relevo de interflúvios médios e amplos para oeste nos demais municípios. Cabe ressaltar que o relevo do Alto e Médio Rio Canoas não apresenta influência orográfica significativa nas precipitações. No entanto, pode-se atribuir à influência dos Complexos Convectivos de Mesoescala os totais pluviométricos mais altos e uniformes identificados no centro-oeste da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas. Este dado pode ser verificado na tabela 16, o qual aponta o mês de outubro com a média máxima da região, seguido pelos meses de setembro janeiro e fevereiro, respectivamente.

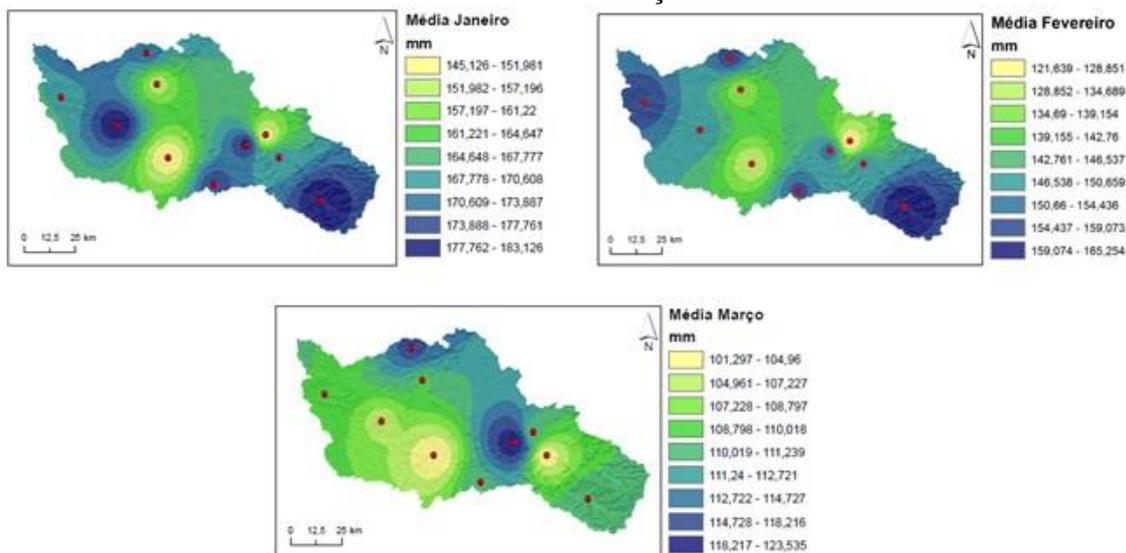
Tabela 16: Estatística descritiva das médias mensais das estações pluviométricas nos anos de 1986 a 2016

Mês	Desvio Padrão	Média	Máxima	Mínima	Amplitude	Coef. de variação (%)
Janeiro	14,4	169,3	190,0	141,6	48,4	8,53%
Fevereiro	12,3	148,6	166,0	121,6	44,4	8,33%
Março	6,7	111,7	127,6	101,2	26,3	6,02%
Abril	12,7	111,1	134,2	88,2	46,0	11,47%
Mai	14,6	115,7	89,6	133,4	43,8	12,66%
Junho	13,5	111,2	134,7	85,3	49,3	12,14%
Julho	10,7	120,9	143,8	98,4	45,3	8,86%
Agosto	8,4	96,5	117,6	85,8	31,8	8,79%
Setembro	13,5	151,5	185,0	129,3	55,7	8,95%
Outubro	22,3	173,8	222,2	135,8	86,4	12,84%
Novembro	11,9	121,9	144,5	98,6	45,	9,80%
Dezembro	12,8	129,5	153,1	106,2	46,8	9,92%

Fonte: Organizada pela autora.

A espacialização mensal, realizada a partir do método de interpolação IDW, permite identificar no primeiro trimestre, de janeiro a março (Mapa 13), as médias mensais mais altas na região leste, onde a estação pluviométrica Urubici registra no primeiro mês uma média de 183,1mm, bem como a de São José do Cerrito a oeste.

Mapa 13: Média mensal de precipitação no período 1986-2016. Meses de janeiro, fevereiro e março



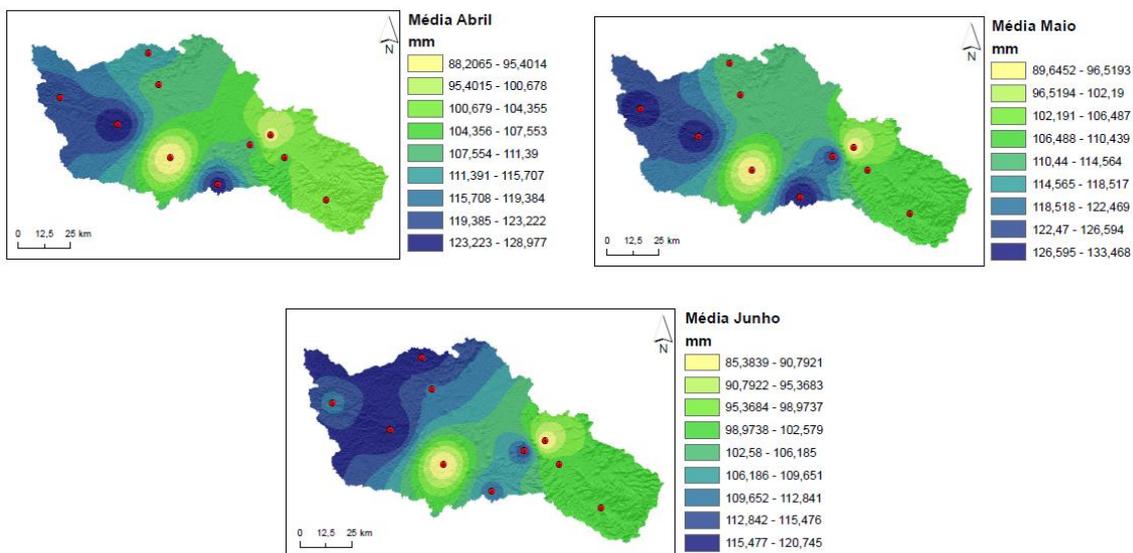
Fonte: Produzido pela autora a partir de ANA (2016).

Em fevereiro este padrão de distribuição de chuvas se mantém, embora haja baixa redução no valor máximo de precipitação, registrando média de 165,3 mm também na região da estação de Urubici a leste. Esse padrão de distribuição de chuvas está intimamente ligado ao regime subtropical de monção, que influencia a região nos meses de verão.

O mês de março demonstra um início de modificação no padrão de chuvas, onde as médias reduzem tanto no leste quando no oeste da região, e as médias máximas situam-se na região das estações Bocaina do Sul (centro) e Ponte do Rio Antinhas (nordeste), variando entre 118,2 a 123,5mm.

No segundo trimestre, o qual compreende os meses intermediários de estação de outono, abril, maio e junho (Mapa 14) de maneira geral as médias máximas na região não ultrapassam 135 mm. Este período é caracterizado pela transição de leste para oeste nos máximos de chuvas, onde o sistema de monção perde força e inicia a influência das frentes vindas do sul e dos complexos convectivos de mesoescala. Em geral não há grande influência do relevo, o que também contribui para baixa amplitude nos valores. Cabe dar destaque que no mês de junho ocorre mudança de outono para inverno, embora a média máxima varie entre 115 e 120 mm, essa chuva abrange uma área maior no oeste da área de estudo.

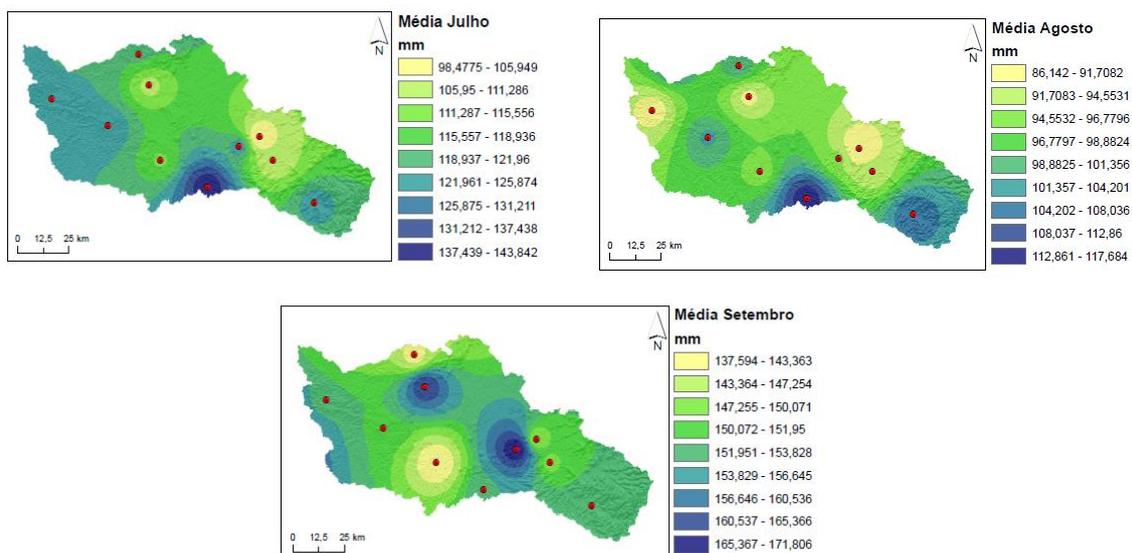
Mapa 14: Média mensal de precipitação no período 1986-2016. Meses de abril, maio e junho



Fonte: Produzido pela autora a partir de ANA (2016).

Dos meses de inverno até o início da primavera, julho, agosto e setembro é possível perceber com base no mapa 15, que o mês de julho é bastante influenciado pelo sistema de frentes vindo do sul, onde na estação pluviométrica de Bocaina do Sul é registrado o máximo de precipitação, com a média variando de 137 a 143 mm. No oeste destaca-se uma área homogênea com registro de precipitação entre 121 e 125 mm/mês. Como já mencionado, até mesmo no inverno onde os índices de chuva são mais baixos não se apresenta uma estação de seca. No mês de agosto registram-se mínimas entre 86 a 91 mm/mês no oeste, no centro e no leste da área de estudo. Sendo este, o mês com menor precipitação registrada ao longo da análise entre os anos de 1986-2016.

Mapa 15: Média mensal de precipitação no período 1986-2016. Meses de julho, agosto, setembro

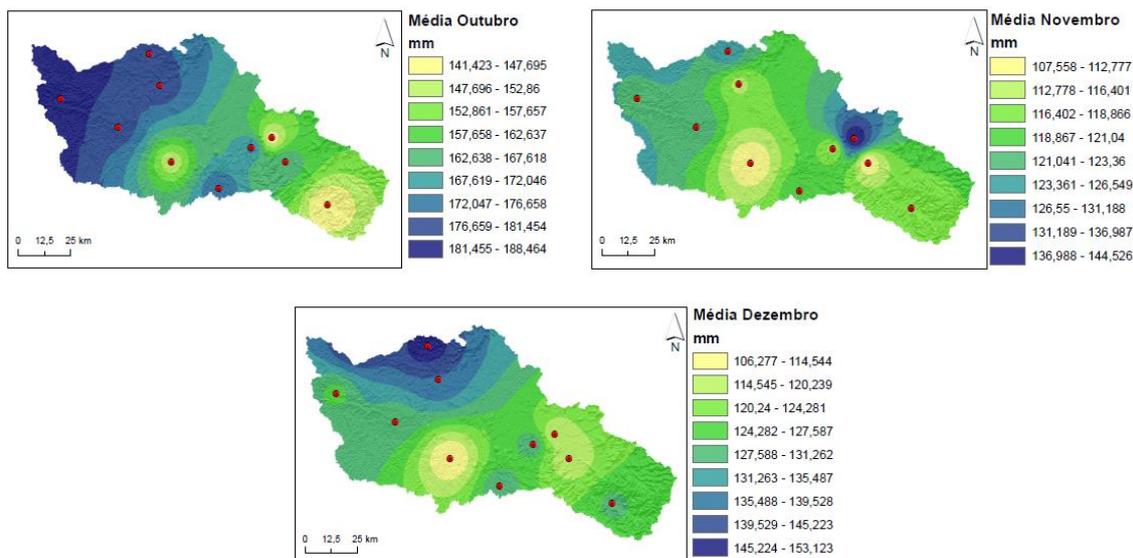


Fonte: Produzido pela autora a partir de ANA (2016).

No período de transição, de inverno para primavera, o mês de setembro retoma as altas pluviométricas da região, sob grande influência dos complexos convectivos de mesoescala, aos quais começam se instalar no oeste nesta época do ano, apresentando o máximo de influência no trimestre a seguir. Ainda conforme o mapa 15, em setembro os picos de precipitação ocorrem no centro da área de estudo, em regiões mais vinculadas a morfologia da depressão periférica.

No último trimestre, em outubro, novembro e dezembro, concentram-se os valores mais elevados de precipitação do ano. É neste período em que os CCMs, influenciam na concentração de chuvas na área de estudo. De acordo com o mapa 16, começando em outubro, já é possível perceber na região oeste médias que variam entre 160 a 190 mm/mês e cabe destacar o valor mínimo registrado de 141 mm, na estação pluviométrica de Urubici no leste.

Mapa 16: Média mensal de precipitação no período 1986-2016. Meses de outubro, novembro, dezembro



Fonte: Produzido pela autora a partir de ANA (2016).

Mesmo sendo o menor valor da região ainda é superior as mínimas dos demais meses do ano. Segundo Zipser et al. (2006), a região oeste de Santa Catarina é uma das regiões de mais fortes tempestades no globo. Esses CCMs estão presentes, tanto no verão como nas estações de transição, quando seu papel é até mais importante na precipitação, como é possível constatar na localização dos máximos de precipitação nessas estações, e contribuem significativamente para os totais anuais de precipitação (Figura 14). Em novembro os valores apresentados demonstram uma queda na precipitação, pois é um mês de transição entre a influência dos CCMs, para o sistema de monções do verão. O qual se apresenta no mapa 16 no mês de dezembro no norte/noroeste da região, onde os registros pluviométricos são de até 155 mm.

3.5 Considerações finais

O sul do Brasil é caracteristicamente uma região de transição atmosférica e por isto sofre influência de diversos fatores ambientais. O Estado de Santa Catarina especificamente caracteriza-se por apresentar mudança ao longo do ano de leste para oeste nos picos de precipitação, diferenciando-se dos estados limítrofes. Como a área selecionada para o presente estudo está situada no centro do estado é possível observar a influência de três sistemas atmosféricos principais na precipitação, o sistema de monção, o qual eleva os valores da precipitação no leste da área de estudo, principalmente nos municípios de Urubici e Bom Retiro; os complexos convectivos de mesoescala, que elevam os padrões de precipitação no centro-oeste, principalmente nos meses de

primavera; e por fim as frentes vindas do sul, as quais influenciam no total das precipitações nos meses de inverno.

A espacialização desses padrões e compreensão das dinâmicas presentes são importantes para o monitoramento e identificação de anomalias no comportamento pluviométrico da região, auxiliando tanto na agricultura como no planejamento/aproveitamento territorial.

**CAPÍTULO IV - GEOMORFOLOGIA DO ALTO E MÉDIO TRECHO DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CANOAS/SC**

4. GEOMORFOLOGIA DO ALTO E MÉDIO TRECHO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CANOAS/SC

4.1 Introdução

O mapeamento geomorfológico da área de estudo foi elaborado a partir de técnicas de geoprocessamento e trabalhos de campo visando compreender as formas de relevo com o objetivo de remontar e compreender o relevo do Alto e Médio Rio Canoas. Seguindo a proposta taxonômica de Ross (1992) foi possível compartimentar e descrever as formas de relevo considerando as morfoestruturas e morfoescultura da região. De acordo com o IBGE a geomorfologia do Estado de Santa Catarina é composta pelas morfoesculturas do Planalto Meridional, Depressão Periférica, Planície Costeira. Neste capítulo serão identificados e descritas as morfoestruturas e morfoescultura presentes na área de estudo procurando elucidar os principais processos que operam na sua superfície. De acordo com Moura e Dias (2012), esses processos referem-se à ação marinha, fluvial, continental e eólica, que geram e aceleram os processos geomorfológicos.

As morfoestruturas presentes no Alto e Médio Rio Canoas são o Planalto Meridional, também conhecido como planalto das araucárias, e a Depressão Periférica. A descrição morfométrica (hipsometria, curvaturas vertical e horizontal e declividades) teve por finalidade auxiliar no reconhecimento dos padrões de formas identificando setores de maiores e menores altitudes da área de estudo. Para subsidiar e aferir os dados gerados em laboratório, foram realizados sucessivos trabalhos de campo ao longo de quatro anos (2014-2018). A porção da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas, dentro da área de estudo, apresenta uma diversidade marcante em formas de morros e colinas de dimensões variadas sobre diferentes substratos. Foram identificados sete diferentes padrões de relevo, que serão descritos ao longo deste capítulo, após a devida compreensão dos processos de estruturação do mesmo.

4.2 Materiais e Métodos

Para a definição dos padrões de relevo na área de estudo foram utilizadas abordagens de classificação do relevo, desde a compartimentação de unidades, como a de Tricart (1977), somadas ao levantamento geológico mais recente do estado de Santa Catarina (Wildner *et al.*, 2014). Como forma de organizar e cartografar os padrões de relevo, após a identificação das unidades morfoestruturais e morfoesculturais, foi utilizado o conceito de taxonomia do relevo de Ross (1992; 1994).

O mapeamento da relação relevo-rocha foi apoiado em interpretações de bases cartográficas como imagens multiespectrais, imagens de radar *SRTM*, cartas topográficas e levantamento de campo. Neste último, foram realizadas nove expedições para reconhecimento da área, registro fotográfico e coleta de amostras de rochas distribuídas em 125 pontos espalhados na área de estudo, abrangendo diferentes litologias, padrões de formas e altitudes. As bases cartográficas foram construídas com as cartas topográficas impressas da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército – DSG em escalas de 1:50.000, 1:25.000 e 1:100.000. Também utilizou-se imagens multiespectrais em composição colorida 5R 6G 4R, de maneira ressaltar feições de relevo e diferenciações na vegetação. Para a caracterização morfométrica foram utilizadas imagens da base de dados TOPODATA – INPE que oferece modelos digitais de elevação (MDE) e suas derivações locais básicas em cobertura nacional, a partir dos dados *Shuttle Radar Topography Mission* – SRTM. Destes dados foram utilizadas as folhas 27s51_, 28s51_, 27s495 e 28s495 das variáveis declividade, curvatura horizontal, curvatura vertical, relevo sombreado, altitude, todas com escala espacial de 30 metros. Como base de reconhecimento litológico, pedológico e de vegetação, buscou-se as bases da CPRM e EPAGRI de Santa Catarina.

Em laboratório, antes das expedições de campo, a prioridade foi o processamento digital das imagens Landsat 8, para que fosse possível a realização de uma primeira compartimentação e escolha dos locais para aferição em campo. Nos levantamentos de campo, foram realizadas descrição dos afloramentos (localização, tipo de rocha, tipo de solo, cor, textura), coleta de amostras e registros fotográficos para posterior interpretação em laboratório.

Todas as informações geradas a partir do trabalho em laboratório e levantamento de campo foram organizadas em um banco de dados no programa ArcGis 10.2.2 para definição e mapeamento dos padrões de relevo das sub-bacias Alto e Médio Rio Canoas.

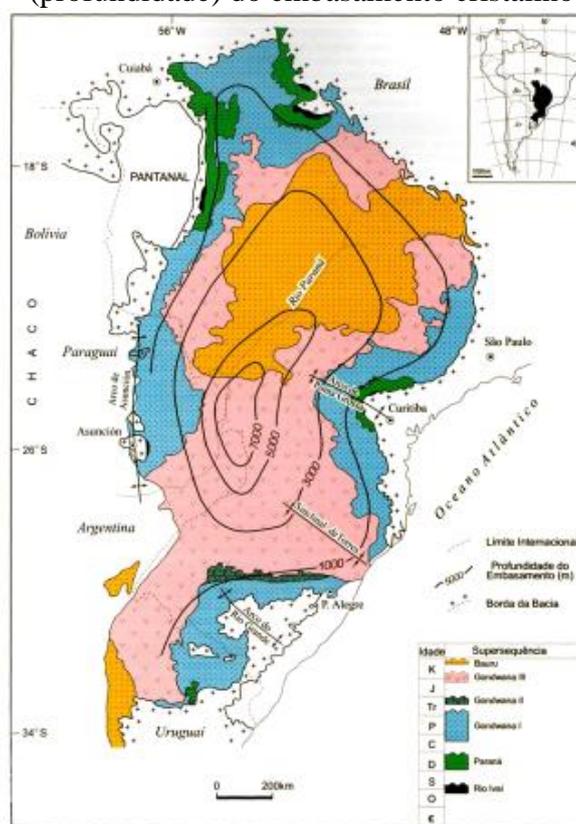
4.3 Descrição e Caracterização Morfoestrutural e Morfoescultural

4.3.1 Evolução Morfoestrutural

O estudo do relevo está diretamente ligado à relação entre as forças endógenas e exógenas, e a ação predominante das forças endógenas formam os elementos morfoestruturais, que, para serem compreendidos, devem ser analisados a partir dos condicionantes tectônicos-estruturais (Suertegaray e Fujimoto, 2004).

A diversidade de formas encontradas na BHRC está diretamente correlacionada à complexidade geológica da Bacia do Paraná. A Bacia do Paraná é uma bacia sedimentar Fanerozóica, que constitui ampla região sedimentar da América do Sul, abrigando, segundo Milani (2004), dentro dos seus limites uma sucessão de rochas sedimentares, recobertas por extensos derrames de composição essencialmente básica, perfazendo uma coluna de rochas com espessura total superior a 5.500m. A Bacia (Mapa 17) exibe uma forma ovalada com o eixo maior em posição submeridiana com área total que ultrapassa 1.500.000 quilômetros quadrados e é plena representante do conceito de bacia intracratônica.

Mapa 17: Mapa geológico simplificado da Bacia do Paraná, com contorno estrutural (profundidade) do embasamento cristalino



Fonte: Milani (2004).

Sua origem é atribuída a uma tectônica distensiva, relacionada com a geração de um sistema de rifts com direção próxima de NE-SW, instalado no embasamento cratônico (Milani 1997, 2004, 2007). O início do processo de sedimentação ocorreu no Neo-Ordoviciano e perdurou até o Juro-Cretáceo, quando se instalou um evento magmático de expressão continental (Formação Serra Geral). Ao longo deste período, o preenchimento

sedimentar foi marcado pela alternância de estágios de soerguimento e subsidência crustal, associados à megaciclos erosivos e transgressivos. Estes ocasionaram grandes mudanças nos sistemas deposicionais, que deram origem à diversidade de formações que compõe hoje a Bacia do Paraná. Nesse transcorrer de tempo geológico, entre 450 Ma e 65 Ma, sucessivos episódios de sedimentação acomodaram seus depósitos no que viria a ser uma bacia de registro policíclico. Seis unidades de segunda ordem (Milani, 1997) constituem seu arcabouço estratigráfico: Supersequência Rio Ivaí, Supersequência Paraná, Supersequência Gondwana I, Supersequência Gondwana II, Supersequência Gondwana III, Supersequência Bauru.

Segundo Loczy (1966), a estrutura tectônica da Bacia do Paraná é resultado direto de movimentos verticais relacionados a falhas, não havendo compressões tangenciais. As falhas mais profundas estão preenchidas com diabásio e a natureza principal das mesmas é normal. No sul do Estado do Paraná e em Santa Catarina, as direções principais destas falhas (NNE-SSW) são coincidentes com a direção principal das rochas do embasamento da bacia. As principais feições tectônicas que influenciam a área de estudo são o Arco da Ponta Grossa e Sinclinal de Torres. Este último situado cerca de 120 km ao sul do Município de Lages, possui direção subparalela ao Arco da Ponta Grossa, e é caracterizado por uma grande estrutura arqueada, negativa, que preservou as rochas da Bacia do Paraná da intensa erosão, que afetou as regiões soerguidas dos arcos de Ponta Grossa, ao norte, e Rio Grande, ao Sul.

O Alto e Médio Rio Canoas, sub-bacias da BHRC, localizam-se na borda sudeste da Bacia Sedimentar do Paraná. A porção centro sul da Bacia do Paraná foi modelada pela erosão, em função do soerguimento crustal associado ao rift do Atlântico Sul, sendo a remoção de seção sedimentar estimada em até 2.500m (Zanotto, 1993). É possível mencionar grande diversidade litológica na área de estudo, principalmente na região de Lages e Correia Pinto, onde aflora o Domo de Lages, soerguendo litologias da Supersequência Gondwana I e marcada por intrusões magmáticas alcalinas. Nas demais áreas dentro do recorte de estudo, as litologias pertencem à Supersequência Gondwana III.

As litologias que compõem a área do Alto e Médio Rio Canoas estão organizadas das antigas para as mais recentes, em quatro grupos (Itararé, Guatá, Passa Dois, Serra Geral), seguido pelo Complexo Alcalino de Lages e os Depósitos Aluvionares. Atualmente, após compreender parcialmente o contexto geológico da região, é possível identificar em campo e nos mapas mais recentes (Wildner *et al.*, 2014), rochas

sedimentares abrangendo cerca de 40% das sub-bacias e rochas magmáticas da formação Serra Geral nas maiores altitudes, abrangendo cerca de 60% da área de estudo.

4.3.2 Evolução Morfoescultural

Compreendida a evolução das morfoestruturas, inicia-se uma nova etapa na investigação genética do relevo, embasada nas propostas de Bertrand (1972), que propõe uma análise que ultrapassa a visão de relevo exclusivamente, e propõe o que ele denomina de Ciência da Paisagem. De encontro à proposta de Bertrand, Tricart (1979) propõe trabalhar o meio físico de forma integrada, através da análise sistêmica, o que leva a uma análise articulada entre áreas afins como geografia, geologia, pedologia, biologia somando ainda as alterações antrópicas no ambiente. Bertalanffy (2009) aponta que um dos propósitos da Teoria Geral dos Sistemas é integrar os conhecimentos de várias ciências, naturais e sociais, permitindo assim uma análise da totalidade do objeto de estudo. Neste sentido o estudo da Ecodinâmica proposto Tricart (1977), age como norteador, classificando o ambiente em três tipos de meios, conforme a intensidade dos processos dinâmicos: meios estáveis, *intergrades*, e instáveis.

Os meios estáveis têm sua estabilidade aplicada ao modelado na interface atmosfera-litosfera. O tempo aqui é o tempo geológico, onde as mudanças na paisagem, nos modelados, ocorrem lentamente com difícil percepção. Os meios *intergrades* são meios de transição, é a passagem dos meios estáveis para os meios instáveis. Caracteriza-se pela interferência, da morfogênese e da pedogênese, as quais coexistem no mesmo espaço e tempo, no ambiente. Os meios instáveis aparecem como vinculados à morfogênese, onde a dinâmica interna acelera os processos de modificação das formas de relevo, vegetação e solos. O que acarreta em uma sucessão de mudanças no ambiente. Embora os meios instáveis tenham como fator determinante a dinâmica interna, mudanças na cobertura vegetal, por exemplo, influenciam diretamente no clima, interferindo no equilíbrio do sistema no ambiente.

De maneira a compreender o processo de formação dos meios estáveis, os estudos de Ab'Saber (1949) sobre a circundesnudação pós Cretácea vêm auxiliar na compreensão das dinâmicas entre atmosfera-litosfera, que contribuíram para esculturação do relevo. Segundo o autor, a maior parte do Brasil é composta pela unidade morfoestrutural das bacias sedimentares, geradas pela litificação e diagênese de sedimentos depositados a partir do Paleozóico, como a Bacia do Paraná. No final do período Cretáceo e início do Cenozóico, o regime climático com temperaturas elevadas e

úmido era dominante, concomitante a um novo ciclo de epirogênese positiva se iniciou, um tanto irregularmente para todo Planalto Brasileiro. O Atlântico começava a se esboçar e atuar climaticamente como grande massa aquosa intracontinental. A epirogênese positiva pós-cretácea, aliada à umidificação progressiva do clima, determinou a instalação de redes hidrográficas, provavelmente exorêicas, fundamentais à modelagem geral do Planalto Brasileiro, devido aos fenômenos de desnudação e circundesnudação decorrentes. Neste período esboçaram-se as principais linhas e seções de relevo do interior do Brasil.

Neste contexto se estabelece a gênese do relevo da Bacia do Paraná, pois foi na periferia dessa enorme sinclinal gondwânica soerguida, que os fenômenos de desnudação marginal se processaram de um modo mais generalizado e normal, vindo a corresponder, em conjunto, a um sistema típico de circundesnudação, dos mais extensos de que se tem notícia no relevo terrestre (Ab'Saber, 1949). O quadro do relevo da metade do Planalto Brasileiro, ao finalizar-se o cretáceo, devia se assemelhar a uma vasta extensão de terras baixas, nas quais se entremeavam os restos, um tanto aplainados e esbatidos, de núcleos cristalinos, além de seções aflorantes do platô basáltico e planícies estabelecidas em extensos planos lacustres. Ao se processar o levantamento do rebordo cristalino situado a Leste e Nordeste (Brasil tropical atlântico), uma hidrografia pós-cretácea superimposta estabeleceu-se acima das formações areníticas mesozoicas, iniciando, pelo trabalho de numerosos cursos subsequentes, o entalhamento e a desnudação periférica generalizada do grande pacote sedimentário. O fato da maior parte da grande bacia sedimentar sulina, principalmente em sua porção central, possuir entremeamentos de lavas, “sills” e lacolitos associados às formações sedimentares, facilitou o processo de circundesnudação das áreas periféricas não possuidoras do arcabouço de rochas eruptivas básicas triássicas.

Os afluentes subsequentes primitivos desnudaram a periferia da bacia sedimentar, exatamente na zona de transição, onde as diversas formações do sistema Santa-Catarina eram menos espessas e não protegidas pelo edifício basáltico. A borda cristalina, na época, devia possuir extensões apreciáveis de camadas cretáceas sub-horizontais, que serviram de assoalho fundamental à superimposição hidrográfica e ao entalhamento epigenético. O clima regional, durante a fase de entalhamento, devia ser sensivelmente mais úmido do que o imperante no cretáceo. Aos poucos fenômenos de desnudação marginal expuseram uma vasta depressão periférica subsequente, que pôs a aflorar as estruturas paleozoicas, realizando, ao mesmo tempo, a escultura de um segundo patamar, que restou como uma espécie de segunda seção, deprimida e intermediária, na

plataforma geral do planalto brasileiro. A Serra Geral, com seu longo S, desde as escarpas de Botucatu, em São Paulo, até a região da escarpa do Rio Grande do Sul, foi o elemento mais característico e de maior expressão fisiográfica, conquistado pelos fenômenos de circundesnudação pós-cretácea a porção sudeste da Bacia do Paraná. Segundo Ab'Saber (1949) a Serra Geral constitui, em quase toda a sua extensão, um sistema de escarpas de circundesnudação, dos mais típicos e gigantes de que se tem notícia.

As unidades morfoesculturais presentes no Planalto Meridional e na Depressão Central expressam em suas formas a alternância de climas pretéritos e atuais. Registros de períodos secos (antigos) como as “linhas de pedra” foram registrados em campo. A diferenciação das formas também está estritamente ligada à resistência das litologias aos processos exógenos como a já mencionada alternância climática (principalmente as do Quaternário).

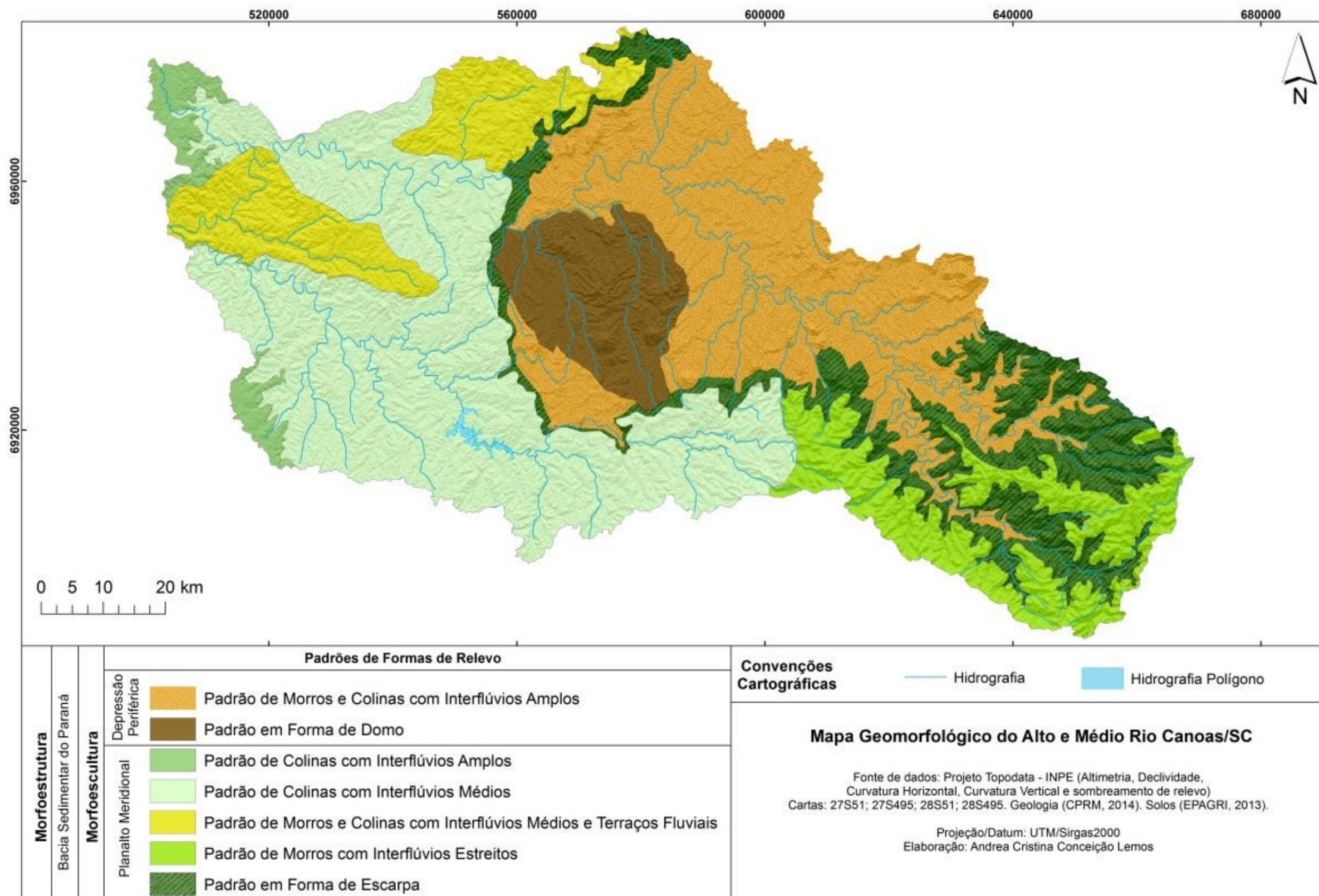
4.4 Resultados e Discussões

A seguir será realizada a descrição dos resultados referentes à geomorfologia geral da área de estudo, bem como das características de cada padrão de forma como geologia, declividade e tipos de solo, predominantes em cada unidade. Após a descrição destes resultados todos foram integrados para posterior discussão sobre o contexto geomorfológico do Alto e Médio Rio Canoas.

4.4.1 Geomorfologia

O resultado do mapa geomorfológico, representa a diversidade morfoestrutural e morfoescultural da área de estudo. No mapa a seguir (Mapa 18) estão representados espacialmente sete padrões de relevo ou unidades de relevo identificados a partir das bases já citadas e em trabalhos de campo. A compartimentação segue a proposta taxonômica de Ross (1992). Partindo da identificação morfoestrutural (1º táxon), seguindo para as morfoesculturas (2º táxon), até compartimentação dos padrões de forma de relevo (3º táxon). Na morfoescultura Depressão Periférica os padrões correspondentes são: Padrão de Morros e Colinas com Interflúvios Amplos e Padrão em Forma de Domo. Já na morfoescultura do Planalto Meridional na área de estudo, os padrões de formas são: Padrão de Colinas com Interflúvios Amplos, Padrão De Colinas com Interflúvios Médios, Padrão de Morros e Colinas com Interflúvios Médios e Terraços Fluviais, Padrão de Morros com Interflúvios Estreitos e Padrão em Forma de Escarpa.

Mapa 18: Mapa geomorfológico do Alto e Médio Rio Canoas – Bacia Hidrográfica do Rio Canoas/SC



As tabelas 17 e 18 demonstram as áreas em km², tanto das morfoesculturas (Tabela 17), quanto dos padrões de formas de relevo (Tabela 18). Diante do exposto é possível perceber que dentro da área de estudo selecionada, o Planalto Meridional ocupa uma área maior com 5961,57 km² e dentro desta área, estão representados cinco padrões de relevo. Já na Depressão Central, a área corresponde a 2983,16 km², apresentando dois padrões de relevo.

Tabela 17: Área das morfoesculturas do Alto e Médio Rio Canoas

Morfoescultura	Área em km²
Depressão Periférica	2983,16
Planalto Meridional	5961,57
Total	8944,73

Fonte: Produzido pela autora.

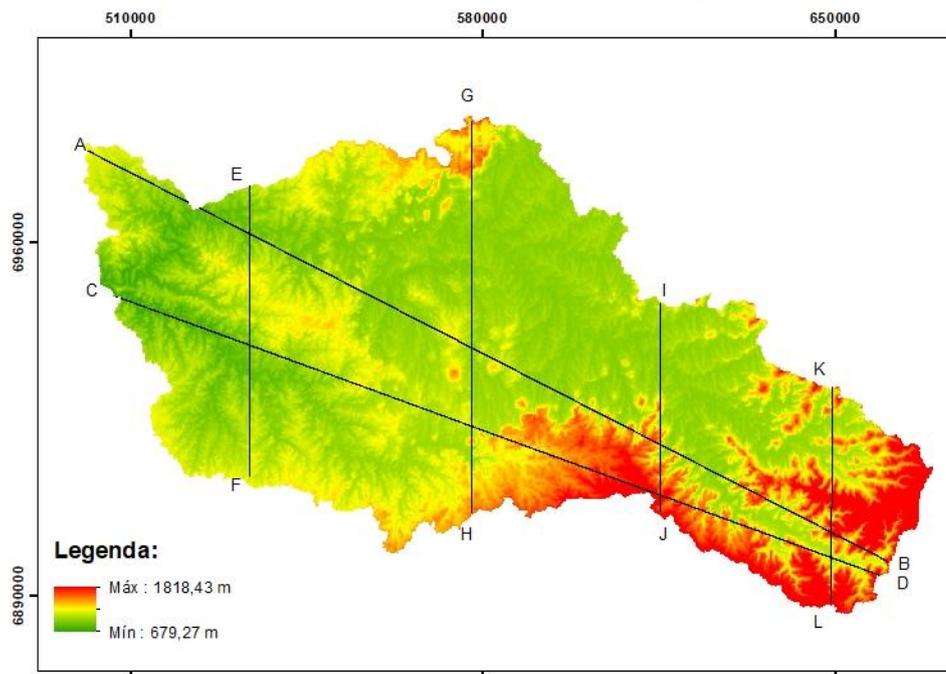
Tabela 18: Área dos padrões do forma de relevo do Alto e Médio Rio Canoas

Padrão de Formas de Relevo	Área em km²
Padrão de Morros e Colinas com Interflúvios Amplos	2319,94
Padrão em Forma de Domo	663,22
Padrão de Colinas com Interflúvios Amplos	209,00
Padrão de Colinas com Interflúvios Médios	2914,90
Padrão de Morros e Colinas com Interflúvios Médios e Terraços Flúviais	863,13
Padrão de Morros com Interflúvios Estreitos	818,42
Padrão em Forma de Escarpa	1156,12
Total	8944,73

Fonte: Produzido pela autora.

Com base no mapa hipsométrico (Mapa 19), foram traçados seis perfis topográficos, buscando evidenciar os diferentes graus de dissecação e situar características marcantes deste relevo, que apresenta variação altimétrica de 1139,16 m, tendo suas maiores altitudes no município de Bom Retiro e Urubici no leste da bacia, e as menores altitudes, na foz do Rio Caveiras, no município de São José do Cerrito no oeste.

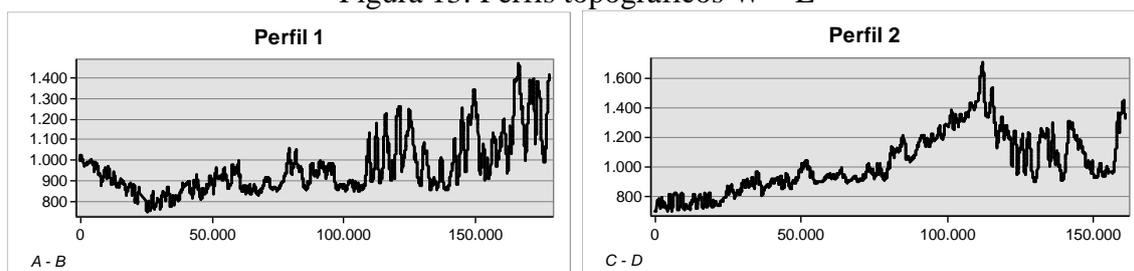
Mapa 19: Mapa hipsométrico da área de estudo e perfis topográficos



Fonte: Produzido pela autora.

Foram realizados dois perfis de direção aproximada do eixo W – E (Figura 13) e mais quatro perfis de direção aproximada do eixo N – S (Figura 14). Buscou-se com esses perfis demonstrar aspectos importantes do entalhamento de acordo com a variação litológica.

Figura 13: Perfis topográficos W – E



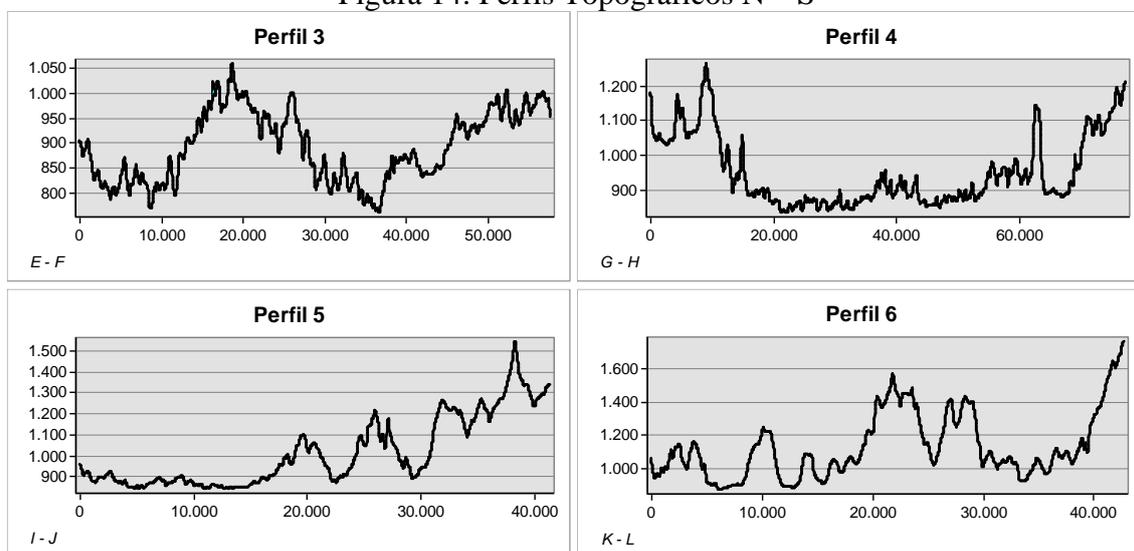
Fonte: Produzido pela autora.

O perfil 1 (A – B) traçado na direção aproximada do eixo W – E, contempla as morfoesculturas do Planalto Meridional e Depressão Central, perpassando pelos padrões de forma de relevo de colinas de interflúvios amplos e médios, vinculados ao substrato da Formação Serra Geral. Morros e colinas com interflúvios amplos, vinculados as rochas sedimentares gondwanicas, padrão em forma de domo no centro do perfil. Seguindo no sentido oeste-leste, há uma elevação na altitude na linha de Escarpa, vinculada à

Formação Botucatu e Serra Geral, finalizando o traçado no padrão de forma de interflúvios estreitos à leste, também vinculados à Formação Serra Geral apresentando vales encaixados. A altitude varia entre 750 m e 1480 m. Com destaque para o entalhamento (Vale em U) do Rio Canoas, com 758m de altitude a oeste.

O perfil 2 (C – D) traçado na direção aproximada do eixo W–E, contempla principalmente a morfoescultura do Planalto Meridional e um curto trecho da Depressão Periférica ao centro do perfil. As baixas altitudes e o entalhamento suave representado a oeste está correlacionado ao curso d’água do Rio Caveiras (tributário do Rio Canoas), tendo a sua foz no oeste do perfil, a 743 m de altitude. O perfil segue para leste, perpassando pelo padrão de relevo de colinas com interflúvios médios, com substrato vinculado à Formação Serra Geral, atingindo sua altitude no Morro da Igreja no Município de Urupema, iniciando o padrão de forma de interflúvios estreitos, dominados pelos basaltos, riolitos e riodacitos da Formação Serra Geral. Após, as altitudes são reduzidas neste perfil, seguindo a linha de escarpa e apresentando uma sequência de entalhamentos, os quais vão seguindo o curso do alto Rio Canoas.

Figura 14: Perfis Topográficos N – S



Fonte: Produzido pela autora.

O perfil 3 (E – F) traçado na direção aproximada do eixo N – S, contempla a morfoescultura do Planalto meridional, onde o substrato é pertencente a Formação Serra Geral. A altitude varia de 900 m a 1050 m, tendo ao longo do perfil destaque para dois entalhamentos pelo curso d’água, sendo o primeiro de Norte para Sul, correspondente ao curso do Rio Canoas, e o segundo, correspondente ao curso do Rio Caveiras. Neste perfil

destaca-se o padrões de forma de colinas com interflúvios médios. Entre os dois cursos d'água apontados anteriormente, está isolado o padrão de forma de morros e colinas com interflúvios médios e terraços fluviais.

No perfil 4 (G – H) também na direção N – S há uma mudança significativa na morfologia do relevo do Planalto Meridional para a Depressão Central. Onde, de norte para sul, o entalhamento acentuado, corresponde aos padrões de forma de morros e colinas com interflúvios médios, junto com o padrão de forma de escarpa. Em seguida destaca-se um rebaixamento contínuo, com interflúvios médios a amplos, representado pelo padrão de forma de domo, conhecido como Domo de Lages vinculado à morfoescultura da Depressão Central, onde afloram rochas sedimentares gondwânicas e rochas alcalinas do Cretáceo superior. Na sequência seguindo a direção sul, o encontro entre a Depressão Central e o Planalto Meridional é marcado pela elevação da altitude na linha de Escarpa do planalto, com um entalhamento associado ao Rio Caveiras.

A característica mais marcante do perfil 5 (I – J) é a transição da morfoescultura da Depressão Periférica para o Planalto Meridional na direção N – S, evidenciando a mudança do padrão de formas, os quais passam de padrão de morros e colinas com interflúvios amplos, vinculados as rochas sedimentares gondwânicas, perpassando pela linha de escarpa do planalto, até o padrão de morros com interflúvios estreitos, vinculados à Formação Botucatu e Serra Geral.

No alto Rio Canoas foi traçado o perfil 6 (K – L) na direção aproximada do eixo N – S, o qual apresenta predominantemente os padrões de formas de escarpa e morros com interflúvios estreitos, vinculados ao Planalto Meridional, e nos vales há o substrato sedimentar gondwânico, vinculado à Depressão Central e depósitos aluvionares, seguindo o curso do Rio Canoas e seus tributários. Destaca-se neste perfil no sul do traçado, um aumento considerável na altitude, sendo superior a todos os perfis anteriores. Esta elevação representa a região de maiores altitudes da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas, no Município de Urubici.

4.4.2 Unidade Morfoescultural Depressão Periférica

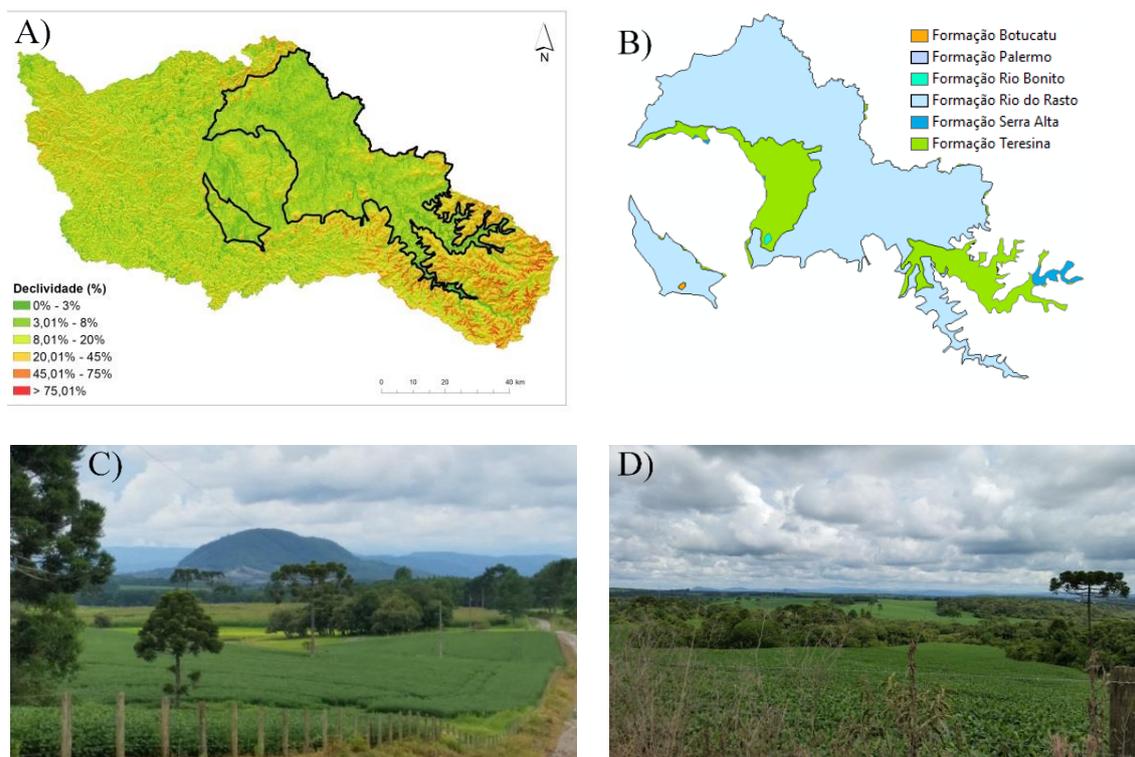
A Depressão Periférica destaca-se pela sua sucessão de rochas sedimentares do Permiano e Triássico e particularmente nesta área, pela inversão completa na sucessão de faixas aflorantes, relacionado com o magmatismo alcalino no Domo de Lages. As altitudes médias predominam em torno de 820 m a 1335m. Apresenta uma diversidade morfológica predominantemente de colinas suaves onduladas e morros residuais. Dentro

da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas no Alto e Médio trecho, os padrões de forma de relevo que representam a Depressão Periférica são: Padrão de Morros e Colinas com Interflúvios Amplos e Padrão em Forma de Domo. Esses compartimentos situam-se na parte centro norte da área de estudo.

4.4.2.1 Padrão de Morros e Colinas com Interflúvios Amplos

O padrão de forma de morros e colinas com interflúvios amplos é composto por uma diversidade de litologias, que remontam a supersequência Gondwana I (Figura 15 – B). Apresentando rochas sedimentares originadas em depósitos litorâneos e flúvio deltaicos, representados por arenitos finos a muito finos cinza escuros, intercalados com argilitos e folhelhos carbonosos, e localmente, leitos de carvão da Formação Rio Bonito. Também afloram neste padrão de relevo argilitos, folhelhos e siltitos originários de depósitos marinhos da Formação Serra Alta. Abrangendo o centro e cerca de 90% deste padrão de relevo, estão as rochas da Formação Teresina, representadas pela anternância de argilitos e folhelhos cinza-escuros, com siltitos e arenitos muito finos, cinza claros com laminação *flaser* originária também de depósitos marinhos do Permiano Superior, e a Formação Rio do Rastro, porção superior, com depósitos fluviais compreendendo arenitos avermelhados, arroxeados e amarelados, esbranquiçados, intercalados em argilitos e siltitos avermelhados, arroxeados, com intercalações localizadas de siltitos calcíferos. E em caráter de morro residual afloram arenitos eólicos de ambiente desértico da Formação Botucatu, avermelhados, finos a médios, com estratificação cruzada de médio a grande porte do período Jura-Cretáceo.

Figura 15: A) Declividade com destaque para o padrão de forma de morros e colinas com interflúvios amplos; B) Geologia do padrão de forma; C) Morfologia do Padrão de forma com destaque para morro residual da Formação Botucatu; D) Morfologia predominante do padrão de forma, colinas com interflúvios amplos



Fonte: Produzido pela autora.

Os morros residuais apresentam topos planos e convexos com segmentos de vertente predominante retilíneas e côncavas próximo à base. O morro residual representado na Figura 15 (C) possui características diferenciadas, tendo sua vertente convexa e o topo convexo, mantendo a forma arredondada. Cabe ressaltar que este morro tem como substrato arenito da Formação Botucatu. Dentro do contexto da bacia hidrográfica este padrão de forma apresenta elevações medianas, entre 820m a 1335m e declividade (Figura 15 – A) predominante de 3 – 8%, destacando pontos de até >75%, em morros residuais, próximos à linha de escarpa do planalto.

Neste padrão encontra-se instalada uma importante rede de drenagem, a qual segue seu curso de leste para oeste. Com vales bem encaixados no leste, próximo a nascente do Rio Canoas, ao longo do curso, os vales são predominantemente suavizados. A vegetação, em função da diversidade do substrato e do clima subtropical, é composta por floresta e campo subtropical, campo subtropical, campo e floresta subtropical perenifolia, floresta subtropical perenifolia, representada pela mata de Araucária.

Em função da baixa declividade, o uso agrícola vem se intensificando na região, principalmente com a sivilicultura, e plantio de grãos nas colinas de interflúvios amplos e nas vertentes dos morros, e plantio de hortaliças no curso do Rio Canoas no leste. Esse conjunto de formas de relevo é constituído basicamente por rochas sedimentares. Os solos são classificados como Cambissolos e Neossolos Litólitos, caracteristicamente solos rasos e com afloramentos rochosos.

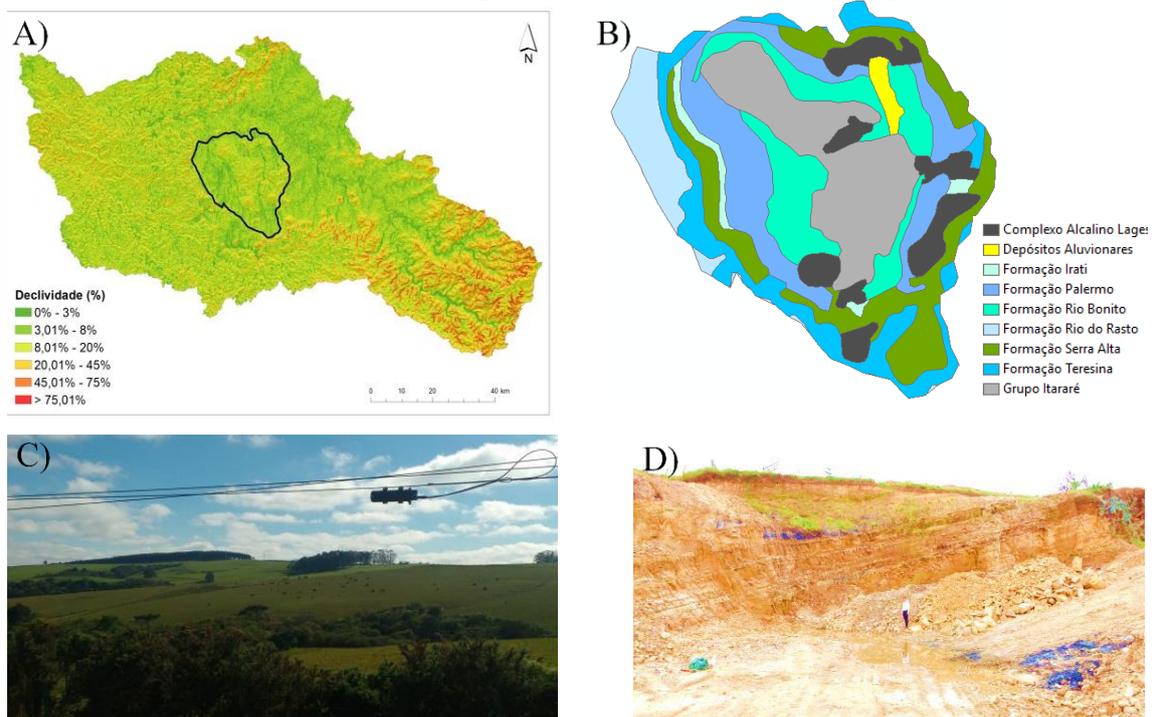
4.4.2.2 Padrão em Forma de Domo

Esse padrão também é composto por rochas sedimentares do processo de sedimentação do Gondwana I, bem como apresenta rochas magmáticas recentes do magmatismo alcalino subsaturado, ocasionado no cretáceo superior. A figura 16 (B) apresenta a diversidade litológica aflorante neste padrão. Segundo Scheibe (1986), o soerguimento do Domo de Lages apresenta uma inversão completa na sucessão de faixas aflorantes, apresentando toda a sequência Gondwânica da Bacia do Paraná. Relaciona-se ao magmatismo alcalino, a brusca inflexão nos limites da cobertura basáltica. Devido a esta inversão, afloram as rochas mais antigas do substrato da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas, como as do Grupo Itararé, depósitos de sedimentação periglacial, subglacial glácio-marinho a glacial. Estas, afloram no centro do padrão de forma de Domo, apresentando alternância de folhelhos e siltitos com grânulos, matacões pingados e arenitos com estratificação plano-paralela maciça. Ainda correlacionado a esse substrato, estão as maiores declividades (Figura 16 – A) apresentando predominantemente de 8 a 20 %. Apresenta interflúvios médios com vertentes predominantemente convexas, resultado do processo de soerguimento da parte central do domo. A intensa rede de drenagem instalada neste padrão, contribuiu para intensificação dos processos de intemperismo, acelerando a suavização das formas de relevo.

Como no padrão de forma anterior, afloram rochas sedimentares das formações Teresina, Serra Alta, Rio do Rastro, Rio Bonito e Palermo. Correlacionado a estas formações, o relevo apresenta interflúvios médios a amplos, com declividades inferiores a 3 % no curso de corpos d'água, indo até cerca de 8% nas demais áreas (Figura 16- C). Em menor representatividade há a Formação Irati, com depósitos de origem marinha apresentando siltitos e folhelhos, por vezes dolomíticos. Na porção superior afloram folhelhos pretos pirobetuminosos, folhelhos e argilitos cinza escuros e calcários creme a cinza escuros. Na figura 16 (D) destaca-se o ponto visitado em campo da Formação Irati,

onde é evidenciado o soerguimento, destas rochas com estratificação plano paralela, na direção do centro do Domo.

Figura 16: A) Declividade com destaque para o padrão em forma de Domo; B) Geologia do padrão de forma; C) Morfologia do Padrão de forma apresentando colinas com interflúvios médios e amplos; D) Afloramento da Formação Irati



Fonte: Produzido pela autora.

Domos menores se apresentam dentro da estrutura principal e estão relacionados a cada uma das intrusões ígneas. Segundo Scheibe (1986) os corpos de alcalinas ocorrem como intrusões grosseiramente equidimensionais, com alguns quilômetros de diâmetro, ou como diques, com poucos metros até centenas de metros de espessura, preferencialmente junto ao grupo Passa Dois-Guatá e num grande círculo, com cerca de 25 km de diâmetro. De idade Mesozoica superior, a estes corpos magmáticos estão correlacionados os morros com interflúvios médios, de declividades um pouco mais acentuadas do que no resto do padrão de forma, ficando entre 20 a 45%, com morros de topos convexos, e com vertentes côncavas na base.

De idade Cenozóica estão os depósitos aluvionares, compostos por areias grossas a finas, cascalheiras e sedimentos siltico-argilosos. Os solos predominantes no padrão de forma de Domo são classificados como Cambissolos Háplico e Húmico, bem drenados, com perfis de cerca de 60 a 150 cm.

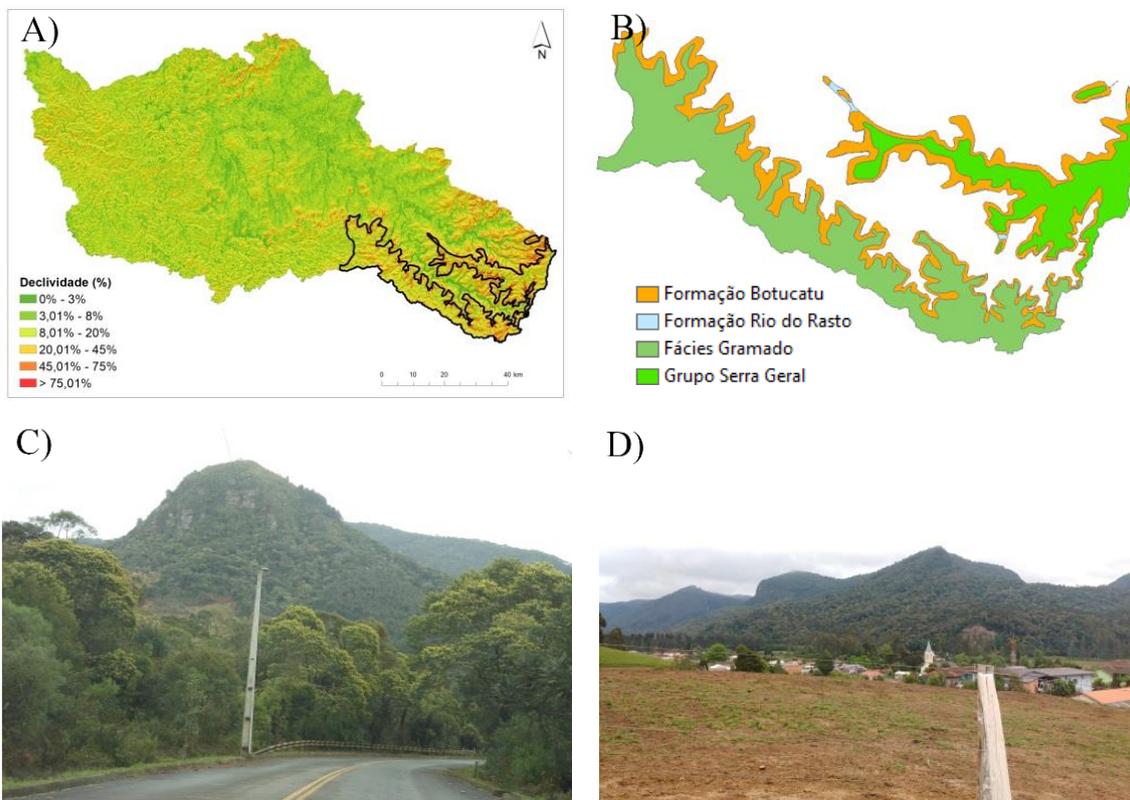
4.4.3 Unidade Morfoescultural do Planalto Meridional

O Planalto Meridional está representado por padrões de formas com diferentes graus de dissecação, com altitudes médias por volta de 1000m. Esta morfoestrutura remonta a transição do limite entre a coluna de sedimentação do Gondwana I, para o período de sedimentação juro-cretácea do Gondwana III, hoje conhecido como Formação Botucatu. Remonta também, o processo de abertura do Atlântico Sul no Cretáceo, com intenso o magmatismo fissural intracontinental, conhecido como Formação Serra Geral. Na área de estudo esta morfoescultura apresenta marcada diversidade morfológica no sentido leste – oeste, apresentando forma de escarpa, de morros com interflúvios estreitos, onde se situam as maiores altitudes e declividades da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas, bem como do Estado de Santa Catarina, exemplificando, o morro da Boa Vista, no município de Bom Retiro, com 1827m e o morro da Igreja, em Urubici, com 1821m. No centro-oeste da área apresentam-se colinas de dimensões variadas, vinculadas ao substrato da formação Serra Geral. Esta unidade está representada por cinco padrões de formas, que são: Padrão de morros com interflúvios estreitos, forma de escarpa, colinas com interflúvios médios, morros e colinas com interflúvios médios e terraços fluviais, colinas com interflúvios amplos.

4.4.3.1 Padrão de Morros com Interflúvios Estreitos

O padrão em forma de morros com interflúvios estreitos é constituído por rochas (Figura 17 – B) sedimentares geradas durante o processo de sedimentação intracratônica do Jura-Cretáceo, hoje mapeado como Formação Botucatu, que se caracteriza como arenitos eólicos de ambiente desértico, avermelhados, finos a médios, com estratificação cruzada de médio e grande porte. Posterior a este processo de sedimentação, no Cretáceo inferior, o intenso vulcanismo precedeu a fragmentação do supercontinente Gondwana. Na Bacia Hidrográfica do Rio Canoas estes litotipos estão agrupados estratigraficamente na Formação Serra Geral, compostos por basaltos, riolitos e riolacitos.

Figura 17: A) Declividade com destaque para o padrão de forma de morros com interflúvios estreitos; B) Geologia do padrão de forma; C) Morfologia do Padrão de forma apresentando morros com interflúvios estreitos; D) Padrão de forma no Município de Urubici



Fonte: Produzido pela autora.

É evidente que a dissecação é maior neste padrão onde predominam vales encaixados (Figura 17 – C) e profundos, predominantemente em forma de V, com dimensão interfluvial pequena e com declividades acentuadas. Estes vales foram esculpido principalmente em áreas onde afloram o arenito Botucatu, os quais foram entalhados pelo curso dos corpos d’água e por falhamentos prioritariamente NE-SW. A esta área de vales também estão vinculadas as declividades mais acentuadas, sendo > 45%.

Nos topos dos morros afloram rochas magmáticas da Serra Geral, com declividades (Figura 17 – A) predominantemente entre 20 e 75%. Esse compartimento é formado por um conjunto de morros com topos convexos e aguçados, configurando cristas, como na figura 17 (D). As altitudes predominantes ficam entre 1000 e 1700 metros (elevação máxima de 1827m). As vertentes em geral apresentam segmentos convexos-retilíneos, sendo côncavas na base. As nascentes situam-se neste padrão de

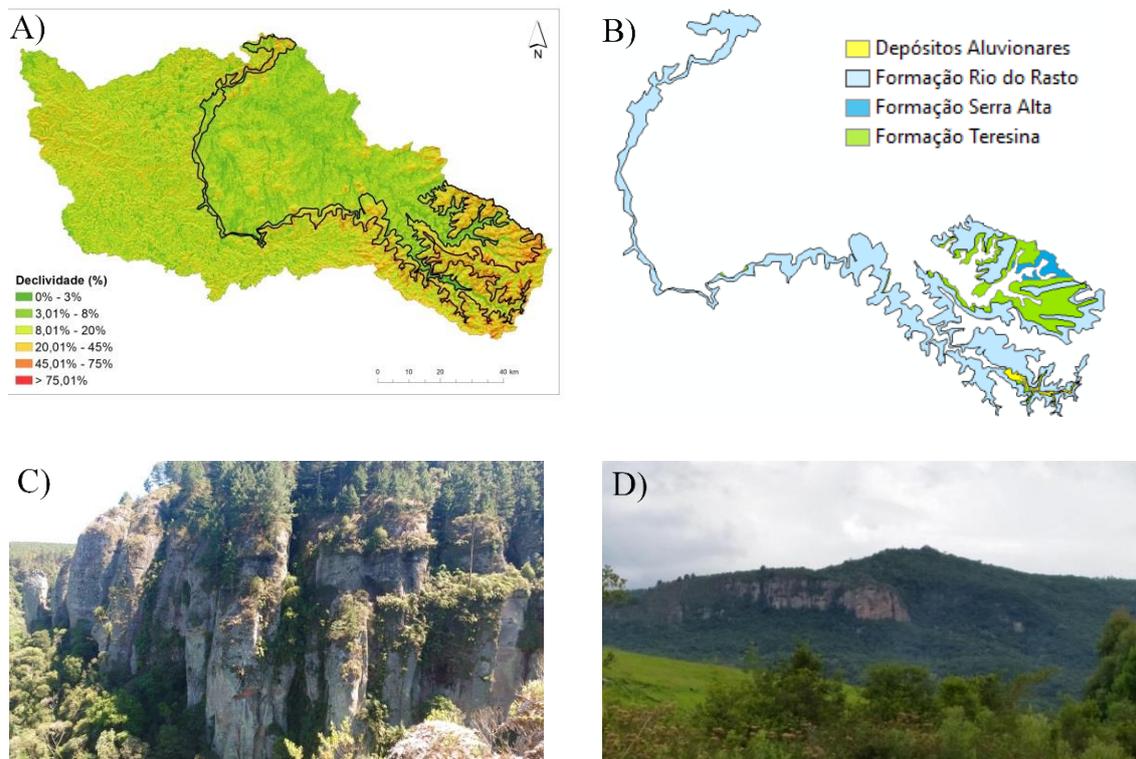
relevo, como a do Rio Canoas, tendo sua rede de drenagem caracterizada por vales bem entalhados.

Pela sua característica morfológica a mecanização do solo não é indicada e a maioria das áreas são pouco ocupadas por moradias urbanas. A vegetação caracteriza-se pela Floresta Subtropical Altimontana bem preservada. Os solos que predominam são os Neossolos litólicos de textura argilosa e pouco profundos (< 60m) nos segmentos côncavos, e nos topos, são encontrados afloramentos rochosos, com estrutura físico-química de desagregação e decomposição, através de fraturas de alívio e retrabalhamento de matacões.

4.4.3.2 Padrão em Forma de Escarpa

O padrão em forma de escarpa marca o limite entre as morfoesculturas da Depressão Periférica e o Planalto Meridional, apresentando rochas (Figura 18 – B) que representam a coluna descrita por White (1908), onde o topo da sucessão litológica do Gondwana I aflora nos “paredões” adjacentes ao planalto. Afloram neste contexto as formações Rio do Rastro, marcando a forma de anfiteatro, limitando o recuo do Planalto Meridional. Nas cabeceiras da Bacia Hidrográfica, ao leste da bacia, ainda afloram rochas da formação Teresina, Serra Alto, e Depósitos Aluvionares, no entalhamento próximo à nascente do Rio Canoas.

Figura 18: A) Declividade com destaque para o padrão em forma de Escarpa; B) Geologia do padrão de forma; C) Morfologia do Padrão de forma apresentando as escarpas do planalto com acentuadas declividades; D) Escarpa do planalto no Município de Bocaina do Sul



Fonte: Produzido pela autora.

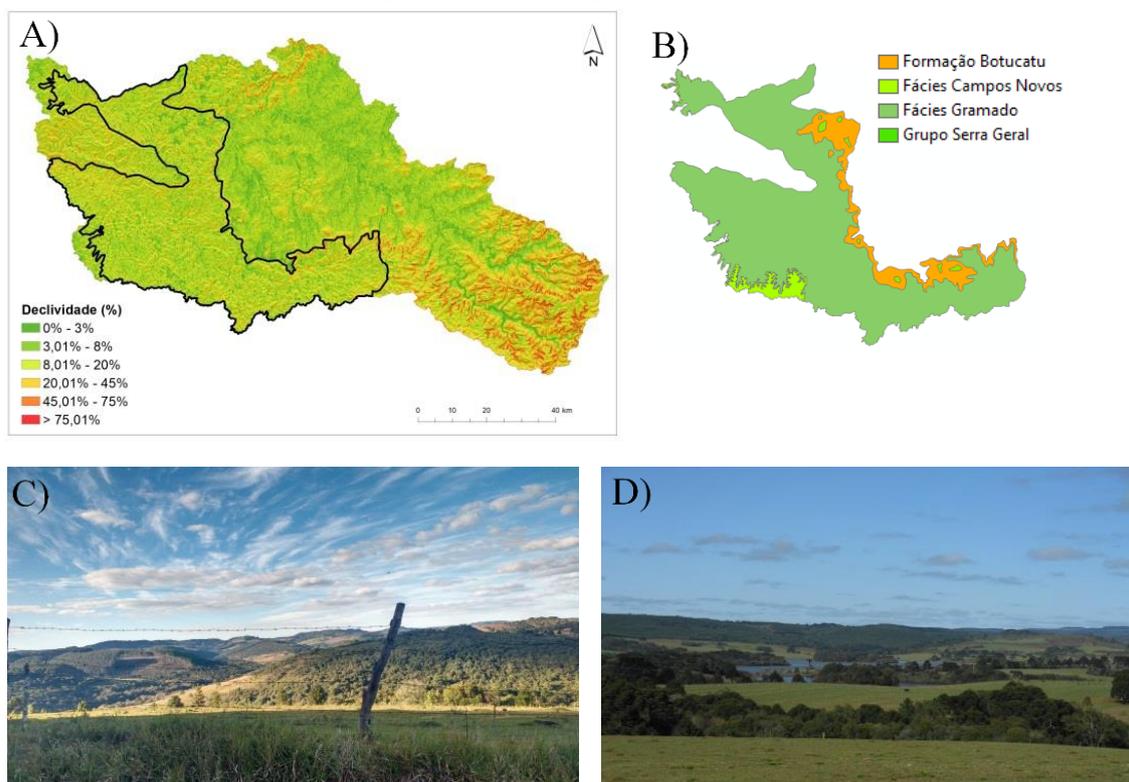
O Planalto Meridional pelos efeitos do processo de circundesnudação (Ab' Saber 1949) sofreu intensa dissecação, recuando e apresentando na linha de escarpa rochas sedimentares do Paleozóico, como já mencionado anteriormente. Pelitos e arenitos com dominância de camadas tabulares de ambiente lacustre afloram neste padrão de relevo. As declividades (Figura 18 – A) predominantes ficam entre 20% a maiores do que 75%, caracterizando os “paredões”, como os representados na figura 18 (C e D). As vertentes apresentam segmento predominantemente côncavo, em função do entalhamento dos cursos d’água nas cabeceiras, e retilíneo, vinculado à forma de escarpa, onde as declividades são acima de 75%.

Associado a este padrão os solos, quando afloram, são em sua base e nas vertentes côncavas solos rasos (<60cm) classificados como Neossolos Litólicos. Há grande incidência de afloramentos rochosos fragmentados por falhas e fraturas, o que acelera o processo de intemperismo e a erosão vertical do padrão de forma. A vegetação predominante é a Floresta Subtropical Perenifólia, alternada na região central da área de estudo, com Floresta e Campo Subtropical.

4.4.3.3 Padrão De Colinas com Interflúvios Médios

O padrão de relevo com interflúvios médios tem suas rochas também de origem do magmatismo fissural do cretáceo, que originou a abertura do oceano Atlântico. E assim como no norte do Estado do Rio Grande do Sul, em Santa Catarina foram depositadas uma sucessão de derrames em camadas, o que por sua vez acaba por diferenciar a composição magmática, de acordo com o derrame. Na figura 19 (B) estão representadas as litologias do Supergrupo São Bento, com as rochas sedimentares aflorantes da Formação Botucatu, arenito eólicos avermelhados, com estratificação cruzada de médio e grande porte. As rochas ígneas da Formação Serra Geral estão diferenciadas em fácies representando mudanças na sua composição mineralógica. Na área correspondente a Formação Campos Novos, caracteriza-se por serem basaltos de textura microgranular, predominantemente pretos, com comuns vesículas mili a centimétricas, com opala preta e água. As áreas aflorantes desta formação são pouco representativas na área de estudo, mas marca a transição dos interflúvios médios para interflúvios amplos.

Figura 19: A) Declividade com destaque para o padrão em forma de colinas com interflúvios médios; B) Geologia do padrão de forma; C) Morfologia do Padrão de forma apresentando colinas com interflúvios médios; D) Colinas com interflúvios médios próximo a barragem do Rio Caveiras



Fonte: Produzido pela autora.

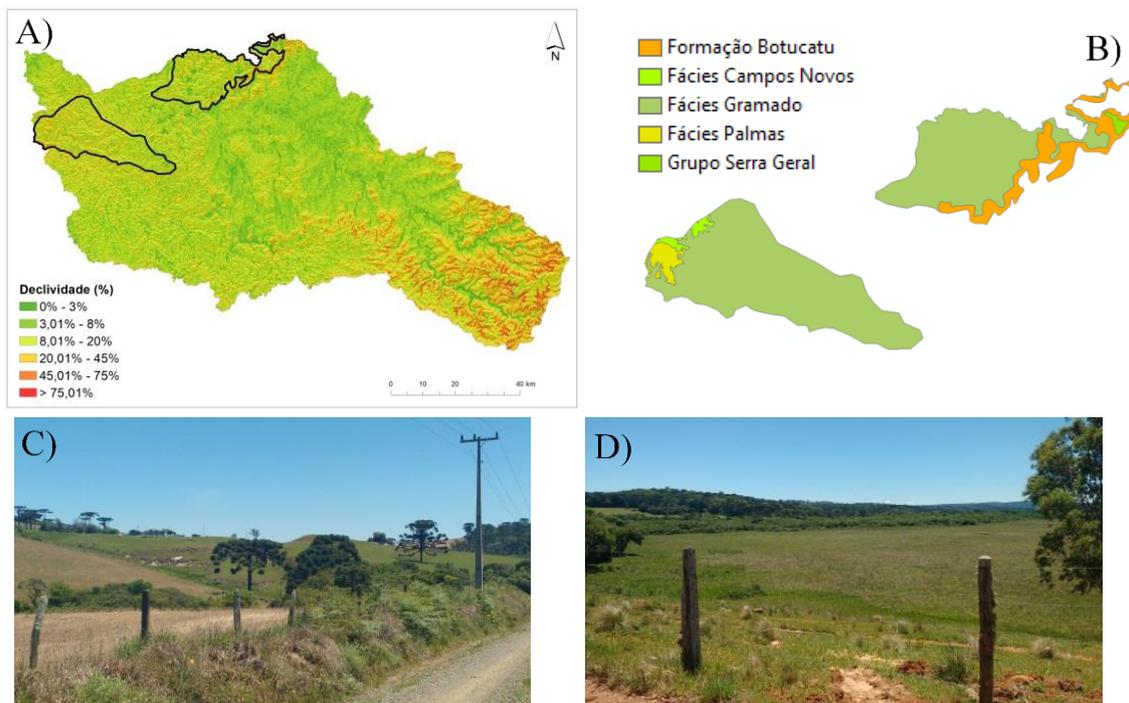
Correspondente à Formação Gramado (basaltos, e basaltos intertrápicos melanocráticos cinza com horizontes vesiculares espessos e abundantes onde predominam zeolitas), a qual ocupa cerca de 90% do padrão, estão as declividades (Figura 19 – A) predominantes entre 8 e 20%, sendo esta a área com boa capacidade agrícola do Alto e Médio Rio Canoas. A média altimétrica fica em torno de 900m, e a maior altitude é de 1430 no centro-sul, nas cabeceiras da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Caveiras, importante tributário do Rio Canoas. Nesta região está uma zona de transição do padrão de formas de interflúvios médios para interflúvios estreitos. Nas áreas onde afloram a Formação Botucatu, também há incidência de basaltos intertrápicos, do Grupo Serra Geral e basaltos aflorantes, caracterizados por morros de topos convexos, vertentes no segmento retilíneo-côncavo, como o Morro do Triunfo e o Morro da Cruz, no Município de Lages. As figuras 19 C e D são uma representação das formas predominantes deste padrão colinas, com interflúvios médios, onde a vegetação natural de Floresta Ombrófila Mista ainda se encontra preservada nas vertentes côncavas, e o uso para cultivo agrícola, nas vertentes convexas e retilíneas, ainda encontra condições morfométricas para mecanização. Os solos predominantes são os Cambissolos Háplico e Húmico, Neossolos litólicos nas maiores altitudes, e Nitossolos no Sul do padrão de forma, vinculado a rochas básicas.

4.4.3.4 Padrão de Morros e Colinas com Interflúvios Médios e Terraços Fluviais

O padrão de forma de morros e colinas com interflúvios médios e terraços fluviais situa-se no noroeste da área de estudo, dividido em duas porções, uma mais a norte e uma mais a sul, como indicado na figura 20 (A). O substrato litológico (Figura 20 – B), assim como o padrão anterior, é composto por rochas sedimentares da formação Botucatu, na área de transição para o padrão de forma de escarpa. Nesta região estão as maiores altitudes, com aproximadamente 1300m. Também nesta área encontram-se afloramentos de arenitos intertrápicos, nas rochas da Formação Serra Geral. Predominantemente o padrão é composto por rochas magmáticas Fácies Gramado, e o solo é o Cambissolo Háplico, com porções de Latossolo Bruno, na porção norte do padrão. Os Terraços fluviais (Figura 20 – D) têm pouca representatividade neste padrão, indicando áreas de antigas planícies fluviais, que foram abandonadas e encontra-se um pouco mais elevado que o Rio Cachorros (tributário do Rio Canoas). As declividades destas áreas de terraço ficam entre 0 – 3%, e o solo é Gleissolo Háplico.

Figura 20: A) Declividade com destaque para o padrão em forma de morros e colinas com interflúvios médios e terraços fluviais; B) Geologia do padrão de forma; C)

Morfologia do Padrão de forma apresentando colinas com interflúvios médios; D)
Terraço Fluvial próximo ao curso do Rio Cachorros



Fonte: Produzido pela autora.

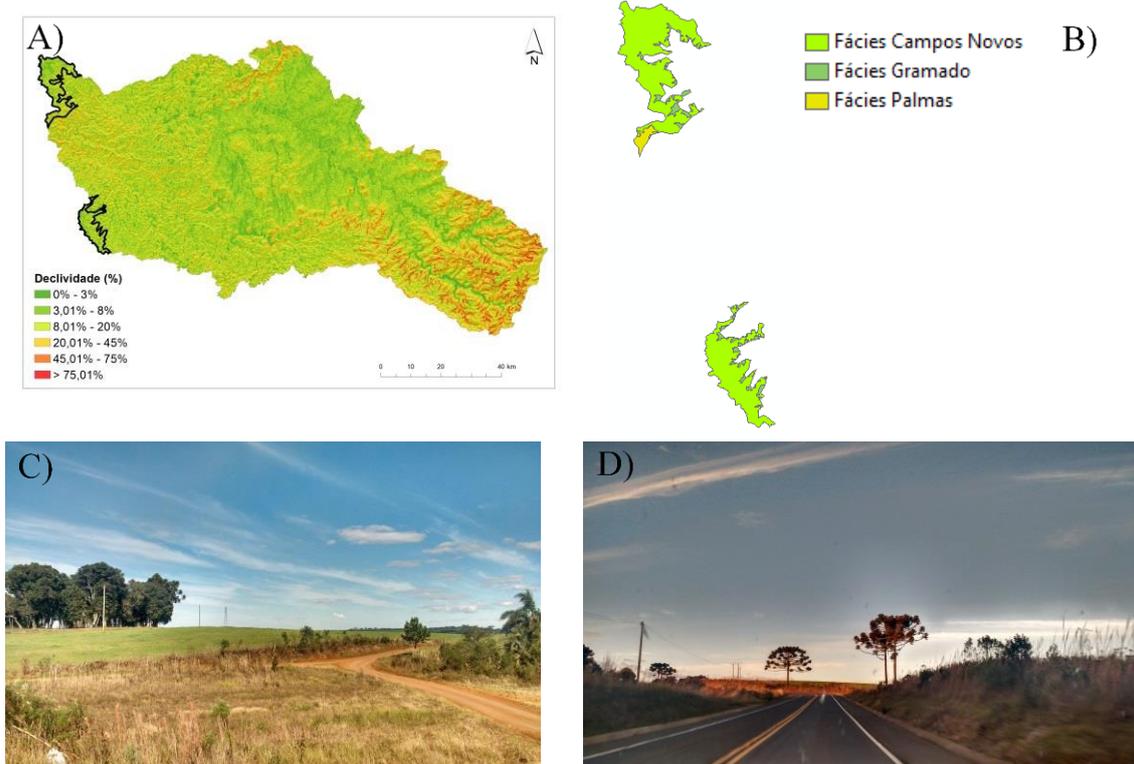
A altitude varia entre 679m e 1290m, sendo as menores altitudes vinculadas a porção sul do padrão, onde o Rio Caveiras deságua no Rio Canoas, e as declividades (Figura 20 – A) predominantes ficam entre 8 e 20%. Neste padrão os topos são planos e convexos e predominantemente as vertentes são retilíneas e côncavas na base. A região apresenta potencial para expansão da agricultura em função dos solos e das características morfométricas. A vegetação predominantemente é o campo subtropical, com bosques de araucária.

4.4.3.5 Padrão de Colinas com Interflúvios Amplos

Este padrão de forma também apresenta o relevo embasado nas litologias da Formação Serra Geral, onde predominantemente afloram rochas Fácies Campos Novos, rochas de composição básica, representadas por basaltos. Os solos neste padrão são Latossolo Bruno e Nitossolo Háplico, sendo os mais desenvolvidos de toda a área de estudo. Embora este padrão seja o menor em área dentro do Alto e Médio Rio Canoas, algumas características morfológicas, como as declividades inferiores a 8%, tornam esta área com maior capacidade agrícola na região, sendo grande produtora de grãos. A vegetação é composta por floresta-campo subtropical e campo subtropical. As figuras 21

C e D demonstram o padrão morfológico das colinas, com topos planos alongados e vertentes de segmento retilíneo-côncavo. As altitudes estão em torno de 1000m.

Figura 21: A) Declividade com destaque para o padrão em forma de colinas com interflúvios amplos; B) Geologia do padrão de forma; C) Morfologia do Padrão de forma apresentando colinas com interflúvios amplos; D) Padrão de forma de colinas com interflúvios amplos



Fonte: Produzido pela autora.

4.5 Considerações finais

O mapa geomorfológico do Alto e Médio Trecho da Bacia Hidrografia do Rio Canoas permitiu contextualizar esta área no quadro geológico e geomorfológico da região. E de encontro à proposta de Tricart, foi possível através deste mapa, obter características morfológicas, litológicas e morfocronológicas em um documento síntese. Analisar dos padrões de relevo dentro da escala taxonômica de Ross também permitiu vincular as formas de relevo atuais ao controle litoestrutural, buscando a compreensão dos processos evolutivos de cada padrão de forma. Segundo Moura e Dias (2012), “um estudo geomorfológico preocupado com os processos passados e presentes na constituição do relevo, caracteriza o funcionamento das diferentes paisagens e torna

possível compreender o funcionamento dos processos e prognosticar vários aspectos do seu comportamento.”.

A compreensão do arcabouço geológico da região relacionando com os aspectos morfoesculturais do relevo permitiu remontar processos pretéritos, que construíram as formas de relevo hoje presentes. Esse conhecimento dentro do contexto ambiental permite visualizar um conjunto de fatos integrantes da paisagem, e possibilita a realização de análises para avaliar diferentes graus de interferência e de inter-relações das variáveis, que caracterizam um quadro ambiental. Esse mapeamento serve de base para investigações posteriores, como analisar graus de fragilidade ambiental na região, contribuindo para a gestão e preservação do território.

**CAPÍTULO V – CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA DOS
MUNICÍPIOS DO ALTO E MÉDIO RIO CANOAS/SC**

5. CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA DOS MUNICÍPIOS DO ALTO E MÉDIO RIO CANOAS/SC

5.1 Caracterização territorial e populacional do Alto e Médio Rio Canoas/SC

A região estudada insere-se no Planalto Catarinense, que tem como principal centro urbano o Município de Lages, o qual foi palco de transformações territoriais, socioeconômicas e populacionais ao longo do tempo, influenciando toda a região. Segundo Costa (1982, v. I) e Binatti (2003), Lages teve sua fundação planejada com objetivos claros: colocar em posição estratégica um povoado que, além de mostrar que havia ocupação portuguesa, iria constituir-se em local de resistência à invasão castelhana no território. Portanto, sua fundação obedeceu a razões militares. No século XVIII, todas as rotas de integração comercial da região sul passavam por Lages. Em 1705 os Jesuítas Guaranis passaram com aproximadamente 400.000 cabeças de gado pela região (Derengoski, 2003). Entre 1728 e 1730, para facilitar a circulação das mercadorias, abriu-se a estrada dos conventos (Estrada Real), que ligava a localidade de Conventos (hoje município de Araranguá) à Região Serrana (Costa, 1982, v. I). A abundância de campos nativos possibilitou que, aos poucos, Lages e seu entorno se transformassem também em um centro de produção pecuária (Cazella e Búrigo, 2008). Às margens do Rio Caraá, como se escrevia primitivamente o nome, em 1768 foi constituída a freguesia, que hoje chama-se Lages (Arruda, 1960). Em 1820, a Vila de Lages foi anexada à Capitania de Santa Catarina, deixando de pertencer à Capitania de São Paulo.

De acordo com Munarin, (1998), Lages e região possuem três momentos históricos: antes de 1940, entre os anos de 1940 e 1960 e, depois de 1960. De acordo com o autor, no primeiro momento, antes da década de 1940, Lages é considerada insular, pela falta de comunicação com outros locais, pouca cultura e política coronelista. A economia baseava-se na pecuária extensiva. Não haviam políticas públicas que apoiassem a instalação de empresas na região. No segundo momento ocorreu a “euforia desenvolvimentista”, onde prevaleceu o ciclo da madeira, ficando Lages conhecida como a Princesa da Serra, por ter a maior arrecadação de tributos do estado. Neste período a região integrou-se à economia nacional, que estava baseada no Estado Intervencionista (Benetti, 2006). Essa filosofia baseava-se na formação de regiões ilhas, que tinham autonomia em relação às demais regiões do país, e também na criação de regiões integradas, onde cada região ficaria responsável por fornecer certo tipo de recurso para o desenvolvimento nacional. A região de Lages, portanto, ficou responsável pelo

fornecimento de madeira bruta. Segundo Siega (2003), na época áurea da madeira, com aproximadamente 300 indústrias madeireiras entre 1930-1960, Lages ajudou a desenvolver outros municípios do estado, como Joinville, Criciúma e Blumenau. Também devido à grande exploração da madeira, vieram para o Brasil grandes empresas multinacionais, o Grupo Scania, por exemplo, instalou-se no Brasil para fazer o transporte da madeira de Lages a Brasília.

O terceiro e atual momento começa a ser vivenciado após o esgotamento da madeira. Neste período de escassez, a região começa a viver nova febre regionalista e a construir novos parâmetros de identidade. Para Munarin (1998), esta fase caracteriza -se pela “passagem de um ciclo que se esgotara – a extração do pinheiro nativo – para um ciclo que ainda não se iniciara”. Também é verificada nesta época a evasão dos madeireiros para outras regiões do país, levando os lucros para outros centros urbanos, promovendo uma verdadeira sangria de riquezas locais.

Segundo Peixer (1996), os dois últimos períodos, trouxeram profundas modificações no estilo de vida, no cotidiano local e no crescimento populacional na área urbana. O sonho da riqueza inesgotável termina e ocorre um desnordeio econômico, pois houve falta de uma perspectiva ou de um eixo condutor do desenvolvimento. É provocado na população um clima de insegurança, fazendo com que algumas pessoas deixassem a região a caminho, por exemplo, de Caxias do Sul/RS e Itaipú/PR (Munarin, 1998).

Entre os anos de 1973 e 1983 foi estimulada, pelos prefeitos Juarez Furtado e Dirceu Carneiro, a remodelação de Lages nos aspectos da organização social e da ação cooperativa, verificadas na implantação de espaços de circulação pública e criação do Distrito Industrial, bem como do desenvolvimento de uma agricultura mais produtiva e da exploração da agroindústria. Nesse momento, a nova identidade é influenciada pelo Mercosul, pela globalização de mercado e pela cultura neoliberal (Munarin, 1998).

O Planalto Catarinense na atualidade guarda a herança histórica da exploração madeireira e da produção pecuária, baseada no sistema de criação extensiva e de baixa produtividade, embora novas atividades tenham sido implantadas, a exemplo da horticultura e da fruticultura de clima temperado em São Joaquim e municípios do seu entorno; a bovinocultura de leite e os cultivos de alho, milho e soja nas microrregiões de Curitibanos e de Campos Novos. A região é a principal produtora de alho do estado e a segunda maior de maçã, com destaque também no cultivo de batata-semente (IBGE, 2017). Segundo Cazella e Búrigo (2008), apesar desses avanços, a zona do Planalto Catarinense tem ainda uma baixa participação na formação bruta da produção

agropecuária estadual. A crise da indústria madeireira de base extrativista e de seus derivados nas décadas de 1970 e 1980 forjou o surgimento dos ramos de papel e de celulose, que se constituem num dos segmentos industriais mais competitivos do estado. Essas duas atividades são responsáveis pela maior parte da renda industrial da região. Verifica-se também que os programas de reflorestamento com pinus, implementados pelas principais empresas nas últimas décadas, ampliaram consideravelmente a oferta de matéria prima. O incremento não atendeu somente as demandas das indústrias de papel e celulose, mas cobriu também as necessidades do ramo moveleiro, que se expande na região e no planalto norte do estado. Essas atividades industriais apresentam uma nítida concentração nos municípios de Lages, Otacílio Costa, Curitibanos e Campos Novos.

Mesmo que exista um certo dinamismo nessas quatro “cidades-pólo” percebe-se um baixo aproveitamento da mão-de-obra liberada da agricultura. Isso leva a um processo migratório contínuo para Lages e em direção ao litoral e planalto norte do estado, determinando uma característica regional marcante: perda significativa da população rural dos pequenos municípios e baixa taxa de absorção pelos empreendimentos urbanos. Por causa disso, vários municípios apresentam, ao mesmo tempo, taxas de crescimento populacional negativa e os maiores índices de pobreza do estado (Cazella e Búrigo, 2008).

Como a região do Alto e Médio Rio Canoas é predominantemente rural, optou-se por caracterizar as questões populacionais e socioambientais de forma integrada, traduzindo a realidade desta região, que abrange dezesseis municípios. Considerou-se importante para esta análise dados como variação populacional ao longo do tempo, usando como base o Censo do IBGE dos anos de 1991, 2000 e 2010, assim como o PIB e IDH. Para compreender os usos e a dinâmica territorial também se buscou dados atualizados do Censo Agropecuário do IBGE, do ano base de 2017. Estes dados, junto com os mapas de uso e ocupação, auxiliam na discussão sobre a atual configuração socioeconômica da região.

De acordo com Megiato (2011):

A fragilidade dos ambientes pode ser intensificada pelos processos de ocupação e uso do solo, por isso é importante o conhecimento das características sociais da área de estudo, pois algumas dessas atividades socioeconômicas exercidas pelos atores sociais, podem ser responsáveis por um grau maior de fragilidade na área da bacia hidrográfica (Megiato, 2011, pág. 105).

Os municípios aqui analisados são os que possuem toda sua área territorial ou porções dentro da área de estudo, sendo: Bocaina do Sul, Bom Retiro, Brunópolis, Campo Belo do Sul, Capão Alto, Correia Pinto, Curitibanos, Lages, Otacílio Costa, Paineira, Palmeira, Ponte Alta, Rio Rufino, São José do Cerrito, Urubici e Vargem.

Como já mencionado, toda esta região possui características rurais, onde os municípios possuem uma grande extensão territorial e baixo índice populacional, resultando em baixa densidade demográfica. De acordo com o Censo de 1991, o total da população nesta região era de 264.051 habitantes (hab), sendo 223.595 hab. de população urbana e 40.456 hab. de população rural. Já no ano de 2000 de acordo com os dados do Censo há um aumento populacional para 325.938 hab. na região, com destaque para a população rural, que aumenta para 61.010 hab., e a população urbana apesar de não oscilar muito, cresce para 264.928 hab. Os dados mais recentes da população da região, ano de referência 2010, demonstram uma leve oscilação na população total, que cresceu para 329.650 hab., sendo a população urbana de 278.526 hab., no entanto, a população rural teve decréscimo de quase dez mil habitantes, passando para 51.034 hab. A tabela 19 traz os dados referentes ao Censo Demográfico do ano de 2010 para os municípios da região.

Tabela 19: Dados populacionais dos municípios da área de estudo

Censo Demográfico 2010							
Municípios	População total (hab)	Rural (hab)	%	Urbana (hab)	%	Área (km²)	Densidade Demográfica (hab/km²)
Bocaina do Sul	3.290	2.323	71	967	29	513	6,41
Bom Retiro	8.942	2.525	29	6.417	71	1055,5	8,47
Brunópolis	2.850	2.145	76	705	24	335,5	8,49
Campo Belo do Sul	7.483	3.077	42	4.406	58	1027,4	7,28
Capão Alto	2.753	1.791	66	962	34	1335,3	2,06
Correia Pinto	14.785	2.763	19	12.022	81	651,6	22,69
Curitibanos	37.748	2.979	8	34.769	92	952,3	39,64
Lages	156.727	2.790	2	153.937	98	2629,8	59,60
Otacílio Costa	16.337	1.356	9	14.981	91	846,6	19,30
Painel	2.353	1.408	60	945	40	739,8	3,18
Palmeira	2.373	1.448	62	925	38	292,2	8,12
Ponte Alta	4.894	1.316	27	3.578	73	566,8	8,64
Rio Rufino	2.436	1.748	72	688	28	282,6	8,62
São José do Cerrito	9.273	6.781	74	2.492	26	946,2	9,80
Urubici	10.699	3.633	34	7.066	66	1019,2	10,50
Vargem	2.808	1.912	69	896	31	350,1	8,02

Fonte: Organizado pela autora a partir de IBGE – Censo Demográfico 2010.

A partir da tabela 19, observa-se a concentração da população vinculada às cidades-polo, como Lages, onde a densidade demográfica é de 59,6 hab/km², Curitibanos com 39,6 hab/km², Correia Pinto com 22,6 hab/km², Otacílio Costa com 19,3 hab/km² e Campos Novos com 19,0 hab/km². Todos estes municípios estão localizados no centro-oeste da área de estudo.

Apesar desta área ser caracteristicamente rural, identificar as regiões onde a população se concentra permite analisar as influências da população na dinâmica natural do ambiente, assim como também as consequências de possíveis processos relacionados aos graus de fragilidade ambiental, pois são nestas áreas que se localizam as principais atividades agroindustriais da região, sustentadas pelo aparato de equipamentos urbanos. Também cabe ressaltar que Lages, desde sua fundação até os dias atuais é o principal município da região, concentrando o principal núcleo urbano, contando com serviços, universidades e indústrias, atraindo mão de obra e estudantes das áreas rurais e urbanas dos municípios de seu entorno.

5.2 Caracterização socioeconômica do Alto e Médio Rio Canoas

Buscando caracterizar as principais atividades socioeconômicas da região serão apresentados dados estatísticos de cada município da área de estudo, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para compreensão das atividades socioeconômicas no âmbito da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas (Alto e Médio), foi preciso interpretar dados como Produto Interno Bruto (PIB) *per capita*, que considera a dimensão econômica do desenvolvimento e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), que mede em longo prazo, quatro dimensões básicas do desenvolvimento humano: renda, educação, saneamento e saúde. Como o presente estudo busca realizar uma análise temporal da região, trabalhou-se com dados de IDH disponibilizados pelos Censos dos anos de 1991 (o mais próximo do ano de 1987) e do Censo de 2010 (o mais recente). Os dados do PIB foram dos anos de 1999 e 2015, também disponibilizados pelo IBGE. Já para caracterizar as principais atividades econômicas, buscou-se os dados atualizados do censo agropecuário IBGE (ano de referência de 2017).

Os municípios que compõem a área de estudo são predominantemente rurais, desta forma é o setor primário que possui destaque na economia da região. Na tabela 20 estão as principais atividades agrícolas da bacia hidrográfica, com destaque para a produção de abóbora (18.004 t), cebola (20.940 t), feijão (16.983 t), maçã (41.428 t), milho (169.999 t) e soja (233.534 t).

Tabela 20: Produção em toneladas (t) de produtos agrícolas do Alto e Médio Rio Canoas

Produto	Produção (t)
Abóbora	18.004,170
Aipim	46,33
Alho	4.212
Ameixa	711
Amendoim	0,409
Arroz	34,76
Aveia	2.472,6
Batata Inglesa	1.814
Caqui	27
Cebola	20.940
Ervilha	1
Feijão	16.983
Fumo	1.724
Maçã	41.428,8
Melancia	2.193,218
Melão	3
Milho	169.999,552
Milho Forrageiro	62.664
Pêra	607
Pêssego	57
Soja	233.534,841
Tomate	291,36
Trigo	828,760
Uva	702,175

Fonte: Censo Agropecuário IBGE (Ano de referência 2017).

Percebe-se uma grande produção de grãos na região segundo o Censo Agropecuário do ano referência de 2017 (IBGE). Na pecuária também há criação de bovinos, caprinos, equinos, galináceos, ovinos, patos, perus e suínos, com destaque para os galináceos com cerca de 4.156.580 cabeças, para os suínos com cerca de 69.180 cabeças e bovinos com cerca de 383.900 cabeças. Outra base importante na composição

econômica da região é a silvicultura (Florestas Plantadas), que segundo o censo agropecuário no ano de 2017, ocupava cerca de 170 mil hectares na região.

Na produção de grãos (Anexo 1), dos dezesseis municípios da área de estudo destacam-se na produção de feijão os municípios de Campo Belo do Sul, Curitibaanos, Lages, São José do Cerrito, ultrapassando juntos 12 mil toneladas. Os municípios de Brunópolis (15.523 t), Campo Belo do Sul (20.179 t), Curitibaanos (23.122), Otacílio Costa (15.397 t) e São Jose do Cerrito (21. 006 t) são os maiores produtores de milho. Com relação ao milho forrageiro os municípios de Bocaina do Sul (4.003 t), Capão Alto (7.996 t), Lages (8.420 t), Urubici (11.389 t) e São José do Cerrito (4.861 t) se destacam. A produção de soja se distribui principalmente nos municípios de Bom Retiro (18.576 t), Brunópolis (31.949 t), Campo Belo do Sul (26.162 t), Capão Alto (11.882 t), Curitibaanos (52.787 t), Lages (24.656 t), Otacílio Costa (18.469 t), São José do Cerrito (18.761 t), Vargem (10.792 t).

Ainda no anexo 1 está exposta a produção pecuária por município, em que o Município de Lages tem destaque na produção de bovinos, equinos, galináceos, ovinos, patos e perus, segundo o censo agropecuário 2017. São José do Cerrito na produção de caprinos, e Curitibaanos na produção de suínos.

Analisando os dados da tabela 20 e do anexo 1 pode-se observar que os principais cultivos agrícolas e a pecuária situam-se principalmente no planalto meridional no centro oeste da área de estudo, onde as condições do relevo, como declividades moderadas a suaves e os tipos de solos como Latossolos, Nitossolos e Cambissolos viabilizam a produção intensiva nesta região. Esses produtos destacados como produção de grãos são caracterizados por uma lavoura intensiva, com a utilização de agrotóxicos e maquinários, que podem ser responsáveis por impactar os solos e poluir ambientes, como os cursos d'água.

Outros dados estatísticos importantes para a caracterização socioeconômica dos municípios são o PIB *per capita* e o IDH (Tabela 21). De acordo com os dados do IBGE (2015), o maior PIB *per capita* é do Município de Vargem, equivalente à R\$ 42.108,71, enquanto o menor é observado no Município de Rio Rufino, com R\$ 16.635,55. Comparando com o ano de 1999, houve aumento de 1040 % no PIB de Vargem e de 348 % no PIB de Rio Rufino. No ano de 1999 os municípios com maior PIB *per capita* eram Otacílio Costa com R\$ 11.269 e Correia Pinto com R\$ 10.525.

Tabela 21: Série histórica do IDH e PIB dos municípios do Alto e Médio Rio Canoas

Municípios	IDH 1991	IDH 2010	PIB 1999 (per capita – R\$)	PIB 2015 (per capita – R\$)
Bocaina do Sul	0.388	0.647	7.627	18.816,03
Bom Retiro	0.450	0.699	5.031	24.154,69
Brunópolis	0.379	0.661	4.467	24.236,89
Campo Belo do Sul	0.344	0.641	3.593	22.961,84
Capão Alto	0.321	0.654	5.131	31.020,80
Correia Pinto	0.475	0.702	10.525	38.350,58
Curitibanos	0.514	0.721	4.333	27.476,23
Lages	0.551	0.770	4.528	30.172,82
Otacílio Costa	0.510	0.740	11.269	34.766,60
Painel	0.425	0.664	5.918	18.556,49
Palmeira	0.361	0.671	7.233	37.878,16
Ponte Alta	0.418	0.673	4.467	20.213,22
Rio Rufino	0.333	0.653	3.709	16.635,55
São José do Cerrito	0.355	0.636	3.316	22.455,31
Urubici	0.488	0.694	3.601	19.627,91
Vargem	0.288	0.629	3.692	42.108,71

Fonte: Organizado pela autora a partir de SUFRAMA (1999; 2015) e IBGE Censo 1999 e 2010.

Na tabela 21 também é possível analisar o Índice de Desenvolvimento Humano dos municípios, de acordo com dados do IBGE de 1991 e 2010. O IDH é medido de 0 (baixo) a 1 (alto). No início dos anos 1990, os municípios da região se enquadram entre baixo a médio grau de desenvolvimento humano, com índices que chegam no máximo de 0.551 em Lages e o mais baixo de 0.288 no Município de Vargem. Já em 2010 esses valores aumentam, com todos os municípios apresentando índices acima de 0.6, destacando-se Lages, Otacílio Costa, Curitibanos e Correia Pinto com valores acima de 0.7. Já os municípios de menor índice em 2010 são Vargem com 0.629 e Bocaina do Sul com 0.647. O que pode ser verificado é que o IDH cresceu consideravelmente ao longo do tempo, acompanhando o PIB, com todos os municípios agora figurando na categoria média de desenvolvimento, mas ainda Lages se mantendo como expoente na região.

**CAPÍTULO VI – ANÁLISE TEMPORAL DA MUDANÇA DE USO E
OCUPAÇÃO DO SOLO DO ALTO E MÉDIO RIO CANOAS/SC**

6. ANÁLISE TEMPORAL DA MUDANÇA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DO ALTO E MÉDIO RIO CANOAS/SC

6.1 Introdução

A tecnologia de sensoriamento remoto apresenta um grande potencial para ser utilizada na agricultura. Através desta técnica é possível obter informações sobre: estimativa de área plantada, produção agrícola, vigor vegetativo das culturas, além de fornecer subsídios para o manejo agrícola em nível de país, estado, município ou ainda em nível de micro bacia hidrográfica ou fazenda (RUDORF e MOREIRA, 2002).

O conhecimento do uso e cobertura do solo permite que medidas que garantam a preservação e manutenção do meio ambiente e a gestão do espaço sejam adequadas à realidade, já que por meio destes fatores é possível acompanhar os prováveis impactos ambientais e o desenvolvimento socioeconômico de um local em escalas municipais à global (MONTEBELO *et al.*, 2005). O uso intensivo do solo para produção de alimentos para o sustento do homem, quase sempre foi de forma desorientada e sem planejamento. Como consequência, surge a preocupação com o empobrecimento do solo por erosão hídrica, assoreamento de cursos d'água e desertificação.

Trabalhos como de Morton *et al.* (2006) trazem que a expansão das áreas agrícolas é uma causa importante de desmatamento e que as transformações devem ser monitoradas com a finalidade de traçar projeções futuras de usos, e conseqüentemente, minimizar os impactos frente a mudanças ambientais como, por exemplo, alterações ou reduções de regimes pluviométricos, mudanças de temperaturas, aumento da fragilidade do solo, bem como mudanças sociais como aumento da urbanização, impermeabilização do solo.

No intuito de corrigir e proteger o solo, por ser um recurso limitado, pensa-se em maneiras de compreender a dinâmica de uso e ocupação do mesmo de modo a subsidiar um planejamento sustentável. Segundo Rosa (1993), realizar o levantamento do uso e ocupação do solo é um dos objetivos do programa de sensoriamento remoto orbital. Os sensores orbitais são ferramentas poderosas, que permitem a aquisição de dados de forma global, confiável, rápida e repetitiva da área de interesse. Para Rodrigues (2000), a análise do uso e cobertura do solo, através de informações obtidas pelo sensoriamento remoto, é de grande utilidade ao planejamento e administração da ocupação ordenada e racional do meio físico, além de possibilitar avaliar e monitorar a preservação de áreas de vegetação natural.

Observar a condição atual e a detecção de mudanças da paisagem é um importante pré-requisito para compreender os processos que estão ocorrendo e para o prognóstico de tendências futuras (LANG e BLASHKE, 2009). Neste estudo, ficou evidenciada a importância do uso de dados multiespectrais e temporais para atualização dos mapas existentes de cobertura vegetal e de uso da terra. As imagens multiespectrais Landsat, com resolução espacial de 30m também auxiliam no monitoramento da vegetação, através de dados multiespectrais e temporais (Rodrigues, 2000). Autores que se destacam na linha de análise espacial são Shimabukuro *et al.* (1997), sobre a cobertura vegetal do Estado de São Paulo; Rodrigues Yi (1997) no mapeamento e monitoramento da vegetação no Estado do Mato Grosso; Ferreira *et al.* (2005), com análise comparativa de uso do solo; Gomes *et al.* (2007) sobre variabilidade espacial de atributos físicos do solo; Vanzela *et al.* (2010), com trabalhos sobre a influência dos usos e ocupação nos recursos hídricos; Coelho *et al.* (2014), Souza *et al.* (2018) e Berlanda *et al.* (2018), sobre a dinâmica de uso; Santos *et al.* (2017), sobre a fragmentação florestal; Santos *et al.* (2018) e Pertille *et al.* (2018), sobre classificação Maxver para uso e ocupação; e Ladwig *et al.* (2018), com análise da evolução da paisagem com imagens de satélite.

No cenário ambiental, a análise temporal de uso do solo justifica-se especialmente pela necessidade da identificação de fontes ou potenciais fontes de alterações do ambiente. Estes dados são de suma importância no planejamento ambiental de uma bacia hidrográfica.

6.2 Materias e Métodos

Localizada no centro sul do Estado de Santa Catarina a região do Alto e Médio Rio Canoas é coberta por duas cenas (órbita/ponto) 221/79 220/79 do satélite Landsat. Foram utilizadas imagens orbitais multiespectrais da série Landsat 5 sensor TM e Landsat 8 sensor OLI todas com resolução espacial de 30 metros, disponibilizadas na base de dados do USGS (*United States Geological Survey*) no sistema de coordenada UTM e datum WGS-84. As datas foram selecionadas tendo como critério o mínimo de cobertura de nuvens, a fim de viabilizar a classificação de uso com o menor erro possível. Foram selecionadas para o ano de 1987 as imagens 221/79 (20/06/1987) 220/79 (15/07/1987) e para o ano de 2016 as imagens 220/79 (12/06/2016) 221/70 (02/05/2016).

O uso do solo vem ao longo do tempo transformando esta região antes conhecida como Planalto das Araucárias. Em função da intensa atividade madeireira, hoje, a paisagem

é composta predominantemente por campos e solos exposto em áreas de relevo ondulados e suave ondulado.

A seleção das classes a serem amostradas nos anos de 1987 e 2016, ocorreu com base em Anderson *et al.* (1976) e em trabalhos de campo desenvolvidos na região de estudo, estabelecendo sete classes (Tabela 22): nuvens, sombra, mata nativa, agricultura, campos, água e silvicultura.

Tabela 22: Chave de interpretação para o mapa de uso do solo

Classes	Descrição
Água	Corpos d'água (rios, lagos, represas)
Campos	Áreas vegetais nativas que compreendem cobertura de gramíneas com a presença ou não de arbustos.
Agricultura	Campos de cultivo, pastagens, e campos nus.
Silvicultura	Áreas plantadas, comuns em talhões grandes com textura lisa e forma regular.
Mata Nativa	Área de vegetação no entorno de cursos d'água e esparsas, com textura rugosa e forma irregular.

Fonte: Adaptado de: Anderson *et al.* (1979).

Nuvens e sombra não se enquadram como classificação de uso do solo, no entanto, amostras foram coletadas durante a classificação supervisionada visando separar interferências que mascaram o uso da região.

A classificação supervisionada é implementada com base no conhecimento do usuário da área, que, *a priori*, seleciona as classes de interesse e fornece ao programa os padrões espectrais típicos destas classes. O método de classificação denominado de Máxima Verossimilhança (MAXVER), que classifica por pixel, é uma técnica que considera a ponderação das distâncias entre as médias dos níveis de cinza das classes, utilizando parâmetros estatísticos, e tem sido utilizado por equipes de instituições como o IBGE e o INPE (IBGE, 2013).

As amostras de treinamento do classificador foram coletadas em imagens com composição colorida R4G5B3, dos anos de 1987 e 2016 destacando, desta forma, a vegetação e suas nuances, com o infravermelho próximo. De posse da classificação, para averiguar a acurácia dos dois mapas de uso de solo, foi utilizada a exatidão global (EG) e índice Kappa, na tabela 23, a seguir, estão expostos os valores de referência para os índices.

Tabela 23: Concordância do Índice Kappa

Índice Kappa	Concordância
< 0	Sem concordância
0.00 a 0.19	Pobre
0.20 a 0.39	Fraca
0.40 a 0.59	Moderada
0.60 a 0.79	Forte
0.80 a 1.00	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977)

6.3 Análise do Mapeamento de Uso e Ocupação do Solo de 1987 e 2016

As classificações foram validadas por meio de análises visuais, parâmetros Exatidão Global (EG) e índice Kappa (Tabela 15). Os valores da EG ficaram acima de 80%, conforme sugerido por Esri (1994). Os valores do índice Kappa foram acima de 0,80, considerados excelentes segundo Landis & Kock (1977). Os mapas de uso e ocupação gerados para os anos de 1987 e 2016 são fundamentais para a avaliação da variabilidade da fragilidade ambiental proposta nesta tese, pois apontam áreas que são usadas mais intensamente, assim como também áreas preservadas pela cobertura vegetal natural. Ao comparar o resultado da classificação dos dois anos (Tabela 24) é possível de antemão observar que as classes predominantes no ano de 1987 são as áreas de mata nativa e campo, seguidos pela agricultura e silvicultura. Já no ano de 2016, observa-se um aumento de 5% nas áreas voltadas para uso agrícola, e de 8% no uso de florestas plantadas (silvicultura), e um decréscimo de 5% nas áreas de mata nativa e 10% nas áreas de campo.

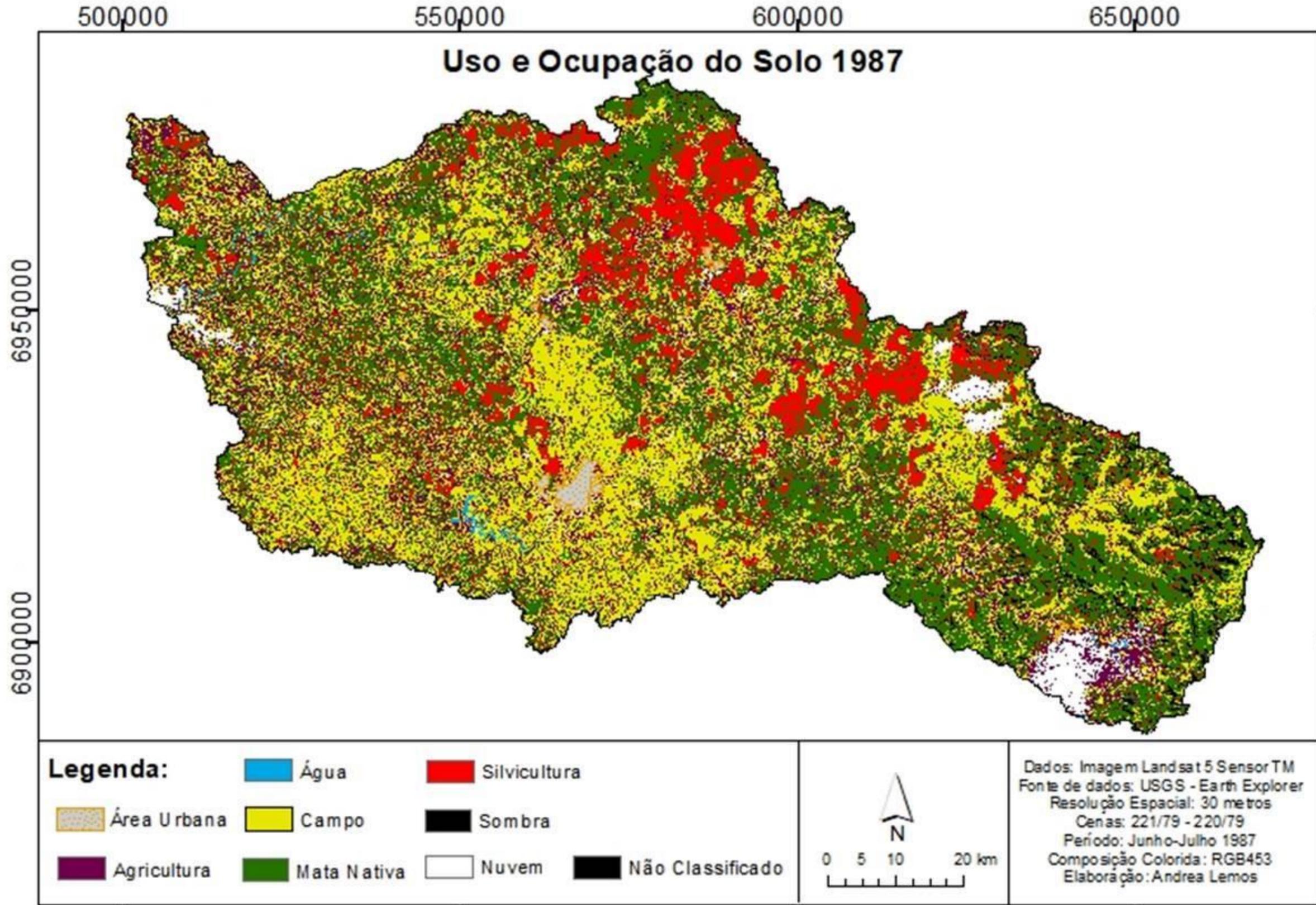
Tabela 24: Distribuição das classes de uso e ocupação nos anos de 1987 e 2016

Classe	Ano de 1987		Ano de 2016	
	Área km²	Área %	Área km²	Área %
Agricultura	1300	15	1748	20
Água	39,3	0	109	1
Campo	2943,4	33	2052	23
Mata Nativa	3182,9	36	2742	31
Nuvem	284,5	3	190	2
Silvicultura	1019,8	11	1659	19
Sombra	157,7	2	427	5
Total	8927,6	100	8927	100

Fonte: Produzida pela autora.

Na sequência, no mapa 20, será apresentada a classificação de uso e ocupação para o ano de 1987 seguido pela descrição e espacialização das classes mapeadas.

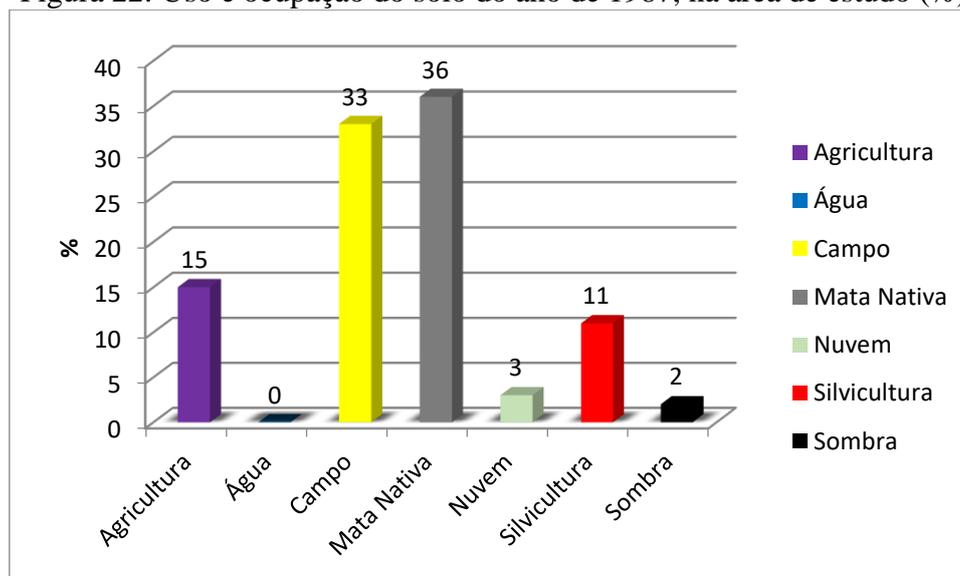
Mapa 20: Uso e ocupação do solo 1987



Fonte: Produzido pela autora.

De acordo com a figura 22, as classes mais representativas no ano de 1987 são as classes de mata nativa 36% e de campos 33%. Os campos estão representados no mapa 20, na cor amarela, esta classe distribui-se por toda a área de estudo, em especial na morfoescultura do planalto meridional, onde, além dos campos naturais, há pastagens naturais e plantadas para a atividade pecuária.

Figura 22: Uso e ocupação do solo do ano de 1987, na área de estudo (%)



Fonte: Produzido pela autora.

A mata nativa (cor verde) encontra-se preservada, principalmente nos padrões de forma de relevo de escarpa e interflúvios estreitos, onde há as maiores declividades. As áreas em vermelho representam a classe de silvicultura. Neste ano, nitidamente, concentrada nas regiões centro-norte da área de estudo, abrangendo a morfoestrutura da Depressão Periférica, composta por rochas sedimentares e solos rasos como Cambissolos, destacam-se nesta região os municípios de Correia Pinto, Palmeira, Otacílio Costa, Ponte Alta e Bocaina do Sul. A agricultura, na cor magenta, é composta basicamente de pequenos produtores e por isso se apresenta bastante fragmentada no espaço, principalmente nas áreas do centro para o oeste. É importante relacionar que os usos agrícolas se situam principalmente nesta área, devido a fatores condicionantes à aptidão agrícola, como declividades moderadas entre 0 e 20%, solos como Nitossolos e Latossolos e chuvas regulares ao longo do ano.

A classificação supervisionada se mostrou eficaz na identificação das classes de uso de acordo com as amostras de treinamento, onde a Exatidão Global ficou com 88,92% e o índice Kappa com 0,8545 ambos classificados como excelentes. Analisando a matriz

de confusão é possível justificar erros de classificação pelo comportamento espectral semelhante. Este é o caso da classe silvicultura, onde cerca de 6% foi classificado como mata nativa, pois na composição colorida utilizada a vegetação reflete em tons de vermelho, devido à faixa espectral do infravermelho próximo (banda 4). E alguns talhões de silvicultura mais maduros, a reflexão fica muito próxima a mata nativa. Outra questão também a levantar é a orientação das vertentes, que diferenciam a luminosidade no momento da aquisição da imagem. As classes de campo e agricultura também obtiveram confusão espectral moderada, o que se justifica também pela luminosidade nas vertentes de solo exposto por cultivos agrícolas, o que é comum no período entressafra, como é o caso das datas das imagens classificadas e de campo. A tabela 25 traz a matriz de confusão e a validação de acurácia da classificação do ano de 1987.

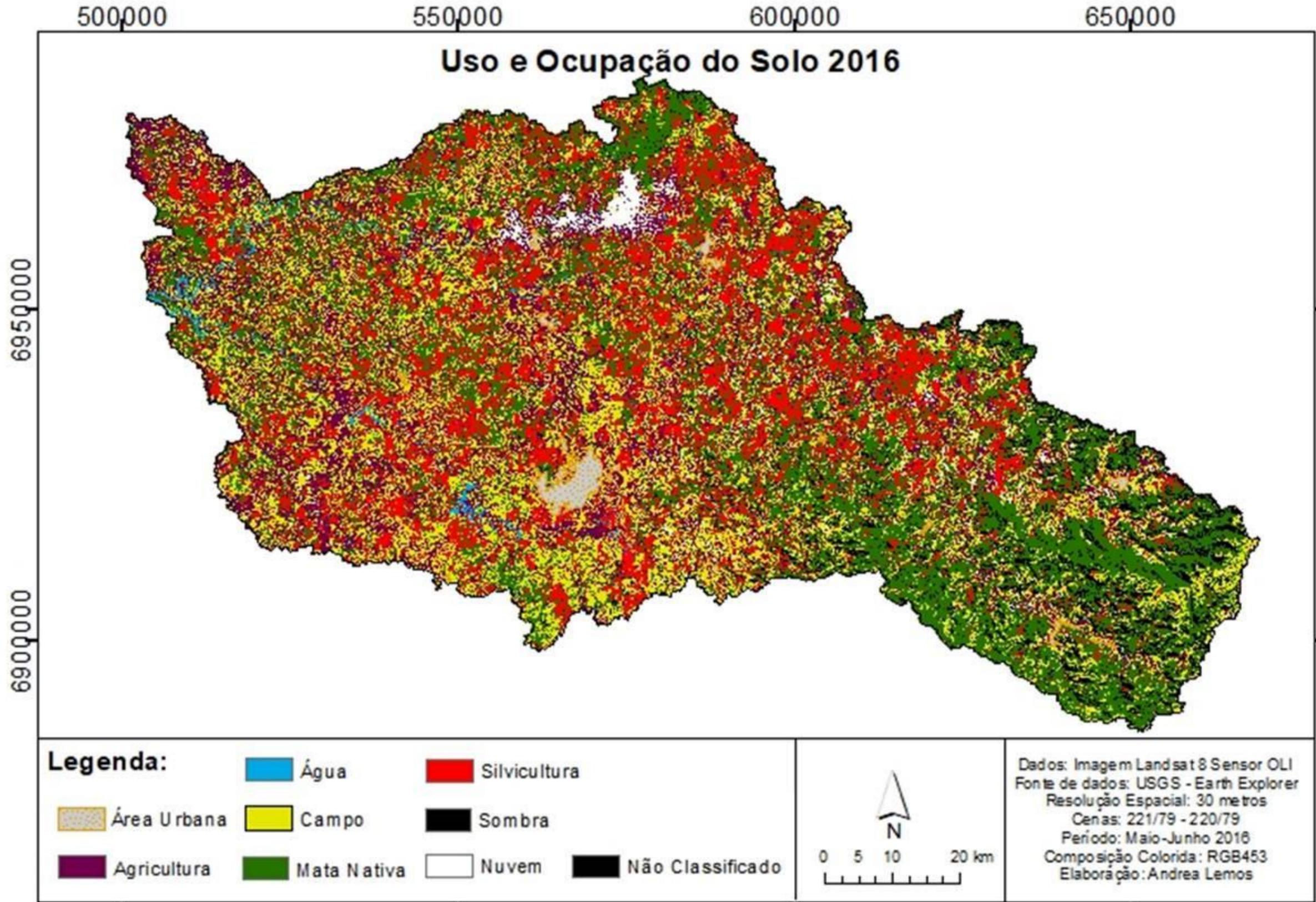
Tabela 25: Matriz de confusão e resultado do Índice Kappa da classificação de uso do solo do ano de 1987

Classe	Nuvem	Silvicultura	Mata Nativa	Campo	Sombra	Agricultura	Água	Total
Não Classificado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nuvem	93,43	0,00	0,00	2,00	0,00	10,31	1,75	12,24
Silvicultura	0,02	89,79	6,87	0,07	0,00	0,02	0,00	38,51
Mata Nativa	0,04	8,79	90,82	1,36	2,28	2,48	0,00	21,62
Campo	1,31	0,49	0,70	84,87	0,08	16,80	0,44	11,82
Sombra	0,01	0,07	0,10	0,21	96,88	0,00	0,00	5,14
Agricultura	5,15	0,86	1,51	11,49	0,03	70,39	0,33	8,03
Água	0,04	0,01	0,00	0,00	0,72	0,00	97,48	2,64
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Acurácia (Overall Accuracy) = 88,92%								
Índice Kappa = 0,8545								

Fonte: Produzida pela autora.

Ao longo dos vinte e nove anos analisados é possível perceber mudanças no uso e ocupação do solo. Mesmo não sendo acentuada, demonstra uma reconfiguração na paisagem do Alto e Médio Rio Canoas. O mapa 21 traz a classificação de uso e ocupação do solo para o ano de 2016. Onde é possível observar uma fragmentação da paisagem.

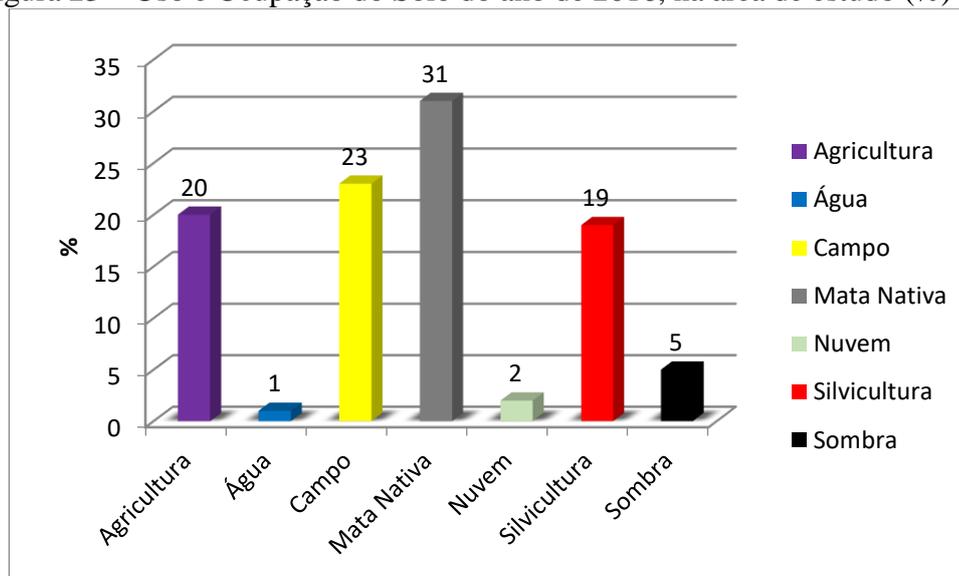
Mapa 21: Uso e ocupação do solo 2016



Fonte: Produzido pela autora.

No mapa do ano de 2016 a paisagem antes composta predominantemente por campos, encontra-se fragmentada com relação à classificação de 1987. De acordo com a figura 23 as classes mais representativas continuam sendo mata nativa (31%) e campos (23%). No entanto, como já foi mencionado, a classe de campos não se encontra mais concentrada e dominante, perdendo espaço para as classes de agricultura (20%) e silvicultura (19%).

Figura 23 – Uso e Ocupação do Solo do ano de 2016, na área de estudo (%)



Fonte: Produzido pela autora.

A classificação supervisionada se mostrou eficaz na identificação das classes de uso de acordo com as amostras de treinamento, onde a Exatidão Global ficou com 89,36% e o índice Kappa com 0,8732 ambos classificados como excelentes. Analisando a matriz de confusão também é possível justificar erros de classificação pelo comportamento espectral semelhante. Neste caso, a maior confusão se deu entre as classes de campo e agricultura. Vinte e quatro por cento da classe de campo foi classificado como agricultura em função da confusão espectral. No oeste da área de estudo algumas áreas com usos voltados à agricultura foram classificadas como campo, pois, os solos estavam expostos para o preparo dos cultivos na data de passagem do satélite. Na composição colorida selecionada R5G6B4, a classe de campo possui elevado grau de reflexão, semelhante à cultura soja, causando confusão espectral. A tabela 26 traz a matriz de confusão e a validação de acurácia da classificação do ano de 2016.

Tabela 26: Matriz de confusão e resultado do Índice Kappa da classificação de uso do solo do ano de 2016

Classe	Nu vem	Silvicultur a	Mata Nativ a	Camp o	Sombr a	Agricultur a	Água	Total
Não Classificad o	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nuvem	97,37	0,00	0,00	3,39	0,00	4,37	0,00	16,75
Silvicultura	0,00	96,54	1,19	0,13	1,47	0,26	0,04	12,70
Mata Nativa	0,00	2,53	94,10	1,06	4,38	2,74	0,00	23,46
Campo	0,47	0,06	0,57	86,97	0,02	24,64	0,29	17,94
Sombra	0,00	0,13	2,82	0,01	92,19	0,01	0,00	7,74
Agricultura	2,16	0,75	1,30	8,44	0,00	67,90	1,09	8,44
Água	0,00	0,00	0,02	0,01	1,95	0,07	98,58	0,01
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Acurácia (Overall Accuracy) = 89,36%								
Índice Kappa = 0,8732								

Fonte: Produzida pela autora.

Com uma perda de 891,4 km² com relação ao ano de 1987 a classe campo (Figura 24) se mantém predominante na região, hoje fragmentada por atividades como a silvicultura e agricultura. Esta classe inclui campos naturais e pastagens cultivadas, os quais são utilizados principalmente para pecuária, onde ocorre a criação de bovinos (Figura 24), caprinos, equinos e ovinos.

Figura 24: Campo: A) Campos próximo ao Rio Caveiras no Município de Lages; B) Campos/Pastagens voltadas para a criação de bovinos



Fonte: Produzida pela autora.

A criação extensiva está fortemente atrelada ao contexto histórico de ocupação da região. Partes dos campos naturais não podem ser utilizadas por seus solos (Cambissolos e Neossolos) rasos, com menos de 50 cm de profundidade. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2007) *apud*. Moreira (2013), os campos naturais de altitude (Estepe gramíneo-lenhosa) são caracterizados como áreas de vegetação herbáceo-arbustiva, típica de ambientes montano e alto-montano. A flora campestre é caracterizada por muitos endemismos, caracterizando os campos como refúgios vegetacionais.

A classe Água inclui todas as classes de água interiores, tais como cursos de rios (Figura 25), lagos, lagos artificiais, canais de irrigação, represas para geração de energia.

Figura 25: Cursos d'Água: A) Rio Caveiras; B) Rio Canoas



Fonte: Produzido pela autora.

Na área de estudo a rede hídrica está estruturada com base nos seus dois principais rios: o Rio Canoas (homônimo da Bacia Hidrográfica) e o Rio Caveiras, principal tributário. Comparando a classificação dos dois anos percebe um acréscimo de 69,7 km² na área, correspondente a classe água. Isto se justifica pela presença de nuvens na imagem de 1987 na região próximo a foz do Rio Caveiras, junto ao Rio Canoas, e também pelo aumento do volume de água no lago da represa do Rio Caveiras no Município de Lages.

Com aumento em área de cerca de 450 km², a classe agricultura segundo o IBGE (2013), pode ser definida como terra utilizada para a produção de alimentos, fibras e *commodities* do agronegócio. No Alto e Médio Rio Canoas, as culturas predominantes são culturas temporárias (Figura 26) como o plantio de milho, feijão, batata inglesa, hortaliças e soja.

Figura 26: Agricultura: A) Solo exposto; B) Plantio de Feijão; C) Plantio de Milho; D) Agricultura familiar de hortaliças

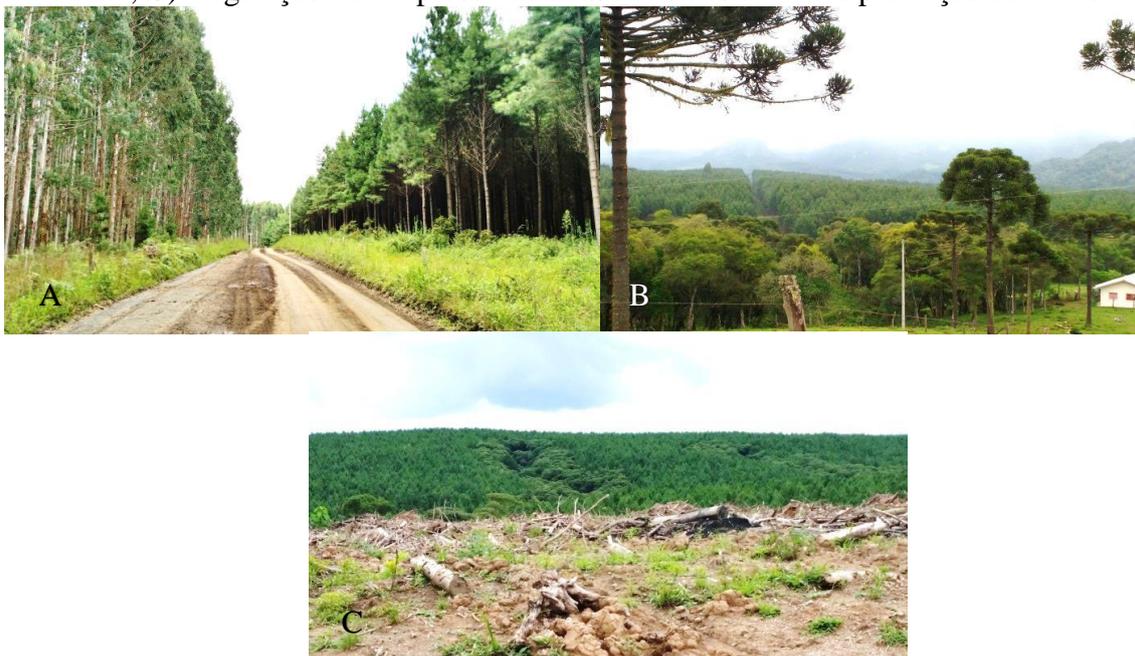


Fonte: Produzida pela autora.

De acordo com o mapa 21 as regiões onde a atividade agrícola é mais representativa são no centro-oeste e extremo oeste da área de estudo, isto porque as condições do relevo são mais propícias à mecanização do campo, e os solos são mais apropriados para o cultivo. No vale próximo à nascente do Rio Canoas em Urubici (leste da Bacia Hidrográfica), o cultivo de hortaliças (figura 26-D) e agricultura familiar se fazem presentes, condicionados pela baixa declividade (0 – 3%).

Para a classe Silvicultura (Figura 27) considerou-se áreas de plantio homogêneo, ou seja, plantios puros, voltados principalmente para indústria madeireira, de papel e celulose, normalmente feitos com espécies exóticas, como o pínus, eucalipto e acácia-negra (IBGE, 2013).

Figura 27: Silvicultura: A) Plantio de Pinus; B) Plantio de Pinus em Meio a vegetação nativa; C) Vegetação nativa preservada nas vertentes em meio plantação de Pinus



Fonte: Produzida pela autora.

Com relação à classificação de 1987 esta classe ganhou cerca de 640 km² em área. No entanto, a concentração desta atividade que antes era no centro norte principalmente nos municípios de Correia Pinto, Palmeira, Lages, São José do Cerrito, Otacílio Costa e Bocaina do Sul, hoje se distribui por toda área de estudo, de forma mais fragmentada, tanto pelos campos e atividades agrícolas como pela mata nativa, que a exemplo da figura 27 – C, está preservada em área de preservação permanente, como as próximas de cursos d'água. Segundo o BRDE (2003), a atividade de reflorestamento de pinus é crescente nos Campos de Cima da Serra, por sua adaptabilidade a solos bem drenados, e por suportar bem a ocorrência de geada.

A classe Mata Nativa ainda é bastante representativa na área de estudo ocupando cerca de 30% da área de estudo. É composta pela Floresta Ombrófila Mista, que compreende a área de distribuição natural da araucária (Figura 28), incluindo mata ciliar ao redor dos corpos d'água. Essa classe representa parte da área que ainda não foi transformada pela ação antrópica. Também dentro da classe de Mata Nativa foi considerada a vegetação secundária, do tipo arbustiva, incluindo árvores de porte menor. Essa vegetação secundária se localiza, em algumas porções, em áreas onde a mata nativa foi degradada e está se regenerando parcialmente.

Figura 28: Vegetação nativa. A) Floresta Ombrófila Mista no Município de São José do Cerrito; B) Floresta Ombrófila Mista no Município de Urubici



Fonte: Produzida pela autora.

Nos padrões de forma de interflúvios estreitos e de escarpa, pelo seu relevo mais dissecado, a mata nativa mantém-se preservada sem alteração antrópica.

6.4 Conclusões

Analisando as classes de uso do solo nos mapas gerados (Mapa 20 e Mapa 21) é possível perceber que apesar de a área de estudo ainda se manter com características rurais predominantes, conservando boa parte da sua vegetação nativa, é possível identificar mudanças na paisagem oriundas da diversificação e intensificação das atividades agrícolas. O uso para agricultura cresceu 5 %, o equivalente a 448 km², com destaque para a produção de grãos como a soja e milho. Também se nota na comparação dos mapas e dos dados quantitativos que houve um decréscimo de 5% na área de abrangência de Mata Nativa, o que equivale a cerca de 440 km². Outro destaque nesta análise temporal é a redução de 10 % da área de campos, paisagem típica da região dos Campos de Cima da Serra, além da sua substituição para o cultivo agrícola, estas áreas foram destinadas à produção de silvicultura, atividade crescente na região. Este tipo de cultivo se adapta às condições de solos mais pobres como os Cambissolos. No entanto, a silvicultura pode causar vários problemas ambientais como os relacionados a disponibilidade hídrica dos locais de cultivo da espécie *Pinus*, que consome grande quantidade de água e possui elevada evapotranspiração (MOREIRA, 2013).

Considerando que na região as áreas de campos são voltadas para a pecuária, cerca de 62% (agricultura, campo e silvicultura) da área de estudo estão voltadas para atividades agrícolas e de pecuária no ano de 2016. Em 1987, a área destinada para essas atividades era de 59%. Estas áreas localizam-se predominantemente no Planalto Meridional devido às condições morfológicas do relevo e variedade dos solos,

viabilizando a diversificação e intensificação dos cultivos. Mapear e compreender os processos de transformação da paisagem com relação a mudança de uso do solo é primordial para estudos de planejamento e ordenamento territorial do Alto e Médio Rio Canoas.

**CAPÍTULO VII – VARIABILIDADE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NO
ALTO E MÉDIO RIO CANOAS/SC**

7. VARIABILIDADE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NO ALTO E MÉDIO RIO CANOAS/SC

Neste capítulo serão apresentados os dois mapas de fragilidade ambiental do Alto e Médio Rio Canoas. Estes são os produtos finais desta tese, sendo um documento síntese que resulta da análise integrada de todo levantamento dos aspectos fisiográficos e antrópicos desta região. A análise da variabilidade da fragilidade ambiental entre os anos de 1987 e 2016 permite avaliar as potencialidades e as restrições para os usos do solo. Para isto, os dados das variáveis geomorfologia, solos, clima (pluviosidades), geologia e uso e ocupação dos solos foram integrados no ArcGis 10.2.2 no módulo álgebra de mapas e a partir da reclassificação de cada uma das variáveis, de acordo com os graus de fragilidade para cada uma delas, foi possível chegar no resultado deste trabalho.

Por considerar a intensificação agrícola na região, a fragilidade do solo ou erodibilidade corresponde à suscetibilidade à erosão do solo, visto que este é um dos principais impactos dos usos agropecuários. As características físico-químicas dos solos também influenciam diretamente nos processos de erosão do mesmo. Outro elemento que interfere no processo erosivo é o tipo de uso do solo e cobertura vegetal, pois além de proteger o solo contra a perda de materiais, a conservação da vegetação natural protege também as formas de relevo dos agentes modificadores. Ou seja, o uso inadequado do solo potencializa as fragilidades do ambiente.

Na área de estudo, para se obter a classificação das áreas de fragilidade ambiental foi efetuado o levantamento e avaliação das cinco variáveis dentro dos parâmetros determinados na proposta de Ross (1994), onde define que a Fragilidade Emergente (Unidades Ecodinâmicas de Fragilidade Emergente) analisa a intensificação da fragilidade potencial dos solos considerando os tipos de uso e ocupação do mesmo.

Trabalhos de campo contribuíram para a aferição dos dados, auxiliando na escolha das variáveis que melhor representam o mapa de fragilidade ambiental emergente. Nos trabalhos de campo foi percorrida toda a bacia hidrográfica buscando assim compreender aspectos de toda área, identificando os diferentes tipos de uso do solo, a morfologia do relevo e possíveis atividades que impactam o ambiente para além do recorte selecionado nesta tese.

7.1 Geomorfologia

Na variável geomorfologia foram mapeados sete padrões de forma, como visto no Capítulo 4 desta tese. Os morros e colinas com interflúvios médios e terraços fluviais junto com o padrão de colinas com interflúvios médios foram classificados com Médio

grau de fragilidade considerando principalmente a declividade média deste padrão. Os padrões de forma de colinas com interflúvios amplos e morros e colinas com interflúvios amplos foram classificados com Muito Fraco grau de fragilidade devido ao seu relevo com declives suaves. O padrão em forma de Domo, representado pelo Domo de Lages na área de estudo foi classificado com grau de fragilidade Fraco, com declives suaves e suaves ondulados. Classificados com grau Muito Forte de fragilidade estão os padrões de relevo em forma de escarpa e morros e colinas com interflúvios estreitos, caracterizados pelos altos declives e altamente suscetíveis a processos erosivos. Essas classes variam entre grau de fragilidade Muito Fraco a Forte (Tabela 27), e pode-se ver que a classe predominante de fragilidade na área de estudo é a classe Média, com 42,2% abrangendo as áreas compostas por interflúvios médios e de terraços fluviais. A classe menos representativa quanto aos aspectos geomorfológicos é a classe de grau Fraco, com 7,4% da área total composta pelas áreas de interflúvios amplos.

Tabela 27: Graus de Fragilidade Ambiental de Geomorfologia

Grau de Fragilidade (Geomorfologia)	Área (km²)	Área (%)
Muito Fraco	2522,8	28
Fraco	673,2	7,4
Médio	3776,6	42,2
Forte	1972,1	22,4
Muito Forte	–	–

Fonte: Produzido pela autora.

7.2 Solos

Os solos predominantes na área de estudo são os Cambissolos, que foram classificados com grau Forte de fragilidade ambiental, pois são solos mais pobres e mais suscetíveis à erosão. Os afloramentos rochosos, Gleissolos e Neossolos Litólicos foram classificados com grau Muito Forte de fragilidade. Os Nitossolos apresentam-se com grau Médio de fragilidade à erosão e os Latossolos presentes na região foram classificados com grau Muito Fraco, por serem solos mais maduros e estruturados. Nesta variável foram identificadas todas as classes de fragilidade ambiental (Tabela 28). O grau de fragilidade com maior representatividade é o Forte (54,1%), atribuído principalmente aos Cambissolos. O grau menos representativo é o Muito Fraco, com 1,7% da área total.

Tabela 28: Graus de Fragilidade Ambiental do Solo

Grau de Fragilidade (Solo)	Área (km²)	Área (%)
Muito Fraco	176,6	1,7
Fraco	296,7	3,3
Médio	991,8	11
Forte	4842,8	54,1
Muito Forte	2636,8	29,9

Fonte: Produzido pela autora.

7.3 Pluviosidade

Para a pluviosidade foi realizada uma análise temporal, vista no capítulo 3. A média da precipitação na área de estudo varia de 1350 mm a 1656 mm/ano e o grau de fragilidade ambiental caracteriza-se como Muito Fraco (Tabela 29). A pouca influência no índice de fragilidade desta variável explica-se pela área de estudos possuir chuvas regulares e bem distribuídas ao longo do ano.

Tabela 29: Grau de Fragilidade Ambiental de Pluviosidade

Grau de Fragilidade (Pluviosidade)	Área (km²)	Área (%)
Muito Fraco	8944,73	100%

Fonte: Produzido pela autora.

7.4 Geologia

Em relação à geologia os graus de fragilidade ambiental foram atribuídos quanto à resistência dos tipos de rochas presente na área de estudo, segundo Crepani *et al.* (2001). O complexo Alcalino de Lages e as Fácies Campos Novos, Gramado e Palmas foram classificados com grau Muito Fraco de fragilidade, por serem rochas mais resistentes aos processos de desagregação. Com grau Fraco de fragilidade estão as rochas do Grupo Serra Geral, as quais são semelhantes às anteriores porém com menos sílica em sua composição, o que aumenta sua suscetibilidade à erosão. As rochas do Grupo Itararé, as Formações Rio do Rastro, Irati, Teresina, Palermo Serra Alta e Rio Bonito possuem Médio grau de fragilidade ambiental por serem rochas sedimentares. Com Forte grau de fragilidade tem-se a Formação Botucatu, por serem rochas sedimentares com alta permeabilidade, acelerando a desagregação da mesma. Os depósitos aluvionários foram classificados com grau Muito Forte de fragilidade, por serem sedimentos ainda inconsolidados.

Essas classes variam entre grau de fragilidade Muito Fraco a Muito Forte (Tabela 30), percebe-se que a classe predominante de fragilidade na área de estudo é definida com grau Muito Fraco de fragilidade com 44,8%, abrangendo as áreas do Planalto Meridional, composto por rochas magmáticas. A classe menos representativa quanto aos aspectos geológicos é definida com grau Muito Forte de fragilidade, com 0,7% da área total, ficando restrita aos depósitos aluvionares encontrados nos cursos de rios.

Tabela 30: Grau de Fragilidade Ambiental de Geologia

Grau de Fragilidade (Geologia)	Área (km²)	Área (%)
Muito Fraco	4009,7	44,8
Fraco	199,1	2,1
Médio	4031,5	45
Forte	665,8	7,4
Muito Forte	38,6	0,7

Fonte: Produzido pela autora.

7.5 Uso e Ocupação do Solo

Quanto ao uso e ocupação do solo foram detectados quatro graus de fragilidade, de Muito Fraco a Forte, nos dois períodos analisados, 1987 (Tabela 31) e 2016 (Tabela 32). As nuvens e sombras, identificadas na classificação supervisionada, aqui encontram-se como não classificadas. As classes de uso e ocupação encontram-se descritas e representadas no Capítulo 6 desta tese. No ano de 1987 (Tabela 31) a classe de fragilidade mais representativa é a de grau Muito Fraco com 36% da área total, nesta classe inclui-se principalmente a vegetação nativa, que protege o solo dos processos erosivos, tanto do tipo de uso quanto pela chuva. A classe menos representativa no cenário de 1987 são os corpos d'água com menos de 1% da área total.

Tabela 31: Grau de Fragilidade Ambiental do Uso e Ocupação do solo do ano de 1987

Grau de Fragilidade (Uso e Ocupação do Solo 1987)	Área (km²)	Área (%)
Não Classificado	442,1	5
Muito Fraco	3184,2	36
Fraco	39,3	0
Médio	2952,4	33
Forte	2326,5	26
Muito Forte	–	–

Fonte: Produzido pela autora.

No ano de 2016 (Tabela 32) a classe de fragilidade mais representativa é de Forte grau de fragilidade ambiental, com 38,7% da área total esta classe está representada pelas culturas agrícola e silvicultura, ambas intensificadas na região. Os corpos d'água continuam classificados com Muito Fraco grau de fragilidade e sendo a classe menos representativa, com 1,2% da área total.

Tabela 32: Grau de Fragilidade Ambiental do Uso e Ocupação do Solo do ano de 2016

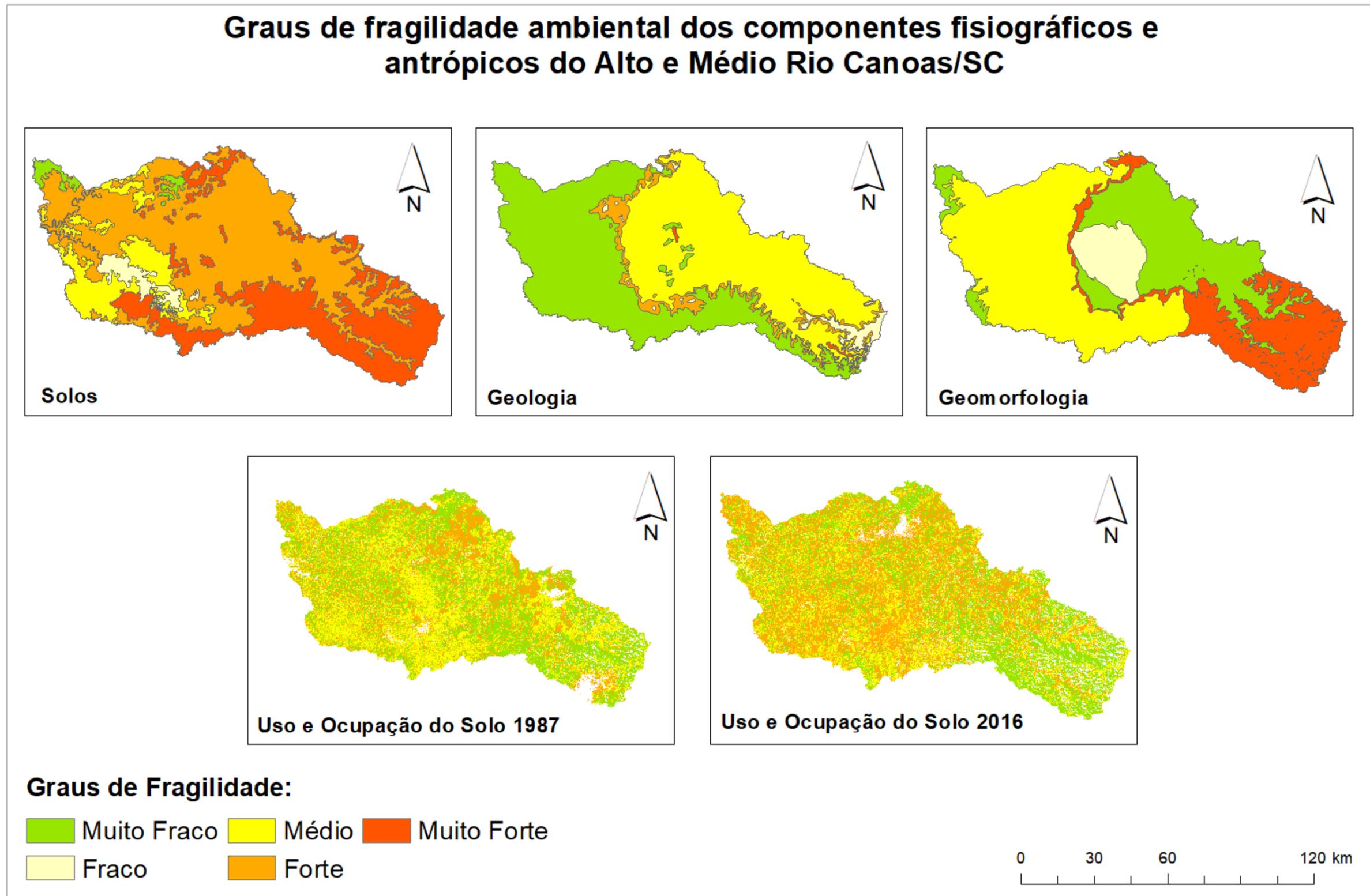
Grau de Fragilidade (Uso e Ocupação do Solo 2016)	Área (km²)	Área (%)
Não Classificado	616,4	6,8
Muito Fraco	2734,6	30,5
Fraco	108	1,2
Médio	2041,6	22,8
Forte	3424,4	38,7
Muito Forte	–	–

Fonte: Produzido pela autora.

7.6 Espacialização dos graus de fragilidade

No mapa 22 os respectivos graus de fragilidade foram especializados de acordo com cada variável (solos, geologia, geomorfologia, pluviosidade, uso e ocupação do ano de 1987 e uso e ocupação do ano de 2016).

Mapa 22: Graus de fragilidade ambiental dos componentes fisiográficos e antrópicos do Alto e Médio Rio Canoas/SC



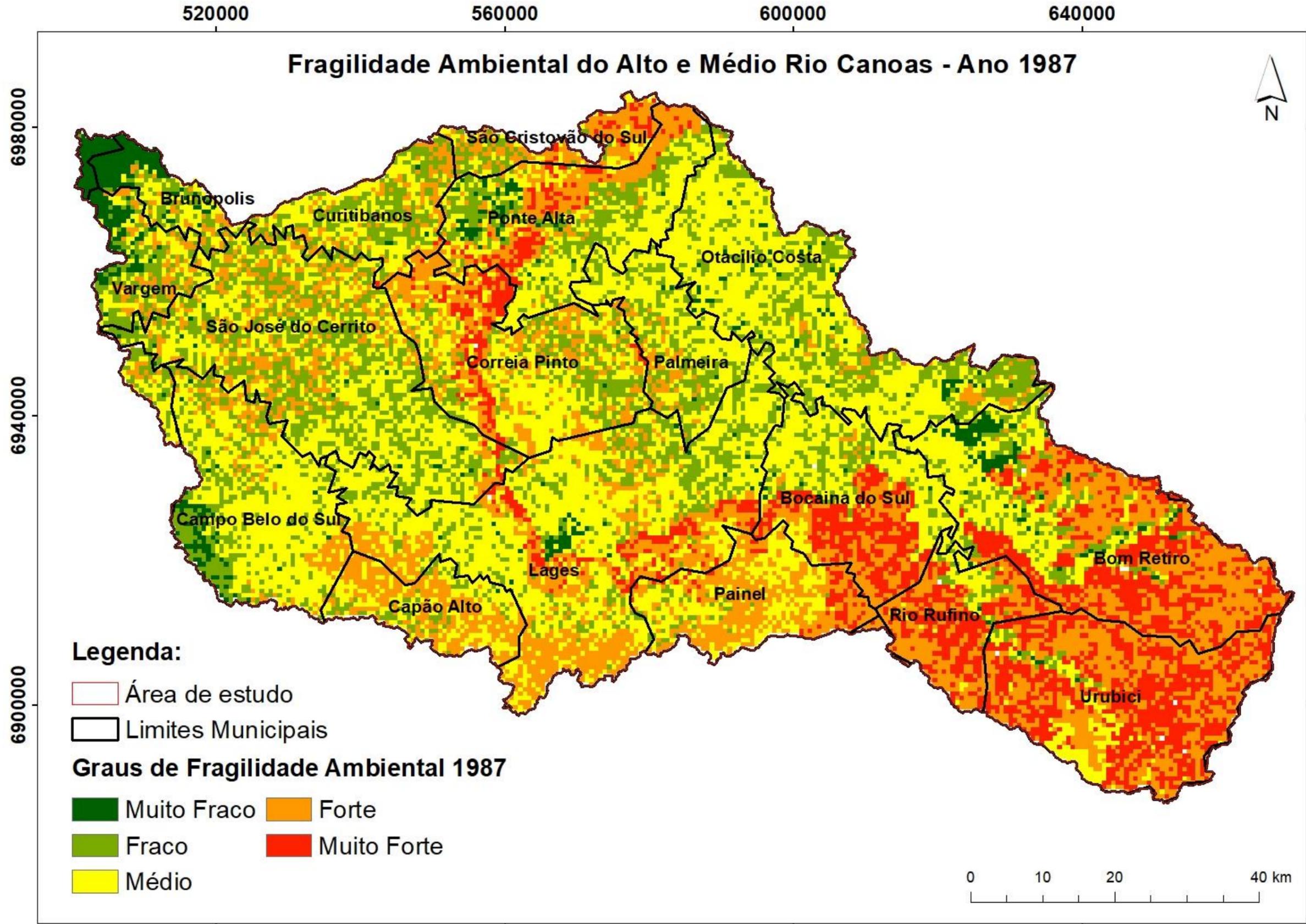
7.7 Fragilidade ambiental

A fragilidade emergente resulta da combinação dos mapas de fragilidade dos aspectos naturais com o mapa de uso e ocupação do solo para a área de estudo. Neste trabalho foram gerados dois mapas de fragilidade, visto que a proposta desta tese é analisar a variabilidade da fragilidade de acordo com a intensificação agrícola ao longo do tempo. Para isto, em um primeiro momento os dados de geomorfologia, solos, geologia e pluviosidade foram integrados com o dado de uso e ocupação do solo do ano de 1987. Em um segundo momento estes mesmo dados naturais foram trabalhados com os dados de uso e ocupação do solo do ano de 2016.

7.7.1 Fragilidade ambiental de 1987 no Alto e Médio Rio Canoas

O mapa de fragilidade ambiental do ano de 1987 (Mapa 23) demonstra que neste período há um predomínio da classe de Média fragilidade (Tabela 33), com 39,2% da área total. A classe menos representativa é a classe com grau Muito Fraco de fragilidade, com 2,9% da área total de estudo.

Mapa 23: Fragilidade ambiental do Alto e Médio Rio Canoas/SC – Ano 1987



Fonte: Produzido pela autora.

Tabela 33: Distribuição dos Graus de Fragilidade Ambiental do ano de 1987

Grau de Fragilidade 1987	Área (km²)	Área (%)
Muito Fraco	267,5	2,9
Fraco	1827,3	20,3
Médio	3553,4	39,2
Forte	2267,7	25,2
Muito Forte	1026,8	12,4

Fonte: Produzido pela autora.

O mapa síntese de 1987 apresenta cinco graus de fragilidade ambiental emergente: Muito Fraco, Fraco, Médio, Forte, Muito Forte. Neste ano, a ocorrência do grau Muito Fraco é pequena, ocupando cerca de 3% da área total do Alto e Médio Rio Canoas. Associa-se a essas áreas os padrões de formas de interflúvios amplos, onde os solos também são mais maduros, o substrato rochoso mais resistente e o plantio de grãos ainda não era intenso nessas áreas. Destacam-se com essas características os municípios de Brunópolis, Vargem, Campos Novos e Campo Belo do Sul.

Cerca de 20% da área apresenta-se com grau de fragilidade ambiental considerado Fraco. Estas áreas aparecem intercaladas principalmente com as áreas de campo e são regiões onde os tipos de solos são mais suscetíveis porém há cobertura vegetal que auxilia na proteção. Os usos presentes nesta classe são principalmente voltados à agricultura familiar conforme aferido em campo, e poucas parcelas de atividade de silvicultura.

Como mencionado anteriormente a maior representatividade no ano de 1987 são as áreas classificadas com Médio grau de fragilidade ambiental com cerca de 39% do total da área de estudo. Esta classe é predominante em regiões onde os solos são Cambissolos, os padrões de forma de relevo são de interflúvios médio composto por áreas de campos com afloramentos rochosos, com médias declividades e solo pouco espesso. As principais atividades presentes nesta classe são a pecuária e a silvicultura. Os principais municípios onde a classe de fragilidade é média são: Otacílio Costa, Lages, Correia Pinto, São José do Cerrito, Capão Alto e Curitibanos.

Com 25,2% da área total estão as áreas classificadas com grau Forte de fragilidade ambiental, associadas principalmente aos padrões de forma com os maiores declives, como o padrão de forma de interflúvios estreitos, Neossolos Litólicos, e

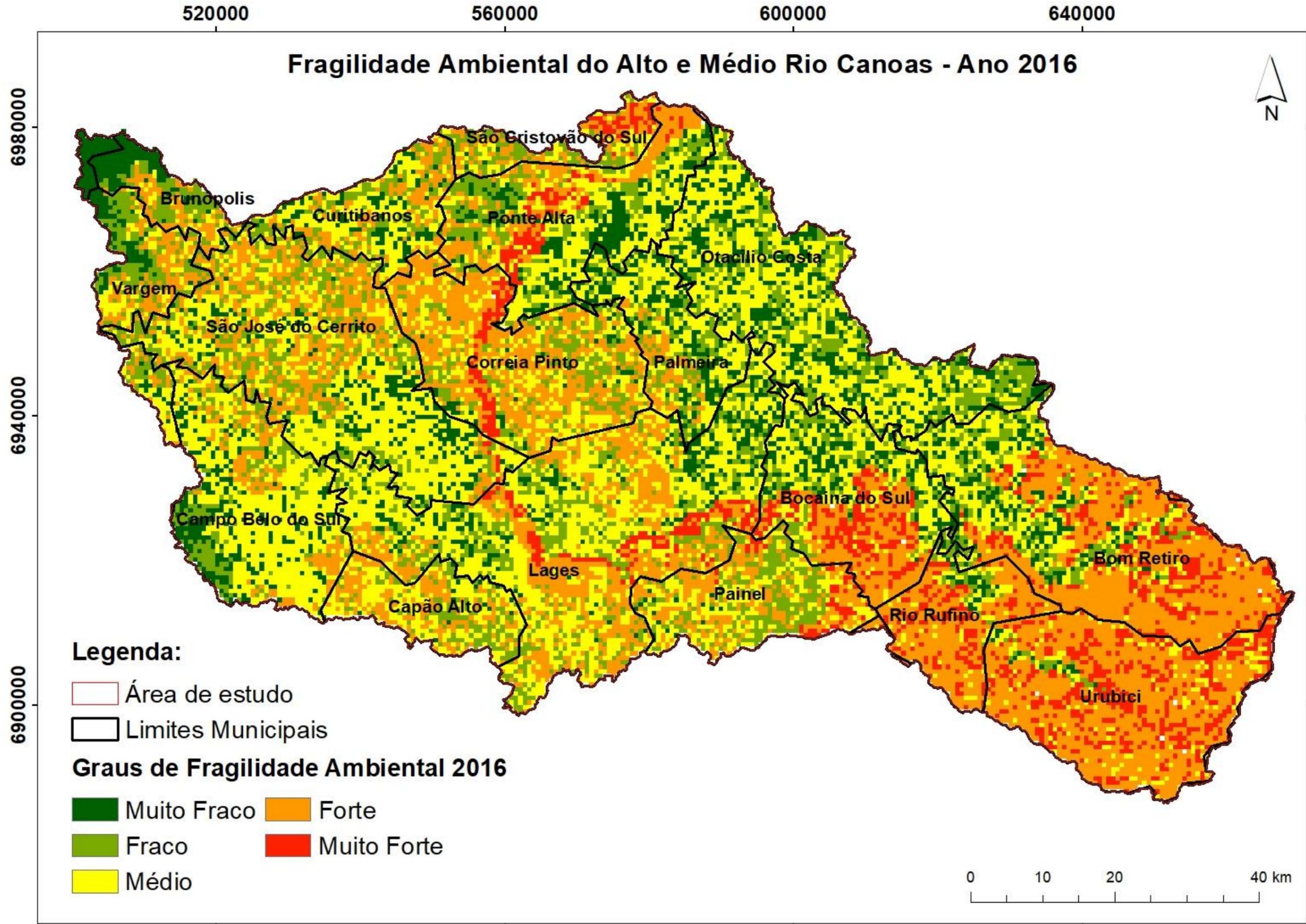
atividades voltadas à indústria madeireira. Os municípios onde esta classe é mais acentuada são os de Bom Retiro, Urubici, Lages, Capão Alto e Paineira.

A classe de fragilidade ambiental de grau Muito Forte, abrange cerca de 12,4% da área de estudo, ficando evidente nos padrões de forma de escarpa, que divide a morfoescultura da depressão periférica do planalto central. Nesta região as declividades são mais acentuadas, como já foi visto no Capítulo 4, assim como também há ocorrência constante de afloramentos rochosos.

7.7.2 Fragilidade ambiental de 2016 no Alto e Médio Rio Canoas

A seguir, no mapa 24, está o mapa de fragilidade ambiental para o ano de 2016, onde também a classe de média fragilidade tem maior representatividade representando 34,5% do total da área de estudo (Tabela 34).

Mapa 24: Fragilidade ambiental do Alto e Médio Rio Canoas/SC – Ano 2016



Fonte: Produzido pela autora.

O mapa de 2016 serve para observar a variabilidade da fragilidade comparativamente com o ano de 1987. Analisando a tabela 34, observa-se uma inversão nas áreas de abrangência dos graus Muito Fraco e Muito Forte de fragilidade.

Tabela 34: Distribuição dos Graus de Fragilidade Ambiental do ano de 2016

Grau de Fragilidade	Área (km²)	Área (%)
Muito Fraco	1052,29	11,6
Fraco	1564	17,5
Médio	3031,2	34,5
Forte	2697,5	29,9
Muito Forte	599,74	6,5

Fonte: Produzido pela autora.

Com base no mapa de fragilidade ambiental classificado a partir das imagens de satélite Landsat do ano de 2016, a classe com menor grau de fragilidade (Muito Fraco) abrange cerca de 11,6% da área de estudo. Comparando com o ano de 1987 houve um aumento de 8,7% da área total de estudo. Esse aumento ocorreu em detrimento da regeneração da mata nativa em algumas áreas antes ocupadas, desmatadas pela produção madeireira decorrente dos processos de ocupação desta região. Os municípios onde é possível perceber a retomada da cobertura vegetal natural, mesmo que de forma fragmentada, são: Otacílio Costa, Ponte Alta, Palmeira, Bocaina do Sul e Bom Retiro.

Com relação as áreas com Fraco grau de fragilidade houve um decréscimo de 2,8%, esta perda também está atribuída ao processo de revitalização da vegetação natural nas áreas de campos, onde os interflúvios são amplos e os solos são predominantemente Cambissolos.

Nos mapas de uso e ocupação do solo apresentados no capítulo anterior percebe-se uma fragmentação da paisagem, que aparece refletida no mapa de fragilidade de 2016. Atividades silvicultoras deixaram de se concentrar no centro da área de estudo e se apresentam por toda região intercaladas com a vegetação natural, a qual está em processo de regeneração devido à Lei 15.167 (Santa Catarina, 2010) que tem por objetivo perpetuar a espécie do Pinheiro Brasileiro (Araucária) promovendo sua conservação. Tanto nos mapas de uso e ocupação do solo como no mapa de fragilidade ambiental se percebe a retomada da vegetação, auxiliando na proteção do solo contra processos erosivos reduzindo assim seu grau de fragilidade.

A classe predominante é a classe de Média fragilidade com cerca de 34% da área. Em relação ao ano de 1987 teve um aumento de área de 4,7%, que pode ser explicado devido à intensificação e diversificação das atividades agrícolas, como o plantio de soja, feijão, milho e também das áreas direcionadas à silvicultura.

Com relação ao grau Forte de fragilidade o aumento de área foi de 4,2%. No ano de 1987 esta classe predominava juntos as linhas de escarpa, nas vertentes dos interflúvios estreitos e em região de Neossolos litólicos e de afloramento sedimentar do arenito Botucatu. Também se associa a esta classe as áreas de campos voltados para a pecuária, como no sul de Lages, Capão Alto, e Paineira.

Pensando a variabilidade da fragilidade ambiental com relação a intensificação agrícola, a classe de grau Forte tem destaque neste estudo, pois nas principais regiões onde os cultivos foram diversificados e intensificados, como no Município de São José do Cerrito, Correia Pinto, Vargem e Brunópolis, o grau de fragilidade aumentou, mesmo estas regiões sendo naturalmente mais estáveis, com solos mais maduros como Latossolos e Nitossolos, chuvas regulares ao longo do ano e declividades médias a suaves.

Com o aumento das classes Forte E Média fragilidade há uma redução na classe de grau Muito Forte, o equivalente a 5,9% do total da área. Neste caso o que ocorre é que áreas como nos municípios a leste da Bacia Hidrográfica (Bom Retiro e Urubici) onde antes em 1987 predominava a classe de grau Muito Forte em função dos afloramentos rochosos, horizontes finos de solo e linhas de escarpa, no ano de 2016 o que se observa é uma vegetação preservada em função de atividades voltadas ao turismo. Acredita-se que a tendência desta região seja a redução do grau de fragilidade para um grau Fraco. Outro ponto a se destacar, é com relação ao processamento das imagens de satélite. Durante os processamentos das imagens para a classificação do uso e ocupação do solo, optou-se pelas imagens com maior ausência de nuvens, porém as melhores encontradas para o período de análise haviam certa quantidade de nuvens nesta região (leste). A partir disso acredita-se que no ano de 1987 as áreas onde os graus de fragilidade aparecem como Muito Forte sejam menores devido a confusão na classificação supervisionada, pois de acordo com trabalhos de campos realizados ao longo dos últimos quatro anos na região a cobertura vegetal natural encontra-se bem preservada e não faz parte do processo de regeneração citado nas outras classes.

CAPÍTULO VIII – CONSIDERAÇÕES FINAIS DA TESE

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS DA TESE

A Bacia Hidrográfica do Rio Canoas, nas suas porções Alta e Média, área deste estudo, tem um histórico de ocupação marcado pela exploração econômica madeireira, que transformou por décadas uma área antes composta predominantemente pela Floresta Ombrófila Mista, com destaque para a mata de Araucárias Angustifólia, e os campos naturais de altitude. A pecuária também representa uma das principais atividades no processo de ocupação desta região, condicionada pelo transporte de gado do sul para o sudeste do país no período do tropeirismo.

Com o decorrer deste estudo observou-se que diversas áreas do Alto e Médio Rio Canoas apresentam grau Médio de fragilidade, tanto na Depressão Periférica como no Planalto Meridional. Os processos erosivos estão relacionados com os tipos de solos como os Cambissolos e Neossolos Litólicos, que se originam do substrato rochoso composto por rochas sedimentares na morfoescultura Depressão Periférica e rochas magmáticas do Planalto Meridional. A declividade suave e suave ondulada (3 a 20%) propicia a mecanização destas áreas de Médio grau de fragilidade ambiental para o cultivo agrícola. Também foi possível observar que no extremo oeste da área de estudo, principalmente na região dos municípios de Vargem e Brunópolis, o cultivo de soja e milho, extremamente intensificado nas últimas décadas, torna essa a área com maior produção de grãos e como consequência, com o maior PIB da região. O grau de fragilidade ambiental nesta região é considerado Muito Fraco, pois embora a atividade agrícola seja classificada com Forte grau de fragilidade os demais componentes do modelo (geomorfologia, geologia, solo e clima) são considerados como Muito Fraco, reduzindo o risco de erosão do solo. Cabe ressaltar que o plantio nesta área é o plantio direto, o que também auxilia na conservação do solo, já que prioriza a rotatividade das culturas mantendo o solo sempre coberto, reduzindo assim o impacto da gota da chuva na superfície do solo e reduzindo as perdas de água por evaporação.

No caminho oposto desta pequena área está a prática de silvicultura, que de 1987 para 2016 não só aumentou sua área como também se espalhou de forma fragmentada por toda a Bacia Hidrográfica. Essa atividade em especial alterou o grau de fragilidade ambiental em diversos municípios, com destaque para o Município de Correia Pinto, onde o grau predominante de fragilidade ambiental era Médio e passou para Forte. Os cultivos de árvores exóticas utilizam-se de práticas não conservacionistas, com plantio em áreas

de declives acentuados, topos de morros, e até mesmo em vertentes, substituindo a mata ciliar, o que como consequência acelera o processo de assoreamento dos rios.

Entre os questionamentos iniciais, alguns foram sanados. Observou-se que o regime das chuvas pouco alterou entre os anos analisados, sendo constante entre 1350 mm e 1656 mm e bem distribuídos ao longo do ano. Isto porque o sul do Brasil é caracteristicamente uma região de transição atmosférica e por isto sofre influência de diversos fatores ambientais. O Estado de Santa Catarina especificamente caracteriza-se por apresentar mudança ao longo do ano de leste para oeste nos picos de precipitação, diferenciando-se dos estados limítrofes. Como a área selecionada para o presente estudo está situada no centro do estado é possível observar a influência de três sistemas atmosféricos principais na precipitação: o sistema de monção, o qual eleva os valores da precipitação no leste da área de estudo, principalmente nos municípios de Urubici e Bom Retiro; os complexos convectivos de mesoescala, que elevam os padrões de precipitação no centro-oeste, principalmente nos meses de primavera; e por fim as frentes vindas do sul, que influenciam no total das precipitações nos meses de inverno.

O mapa geomorfológico do Alto e Médio trecho da Bacia Hidrografia do Rio Canoas permitiu contextualizar esta área no quadro geológico e geomorfológico da região. A análise dos padrões de relevo dentro da escala taxonômica proposta por Ross também permitiu vincular as formas de relevo atuais ao controle litoestrutural, buscando a compreensão dos processos evolutivos de cada padrão de forma. Foram mapeados sete padrões de relevo: padrão de morros e colinas com interflúvios amplos, padrão em forma de domo, padrão de colinas com interflúvios amplos, padrão de colinas com interflúvios médios, padrão de morros e colinas com interflúvios médios e terraços fluviais, padrão de morros com interflúvios estreitos e padrão em forma de escarpa. O reconhecimento destes padrões auxiliou na compreensão do arcabouço geológico da região, o que, relacionando com os aspectos morfoesculturais do relevo, permitiu remontar processos pretéritos, que construíram as formas de relevo hoje presentes. Esse conhecimento dentro do contexto ambiental permitiu visualizar um conjunto de fatos integrantes da paisagem, possibilitando a realização de análises para avaliar diferentes graus de interferência e de inter-relações das variáveis que caracterizam um quadro ambiental.

Os solos mais frágeis, como os Cambissolos e os Neossolos Litólicos, diante das práticas conservacionistas, se adaptam as atividades agrícolas da região. Somam-se a isso as declividades suaves e suaves onduladas que viabilizam o processo de ocupação nestas áreas.

As metodologias utilizadas para este estudo, tanto a de análise da fragilidade ambiental de Ross (1994) como as de classificação de imagens e interpolação de dados, foram eficazes e auxiliaram na produção de variados documentos de análise, como o estudo do comportamento pluviométrico da região, mapeamento geomorfológico, mapeamento de uso e ocupação do solo e os mapas síntese da fragilidade ambiental, apresentados como resultado desta tese.

As modificações na configuração da paisagem ao longo dos anos analisados influenciam os aspectos sociais dos municípios do Planalto Catarinense. Pode-se observar que os principais cultivos agrícolas e a pecuária situam-se principalmente no Planalto Meridional, no centro oeste da área de estudo, onde as condições do relevo, como declividades moderadas a suaves e os tipos de solos como Latossolos, Nitossolos e Cambissolos viabilizam a produção intensiva. Esses produtos destacados como produção de grãos são caracterizados por uma lavoura intensiva, com a utilização de agrotóxicos e maquinários, que podem ser responsáveis por impactar os solos e poluir ambientes, como os cursos d'água. Na região as áreas de campos são voltadas para a pecuária, cerca de 62% (agricultura, campo e silvicultura) da área de estudo estão voltadas para atividades agrícolas e de pecuária no ano de 2016. Em 1987, a área destinada para essas atividades era de 59%. Estas áreas localizam-se predominantemente no Planalto Meridional, devido às condições morfológicas do relevo e a variedade dos solos, viabilizando a diversificação e intensificação dos cultivos. O aumento e diversificação da produção agrícola, pecuária e os investimentos na região na atividade de silvicultura aumentaram consideravelmente o Produto Interno Bruto (PIB) *per capita*, assim como o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), que era considerado Muito Baixo e hoje se apresenta entre Médio e Alto. No entanto, a discussão quanto esse aspecto volta-se novamente a região dos municípios de Vargem e Brunópolis, área de intensa atividade agrícola, com o PIB mais alto da área de estudo e contrastando com o menor IDH da região o que reflete a vulnerabilidade social principalmente do Município de Vargem.

Os mapas de fragilidade apresentados nesta tese referem-se ao processo de erosão do solo. Ou seja, áreas que aqui possuem fragilidade de grau Muito Fraco ou Muito Forte quanto à erosão, em outro estudo voltado para outros tipos de fragilidades (como por exemplo, voltados a inundação e contaminação) podem ter resultados inversos. Observar os dois mapas de fragilidade ambiental do Alto e Médio Rio Canoas, permitiu a visualização e interpretação dos diferentes graus de fragilidade, possibilitando uma avaliação dos seus aspectos físicos e socioeconômicos. O Planalto Catarinense, onde se

localiza a área de estudo, passou por um processo de povoamento e desenvolvimento que voltou sua economia para a agropecuária. Hoje esses processos de ocupação refletem no ambiente e na sociedade que sofre seus impactos. Nos capítulos anteriores foi possível conhecer cada aspecto desta região, possibilitando a construção destes mapas sínteses, que poderão ser utilizados como instrumentos para o desenvolvimento de atividades socioeconômicas na região.

A partir da carta de fragilidade e da compreensão das suas modificações no processo histórico, poderá ser estruturado o ordenamento territorial da região, apontando áreas que devem ser preservadas e áreas potenciais para o uso, atingindo assim um manejo adequado para todas as áreas relacionadas aos seus graus de fragilidade, buscando o equilíbrio dinâmico do ambiente.

Embora a Bacia Hidrográfica do Rio Canoas ainda seja uma área predominantemente rural, as transformações na dinâmica de uso e ocupação do solo diante da intensificação do uso agrícola, estão, ao longo do tempo, modificando o quadro de fragilidade ambiental na região do Alto e Médio curso da Bacia do Rio Canoas.

CAPÍTULO IV - REFERÊNCIAS

9. REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. (1949). **Região de circundesnudação pós-cretácea, no Planalto Brasileiro**. Boletim Paulista de Geografia, São Paulo, n. 1, p. 3-21.
- AB'SABER, A. N. (1989). **Zoneamento ecológico e econômico da Amazônia Questões de escala e método**. Revista Estudos Avançados. V. 3. Nº.5. São Paulo.
- AB'SABER, A. N. (2003). **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial. 1ªed.
- AB'SABER, A.N. (2007). **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial. 4ªed.
- ABREU, A. A. (2003). **A Teoria Geomorfológica e sua Edificação: Análise Crítica**. Revista Brasileira de Geomorfologia, Ano 4. Nº 2.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (2016). **Série Histórica**. Disponível em: < http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf>. Acesso em: 23 mar. 2016.
- ALVES, D. S. et al. (1997). **Biomass of primary and secondary vegetation in Rondônia, Western Brazilian Amazon**. Global Change Biology, 3.
- ALVES, T.M. ; CARVALHO, T.M. (2007). **Técnicas de Sensoriamento Remoto para classificação e quantificação do sistema lacustre do Rio Araguaia entre Barra do Garças e foz do Rio Cristalino**. Revista Geográfica Acadêmica.
- AMORIM. R. C. F; RIBEIRO, A; LEITE, C. C; LEAL, B. G; SILVA, J. B.G. (2008). **Avaliação do desempenho de dois métodos de espacialização da precipitação pluvial para o Estado de Alagoas**. Acta Scientiarum Technology, v. 30, n. 1, p.87-91.
- ANDERSON, J. R.; ARD, E. E.; ROACH, J. T.; WITMER, R. E. (1976). **Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos**. Tradução de Harold Strang. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 78 p. (Série Paulo de Assis Ribeiro, n. 9).
- ARRUDA, I. (1960). **Lages**. Florianópolis: Imprensa oficial do Estado.
- BANCO REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO DO EXTREMO SUL - BRDE (2003). **Florestamento na Região Sul do Brasil: uma análise econômica**. Disponível em: <<http://ww.brde.com.br/estudosintera.asp?categoria=estudos>>. Acesso em: 12 set. 2018.
- BARTORELLI, A. (2004). **Origem das Grandes Cachoeiras do Planalto Basáltico da Bacia do Paraná: Evolução Quaternária e Geomorfológica**. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO-NEVES, B. B. Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Editora Beca. 673p, 2004.

- BENETTI, L. B. (2006). **Avaliação do Índice de Desenvolvimento (IDS) do Município de Lages/SC Através do Método do Painel de Sustentabilidade**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina.
- BERLANDA, A., MOURA, C. N. de, SÁ, E. A. S., BIFFI, L. J. (2018). **Dinâmica da alteração da cobertura vegetal e uso do solo com suporte de geotecnologia na Bacia Hidrográfica do Rio Desquite-SC**. *Raega-O Espaço Geográfico em análise*, 43, 43-56.
- BERTALANFFY, V. L. (2009). **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes.
- BERTRAND, G. 1972, '**Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**', Caderno de Ciências da Terra, no. 13, p.p.1-27.
- BIGARELLA, J. J. *et al.* (2007). **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. v. 1, 2.ed. UFSC. Florianópolis.
- BINATTI, M. L. V. (2003). **Fatos e feitos ... histórias e lendas ...** . Revista de Lages, Ed. junho de 2003, Lages.
- BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2007). **Relatório Metodológico do Mapeamento de Uso do Solo e Vegetação Natural para a proposta de criação de Corredor Ecológico/Unidade de Conservação no Rio Pelotas e Campos de Cima da Serra**. In: MOREIRA, L. G. R. *Análise da Fragilidade Ambiental do Município de Cambara do Sul-Rs*. Dissertação de Mestrado. UFRGS. 2013.
- BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2009). **Biodiversidade dos campos do planalto das araucárias** / Ilsi Job Boldrini, organizador. Brasília: MMA. p.: il. color. ; 29 cm. (Série Biodiversidade, v.30).
- BRASIL. (2015). **Municípios Selecionados – Observatório de Chuvas**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/observatoriodaschuvas/municipios-selecionados.html>>. Acesso em: 17 nov. 2015.
- BROWING, K. A. (1985). **Conceptual models of precipitation systems**. *Meteorological Magazine*, 114(1359), 293-319.
- BURT, T. BOARDMAN, J. (2015). **More rain, less soil: long-term changes in rainfall intensity with climate change**. *Earth Surface, Processes and Landforms*. V.41 Issue.4.
- CARUSO, C.; QUARTA, F. (1998). **Interpolation methods comparison**. *Comp. Math. Appl.*, Amsterdam, v. 35, p. 109-126.
- CARVALHO, T. M. **Parâmetros geomorfométricos para descrição do relevo da reserva de desenvolvimento sustentável do Tupé, Manaus, Amazonas**. In: SANTOS, E. N.; SCUDELLER, V. V. (Org.). *Biotupé: meio físico, diversidade biológica e sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central*. Manaus: UEA, 2009. v. 2. p. 3-17

- CARVALHO, T. M.; LATRUBESSE, E. (2004). **O uso de modelos digitais do terreno (MDT) em análises macrogeomorfológicas: o caso da Bacia Hidrográfica do Araguaia.** Revista Brasileira de Geomorfologia (5):85-93. 2004.
- CARVALHO, T. M.; RAMÍREZ, R. (2008). **Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas à biogeografia: metodologia geográfica para espacialização de moluscos terrestres.** Boletim Goiano de Geografia (28):157-166. 2008.
- CAZELLA, A. A; BÚRIGO, F. L. (2008). **O desenvolvimento territorial no Planalto Catarinense: o difícil caminho da intersetorialidade.** Revista Extensão Rural. Ano XV. Jan de 2008. UFSM.
- CHAVES, H. M. L; SANTOS, L. B. dos. (2009). **Ocupação do solo, fragmentação da paisagem e qualidade da água em uma pequena bacia hidrográfica.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V.13. p. 922-930.
- CHORELY, R. (1966). **The application of statistical methods to geomorphology.** Pp.275-387. In:Dury, G. (ed.), Essays in Geomorphology. London, Heinemann Ed. 1966.
- CHORLEY, R. (1957). **Climate and morphometry.** Journal of Geology (65):628-638. 1957.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1974). **Geomorfologia.** Edgar Blucher/USP. 149P.
- COELHO, V. H.; MONTENEGRO, S. M.; ALMEIDA, C. D. N.; LIMA, E. R. de; NETO, A. R.; MOURA, G. S. de (2014). **Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi, 18(1).
- COSTA, F. R. da.; ROCHA, M. M. (2010). **Geografia: Conceitos e Paradigmas – Apontamentos Preliminares.** Revista GEOMAE. Campo Mourão-PR. V.1 n°.2.
- COSTA, L. (1982). **O continente das Lages.** v. I e II. Florianópolis: Fundação Catarinense de Cultura.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S de.; FILHO, P. H.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. (2001). **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos-SP.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO L. G.; HERMANDEZ Filho, P.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V. (1996). **Curso de sensoriamento remoto aplicados ao zoneamento ecológico-econômico [CD-ROM].** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8 Salvador, 1996. Anais. São Paulo: Image Multimídia. Seção de Comunicações Técnico-Científica.
- DERENGOSKI, P. R. (2003). **A longa e gloriosa história das Lages.** Revista de Lages, Lages, junho.

- DIKAU, R. (1989). **The application of a digital relief model to landform analysis.** Pp.51-7. In: Raper, J. (ed.). Three Dimensional Applications in Geographical Information Systems. London, Taylor & Francis Ed. 1989.
- EASTMAN, J.R. (2001). **Decision support: decision strategy analysis.** Idrisi 32 release 2: Guide to GIS and image processing. Worcester: Clark Labs, Clark University, v.2, 22p.
- EASTON, A. (1973). **Complex Managerial Decision Involving Multiple Objectives.** John Wiley & Sons, New York, NY, USA.
- ELY, D. F. (2006). **Teoria E Método Da Climatologia Geográfica Brasileira: Uma Abordagem Sobre Seus Discursos E Práticas.** Tese (Doutorado). Presidente Prudente. UNESP.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA (1999). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Brasília: EMBRAPA Produção de Informática; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA (2004). **Solos do Estado de Santa Catarina.** EMBRAPA Solos. Rio de Janeiro.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA (2006). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Centro nacional de Pesquisa de Solos. 2. Ed. Rio de Janeiro. EMBRAPA-SPI.
- ESRI. Environmental Systems Research Institute. (1994). *Accuracy assessment*
- EVANS, G. C. (1972). **The quantitative analysis of plant growth.** Blackwell Scientific, Oxford. 734p.
- FARR & KOBRICK. (2000). **Shuttle Radar Topography Mission produces a wealth of data.** American Geophysical Union Eos (81):583-585.
- FEARNSIDE, P.M.; GUIMARÃES, W. M. (1996). **Carbon uptake by secondary forests in Brazilian Amazônia.** Forest Ecology and Management.
- FELGUEIRAS, C. (1997). **Análises sobre modelos digitais de terreno em ambientes de sistemas de informação geográfica.** In: VIII Simpósio Latino Americano de Percepção Remota y Sistemas de Información Espacial. Mérida, Venezuela.
- FERNANDES, K. A.; SATYMurTY, P. (1994). **Cavados invertidos na região central da América do Sul.** Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8:93-94. Belo Horizonte-MG. Anais II.
- FERREIRA, A. B.; SANTOS, C. R.; BRITO, J. L. S.; ROSA, R. (2005). **Análise comparativa do uso e ocupação do solo na área de influência da Usina Hidrelétrica Capim Branco I a partir de técnicas de geoprocessamento.** SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2997-3004.

- FLORENZANO, T. G. (2008). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos.
- FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, G.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R. (2005). **Global Consequences of Land Use**. *Science*. Vol. 309. pp. 570-574.
- FRANCO, G. B. (2010). **Fragilidade ambiental e qualidade da água na Bacia do Rio Almada – Bahia**. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 345 p.
- FÚLFARO V. J.; SAAD A. R.; SANTOS M. V.; VIANNA R. B. (1982). **Compartimentação evolução tectônica da Bacia do Paraná**. *Revista Brasileira de Geociências*. V. 12.
- GOMES, N. M.; FARIA, M. A. de; SILVA, A. M. da; MELLO, C. R. de; VIOLA, M. R. (2007). **Variabilidade espacial de atributos físicos da paisagem**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. V.11, n. 4 p.427-435.
- GRIGORIEV, A. A. (1968). **The Theoretical Fundaments of Modern Pysical Geography**. In: *The Interactios of Sciences in the Study of the Earth*. Moscou.
- GRIMM, A. M. (2009). **Clima da Região Sul do Brasil**. In: IRACEMA F. A. *et al.*[Org.]. *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Texto.
- GUERASIMOV, I. P.; MESCHERIKOV, J. A. (1968). **Morphostructure**. In: *The encyclopedia of geomorphology*. Ed. R.W. Fairbridge. New York: Reinhold Book Co.
- GUERASIMOV, I. P. (1946). **Essai d' interprétation geomorphologique Du shéma general de La structure geologique de I' URSS**. *Problèmes de Geographie Physique*. Moscou. V. 12.
- HENGEL T.; EVANS, I. (2009). **Mathematical and Digital Models of the Land Surface**. Pp. 31-63. In: HENGL, T & REUTER, H [Eds.]. *Geomorphometry: Concepts, Software and Applications*. Amsterdam, Elsevier. 2009.
- HESSE, R. (2008). **Using SRTM to quantify size parameters and spatial distribution of endorheic basins in southern South America**. *Revista Geográfica Acadêmica*. 2008.
- HORTON, R. (1932). **Drainage basin characteristics**. *Transactions American Geophysical Union*. 1932.
- HORTON, R. (1945). **Erosional development of streams and their drainage basins hydrophysical**.
- HUETE, A. (2004). **Remote Sensing of Soils and Soil Processes**. In: USTIN, S. *Remote Sensing for Natural Resources Management and Environmental Monitoring: Manual of Remote Sensing*, 3 ed., v. 4, John Wiley & Sons, 2004. p. 03-52.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2004). **Mapas de Biomas e de Vegetação**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomas.shtm>. Acesso em: 19 set. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2009). **Manual Técnico de Geomorfologia**. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv66620.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2011) **Características da população e dos domicílios: resultados do universo**. Atlas do Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Acompanha 1 CD-ROM. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/resultados_do_universo.pdf. Acesso em: 07 ago. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2013). **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2016). **População do Município de Lages**. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=420930&search=santa-catarina|lages|infograficos:-informacoes-completas>. Acesso em: 10 abr.2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2017). **Censo Agropecuário**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/pesquisa/24/76693>. Acesso em: 17 maio 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. (2016). **TOPODATA – Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil**. Disponível em <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em: 09 fev. 2016.

IWASA, O. Y.; PRADINI, F.L. (1980). **Diagnóstico da origem e evolução de voçoroca: condição fundamental para a preservação e correção**. In: SIMPÓSIO SOBRE O CONTROLE DA EROSÃO. Curitiba. *Anais*. Curitiba: ABGE, 1980. p.5-30.

JENSEN, J. R. (2009). **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução: Epiphânio, J. C. N. *et al.* São José dos Campos.

KAWABUCO, F.S.; MORATO, R. G.; CAMPOS, K. C.; LUCHIARI, A.; ROSS, J. L. S. (2005). **Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia. INPE.

KOUSKY, V.E.; CAVALCANTI, I.F. (1984). **Eventos Oscilação Sul - El Niño: características, evolução e anomalias de precipitação**. *Ciência e Cultura*, 36(11), p.1888-1889.

KOUSKY, V. E; ROPELEWSIKI, C. H. (1989). **Extremes in the Southern Oscillation and their relationship to precipitation anomalies with emphasis on the South America region.** Rev. Brasileira de Met., n.4, p.351-363.

LADWIG, N. I.; DAGOSTIM, V.; BACK, A. J. (2018). **A evolução da paisagem da região carbonífera do estado de Santa Catarina realizado com imagens de satélite.** Raega-O Espaço Geográfico em Análise, n.43, p.93-107.

LANDIS, J. R.; KOCK, G. G. (1977). **The measurement of observer agreement for categorical data.** Biometrics, n.33: p.159-174.

LANG, S; BLASCHKE, T. (2009). **Análise da paisagem com SIG.** Tradução Hermann Kux. São Paulo. Oficina de Textos. 2009.

LEMONS, A. C. C; SALDANHA, D. L; MAFRA, A. (2018). **Comportamento da Precipitação Pluviométrica nas Porções Alta e Média da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas/SC: Análise Temporal de 1986-2016.** Revista Brasileira de Geografia Física. (prelo). UFPE.

LOCZY, L. (1966). **Evolução Paleogeográfica e Geotectônica da Bacia Gondwânica do Paraná e seu embasamento.** Rio de Janeiro, DNPM/DGM, 234p.

MADDOX, R. A. (1980). **Mesoscale Convective Complexes.** Bul Amer Meteorol Soc., v.61, n.11, p.1374 – 1387.

MADDOX, R. A. (1983). **Large-scale meteorological conditions associated with midlatitude, mesoscale convective complexes.** Mon Weather Rev., v.111, p.1475 – 1493.

MAIER, E. L. B.; COSTI, J.; BARREIRA, S.; SIMÕES, J. C. (2016). **Precipitações na América do Sul: médias climáticas e padrões da variabilidade no período entre 1979 e 2008.** Revista Brasileira de Geografia Física v.9, n.01, p.32-46.

MARAUM D.; OSBORN, T. J.; GILLET, N. P. (2008). **United Kingdom daily precipitation intensity: improved early data, error estimates and an update to 2006.** International Journal of Climatology 28: 833–842. DOI:10.1002/joc.1672.

MARCUZZO, F. F. N; ANDRADE, L. R.; MELO, D.C.R. (2011). **Métodos de interpolação matemática no mapeamento de chuvas no estado do Mato Grosso.** Revista Brasileira de Geografia Física, v.4, p.793-804.

MECERJAKOV, J. P. (1968). **Les Concepts de Morphostruture et Morphosculture: Um novel instrument de l’analyse geomorphologique.** In: Annales de Geographie. N° 423. Paris.

MEGIATO, E. I. (2011). **Análise da Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas, RS.** Dissertação de Mestrado. UFRGS.

MILANI, E. J. (1997). **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental**. 2 v. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MILANI, E. J. (2004). **Comentários Sobre a Origem e a Evolução Tectônica da Bacia do Paraná**. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO-NEVES, B.B. [Coord.] Geologia do Continente Sul Americano: evolução da obra de Fernando Flavio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, p.265-292.

MILANI, E. J; MELO, J. H. G de; SOUZA, P. A de; FERNANDES, L. A; FRANÇA, A. B. (2007). **Bacia do Paraná**. In: Boletim de Geociências da Petrobras – Cartas Estratigráficas, Rio de Janeiro, v. 15, n.2.

MONTEBELO, L. A.; CASAGRANDE, C. A.; BALLESTER, M. V. R.; VICTORIA, R. L.; Cutolo, A. P. A. (2005). **Relação entre uso e cobertura do solo e risco de erosão nas áreas de preservação permanente na bacia do ribeirão dos Marins, Piracicaba-SP**. XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005. p. 3829-3836.

MONTEIRO, C. A. F. (1971). **Análise rítmica em Climatologia. Problemas da atualidade climática no Estado de São Paulo e alternativas para um programa de trabalho**. São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo (Série climatologia 1).

MONTEIRO, C. A. F. (1976). **Teoria e clima urbano**. São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo (Série Teses e Monografias, n.25).

MOREIRA, L. G. R. (2013). **Análise da Fragilidade Ambiental Do Município de Cambará do Sul/RS**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Porto Alegre-RS.

MOREIRA, M. A. (2005). **Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 3° ed. Viçosa, UFV.

MORTON, D. C.; DEFRIES, R.; SHIMABUKURO, Y. E.; ANDERSON, L. O.; ARAI, E.; ESPÍRITO-SANTO, F.; FREITAS, R.; MORISETTE, J. **Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon**. PNAS Early Edition (www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0606377103), 2006.

MOURA, N. S.V; DIAS, T. S. (2012). **Elaboração do Mapa Geomorfológico do Município de Porto Alegre – RS**. Revista Ciência e Natura. V.34(2). UFSM. Santa Maria-RS.

MUNARIN, A. 1998. **Serra catarinense: a busca de identidade regional**. Mimeo.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION - NASA. (2016). **Satélite Landsat 8**. Disponível em: <http://www.nasa.gov/mission_pages/landsat/overview/index.html>. Acessado em: 05 fev 2016.

NOGUÉS-PAEGLE, J.; BERBERY, E. H. (2000). **Low-level Jets over the Americas**. Exchanges – Selected Research Papers. n 16, Jun.

NUMMER, A. V. (2003). **Parâmetros Geológico-Geotécnicos controladores dos Movimentos de Massa na Rota do Sol/RS 486 – Itati, RS**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

NUMMER, A. V.; GUARESCHI, V. D.; SANGÓI, D. S. (2011). **A fragilidade ambiental do aquífero Serra Geral na sub-bacia hidrográfica do Alto Uruguai – Brasil**. Mercator. Fortaleza. V.10 n°. 23.

OLIVEIRA, A. S. (1986). **Interações entre sistemas na América do Sul e convecção na Amazônia**. Dissertação de Mestrado em meteorologia - INPE, São José dos Campos (INPE-4008-TDL/239).

OSGOOD, C. E.; SUCI, G. J.; TANNENBAUM, P. H. (1957). **The Measurement of Meaning**. University of Illinois Press, Urbana, IL, USA.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS DO CLIMA - IPCC (2007). **Mudança do Clima 2007: A Base das Ciências Físicas – Sumário Para os Formuladores de Políticas**.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA, JR, V. P. da; MASSIGNAM, A. M., PEREIRA, E. S.; THOMÉ, V. M. R.; VALCI, F. V. (2002). **Atlas climatológico digital do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri. CD-Rom.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H.J.; SILVA JÚNIOR, V.P.; MASSIGNAN, A.M.; PEREIRA, E.S.; THOMÉ, V.M.R; VALCI, F.V. (2002). **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri. CD-ROM.

PEIXER, Z. I. (1996). **“A princesa da serra”:** entre a cidade ideal – cidade memória – cidade vivenciada. Revista da Memória, Lages, n. 1, p. 47-59.

PELUSO JÚNIOR, V.A. (1991). **Estudos de geografia urbana de Santa Catarina**. Florianópolis: UFSC.

PENCK, A. (1894) **Morphologie der Erdoberfläche**, Stuttgart, Engelhorn. 2v.

PERTILLE, C. T.; SILVA, G. O.; SOUZA, C. F. de; NICOLETTI, M. F. (2018). **Estudo da eficiência de classificações supervisionadas aplicadas em imagem de média resolução espacial**. BIOFIX Scientific Journal, 3(2), 289-296.

RAMOS, J. C. (2014). **Erosão Hídrica do Solo com Vistas à Proposição de Qualidade do Solo Quanto à Sucetibilidade à Erosão**. Tese de Doutorado. UDESC. Lages.

RECH, M. A; MONGUILHOTT, M; MIOLA, A. C; SEBEM, E. (2011). **Análise de variáveis geomorfológicas para geração de atributos topográficos utilizando o banco de dados TOPODATA/SRTM (INPE)**. XV SBSR- Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Curitiba-PR. Ed. INPE.

- REIS, A. S.; LACERDA, F. F.; VAREJÃO-SILVA, M. A. (1995). **Climatologia do sertão de Pernambuco**. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 9, Campina Grande, 1995. Anais, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, p. 199-201.
- RODRIGUES, A. C. M. (2000). **Mapeamento Multitemporal do uso e cobertura do solo do município de São Sebastião-SP, utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens TM Landsat e HRV-SPOT**. São José dos Campos:INPE, 94p. 2000. (INPE-7510-PUD/39).
- RODRÍGUEZ YI, J. L. **Mapeamento e monitoramento de vegetação através de imagens AVHRR-NOAA** (Dissertação - Instituto de Pesquisa Espaciais, São José dos Campos, 1997), 133 p.
- ROLDAN, L. F. (2007). **Tectônica Rúptil Meso-Cenozóica na Região do Domo de Lages, SC**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo-USP. PPGG. Instituto de Geociências.
- ROPELEWSKI, C. R.; HALPERT, S. (1987). **Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation**. Mon. Weather Rev., 115, 1606-1626.
- ROSA, R. (1993). **Levantamento do meio físico do município de Araguari - MG**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, 1993, São José dos Campos. *Anais...*São José dos Campos: INPE, 1993.p.239-47.
- ROSS, J. L. S. (1990). **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto.
- ROSS, J. L. S. (1992). **O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo**. In: Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n° 6, FFLCH-USP.
- ROSS, J. L. S. (1994). **Análise empírica da Fragilidade de ambientes naturais antropizados**. In: Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, FFLCH – USP, n° 8, p. 63-74.
- ROSSATO, M. S. (2011). **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- RUDORF, B, F, T; MOREIRA, M. A. (2002). **Sensoriamento Remoto Aplicado à Agricultura**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. INPE. São José dos Campos. 2002.
- SAATY, T. L. (1977). **A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures**. Journal of Mathematical Psychology, 15(3).
- SANT'ANNA NETO, J. L. (1998). **Clima e organização do espaço**. In: Boletim de Geografia, n.16, p. 119-131, Maringá.

SANTA CATARINA (ESTADO). **Lei nº 15.167, de 11 de maio de 2010.** Cria o Programa de Reflorestamento do Pinheiro Brasileiro (*Araucaria angustifolia*) no Estado de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.

SANTOS, D. D. F. M. dos; COSTA, A. M. da; OLIVEIRA, F. S. de; VIANA, J. H. M. (2018). **Monitoramento do uso e cobertura do solo em Sete Lagoas e Prudente de Morais–MG entre 1990-2015.** Raega-O Espaço Geográfico em Análise, 43, 57-74.

SANTOS, J. F. C.; MENDONÇA, B. A. F.; ARAÚJO, E. J. G. de; ANDRADE, C. F. de (2017). **Fragmentação florestal na Mata Atlântica: o caso do município de Paraíba do Sul, RJ, Brasil.** Revista Brasileira de Biociências, 15(3).

SANTOS, M. A. (2002). **Natureza do Espaço : Técnica e tempo, Razão e Emoção.** São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo.

SANTOS-CARVALHO, T. M.; BAYER, M. (2008). **Utilização dos produtos da “Shuttle Radar Topography Mission” (SRTM) no mapeamento geomorfológico do Estado de Goiás.** Revista Brasileira de Geomorfologia (9). 2008.

SARTORI, A. A. da C.; SILVA, R. F. B da; ZIMBACK, C. R. L. (2012). **Combinação linear ponderada na definição de áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais em ambiente SIG.** Revista Árvore v.36 n.6. Viçosa.

SCHEIBE, L. F. (1986). **A geologia de Santa Catarina: sinopse provisória.** Geosul, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 7-38, jan. ISSN 2177-5230. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/12542/11811>>. Acesso em: 31 ago. 2018.

SCOLAR, J.; FIGUEIREDO, J. C. (1990). **Análise das condições sinóticas associadas à formação de Complexos Convectivos de Mesoescala.** In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, SBMET, Anais... v.2, p.457 – 461.

SEBUSIANI, H. R. V; BETTINE, S do. C. (2011). **Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana.** G&DR. V.7. n.1. p. 256-285. Taubaté-SP.

SHIMABUKURO, Y. E.; MELLO, E. M. K.; MOREIRA, J. C.; DUARTE, V. (1997). **Segmentação e classificação da imagem sombra do modelo de mistura para mapear desflorestamento na Amazônia.** São José dos Campos: INPE, 1997, 16p. (INPE 6147-PUD/029).

SIEGA, L. 2003. **Município em franco desenvolvimento.** Revista de Lages, Lages. Jun.

SILVA, E. N. S 2005.; **Biotué: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central.** v.2. UEA. Manaus.

SILVEIRA, C.T.; SILVEIRA, R. M. P. (2013). **Classificação geomorfométrica de unidades morfológicas do relevo no estado do Paraná obtida de atributos topográficos e árvore de decisão.** Anais do XV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Vitória/ES.

SILVEIRA, T. (2014). **Qualidade da água e vulnerabilidade dos recursos hídricos superficiais na definição das fragilidades potencial e ambiental de bacias hidrográficas.** Revista Brasileira de Geografia Física. v.7 n.4.

SOIL AND WATER CONSERVATION SOCIETY -SWCS (2003). **Conservation Implications of Climate Change: Soil Erosion and Runoff from Cropland.** Soil and Water Conservation Society. Ankeny, IA.

SOUZA, M. A de. (2018). **Dinâmica temporal do uso e ocupação da bacia do Ribeirão Campo Triste: Expansão da monocultura do Eucalipto.** Revista Equador. V. 7. N.1. 130-143.

SPÖR, C. (2001). **Análise da Fragilidade Ambiental Relevo-Solo com Aplicação de Três Modelos Alternativos nas Altas Bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata.** Dissertação de Mestrado. São Paulo: FFLCH – USP.

SPÖR, C.; ROSS, J. L. S. (2004). **Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos.** GEOUSP – Espaço e Tempo. São Paulo. Nº 15.

STILLWELL, W. G.; SEAVER, D. A.; EDWARDS, W. A. (1981). **Comparison of Weight Approximation Techniques in Multiattribute Utility Decision Making.** Organization Behavior and Human Performance.

STRECK, E. V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. do.; SHINEIDER, P. (2002). **Solos do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS.

SUERTEGARAY, D. M. A. (2000). **Espaço Geográfico uno e múltiplo.** In: SUERTEGARAY, D. M. A.; BASSO, L. A.; VERDUM, R. (orgs.). Ambiente e Lugar no Urbano: a Grande Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 2000.

SUERTEGARAY, D. M. A., FUJIMOTO, N. S. V. M. (2004). **Morfogênese do relevo do Estado do Rio Grande do Sul.** In: VERDUM, R., BASSO, L. A., SUERTEGARAY, D. M. A. (Orgs.) Rio Grande do Sul: paisagens e territórios em transformação. Porto Alegre: Editora da UFRGS. 11-26p.

TRENTIN, A. B. (2014). **Geração de Modelos para Estimativa de Biomassa em Áreas de Silvicultura no Estado do Rio Grande do Sul.** Tese de Doutorado. Instituto de Geociências. UFRGS.

TRICART, J. (1977). **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE-SUPREN.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS (2016). **Sensor OLI.** Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/ldcm_vs_previous.php>. Acesso em: 23 fev. 2016.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY - USGS (2016). **SRTM - Shuttle Radar Topography Mission.** Disponível em: <<http://srtm.usgs.gov/mission.php>>. Acesso em: 09 fev. 2016.

- VALERIANO, M de M. (2008). **TOPODATA: Guia para Utilização de dados Geomorfométricos Locais**. INPE. São José dos Campos.
- VALERIANO, M. de M. (2004). **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul**. São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-10550- RPQ/756). 72p.
- VALERIANO, M. de M. (2005). **Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA**. XII SBSR – Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia-GO. Ed.INPE.
- VALERIANO, M. de M; ALBUQUERQUE, P. C. G de. (2010). **Topodata: processamento dos dados SRTM**. Ed.INPE.
- VALERIANO, M. M. (2007). **Visualização de imagens topográficas**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR). Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. p. 1377-1384.
- VANZELA, L. D; HERNANDEZ, F. B. T; FRANCO, R. A. M. (2010). **Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis**. Revista. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V.14, n.1, p 55-64.
- VANZELA, R. F; FILHO, P. C. de O; MAIA, A. G; DISPERATI, A. A. (2010). **Uso e ocupação do solo em Bacia Hidrográfica Urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução**. Revista Floresta e Ambiente. v. 17 p.23-29.
- VASCONCELOS, C. H; NOVO, E. M. L de M. (2004). **Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens – fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat5, na região do reservatório de Tucuruí-PA**. Rev. Acta Amazônica. Vol.34(3). 487-493.
- VELASCO, I.; FRITSCH, J.M. (1987). **Mesoscale Convective Complexes in the Americas**. J Geophys Res., v.92, n. D8, p.9591 – 9613.
- VOOGD, H. (1983). **Multicriteria evaluation for urban and regional planning**. London: Pion. 370p.
- WHITE I. C. (1908). **Relatório sobre as coal measures e rochas associadas ao sul do Brasil**. Rio de Janeiro: Comissão das Minas de Carvão de Pedra do Brasil, 300p.
- WILDNER, W.; CAMOZZATO, E.; TONIOLO, J. A.; BINOTTO, R. B.; IGLESIAS, C. M. F.; LAUX, J. H. (2014). **Mapa geológico de Santa Catarina**. Porto Alegre: CPRM. Escala 1:500.00. Programa Geologia do Brasil. Subprograma de Cartografia Geológica Regional.
- YI, J. L. R. (1997). **Mapeamento e monitoramento da vegetação do estado do Mato Grosso através de imagens AVHRR-NOAA**. Tese de doutorado. INPE. São José dos Campos.

ZAMBON, K. L., CARNEIRO, A. A. F. M., SILVA, A. N. R., & NEGRI, J. C. (2005). **Análise de decisão multicritério na localização de usinas termoeletricas utilizando SIG.** Pesquisa Operacional, 25(2).

ZAMBON, K. L.; CARNEIRO, A. F. M.; SILVA, A. N. R.; NEGRI, J. C. (2003). **Utilização de Mapas.**

ZANOTTO, O. A. (1993). **Erosão pós-Cretáceo na Bacia do Paraná, com base em dados de reflectância da vitrinita.** In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 5., 1993, Curitiba. Resumos. Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia.

ZHANG, X., *et. al.* (2003). **Monitoring vegetation phenology using MODIS.** Remote Sensing of Environment, v. 84. p. 471–475.

ZIPSER, E. J.; CECIL, D. J.; LIU, C.; NESBITT, S. W.; YORTY, D. P. (2006). **Where are the most intense thunderstorms on Earth?** Bull. Amer Meteor. Soc., v. 87, p. 1057-1070.

ANEXO

Anexo 1: Dados de produção agropecuária dos municípios da área de estudo

Município/Produção	Maça (t)	Aveia (t)	Arroz (t)	Amendoim (t)	Abóbora (t)	Uva (t)	Pera (t)	Pêssego (t)	Caqui (t)	Ameixa (t)	Alho (t)	Batata (t)
Bocaina do Sul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
Bom Retiro	0	0	0	0	840	101,8	607	0	0	172	0	55
Brunópolis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.072	0
Campo Belo do Sul	0	675,6	8,87	0	353,74	32,95	0	0	0	0	0	1
Capão Alto	0	0	0	0	117,145	0	0	0	0	0	0	1
Correia Pinto	0	0	0	0	812,522	0	0	0	0	0	0	1.176
Curitibanos	0	0	8,6	0	983,5	56,15	0	0	0	0	2.881	6
Lages	0	1797	0	0	2177,45	61,4	0	55	15	26	27	62
Otacílio Costa	0	0	0	0	5013,95	0	0	0	0	0	0	0
Painel	13127	0	0	0	175,04	0	0	0	0	0	0	51
Palmeira	0	0	0	0	3606,5	0	0	0	0	0	0	2
Ponte Alta	0	0	0	0	3290,62	0	0	0	0	0	233	0
Rio Rufino	3470	0	0	0	68,5	313	0	0	0	0	0	81
São José do Cerrito	0	0	17,29	0,409	298,24	20,075	0	0	0	0	0	3
Urubici	24831,8	0	0	0	34,3	116,8	0	2	12	513	0	286
Vargem	0	0	0	0	232,63	0	0	0	0	0	0	23
Total	41428,8	2472,6	34,76	0,409	18004,137	702,175	607	57	27	711	4.212	1.814

Fonte: Censo Agropecuário 2017 (IBGE).

Município/Produção	Cebola (t)	Ervilha (t)	Feijão (t)	Fumo (t)	Melão (t)	Melancia (t)	Aipim (t)	Milho (t)	Milho Forrageiro (t)	Tomate (t)	Soja (t)	Trigo (t)
Bocaina do Sul	61	0	244	133	0	0	1,35	3679,22	4003,4	0	2252,92	0
Bom Retiro	13.589	0	319	221	0	1213,5	8,2	9324,37	7441	0	18576,62	252,5
Brunópolis	0	0	939	0	0	0	0	15523,17	1789,4	0	31949,1	576,26
Campo Belo do Sul	56	0	3.130	35	0	3,425	0	20179,02	889,12	0	26162,96	0
Capão Alto	0	0	1.208	0	0	0	0,64	7243,69	7996,76	0	11822,175	0
Correia Pinto	28	0	293	0	3	178,83	0,94	9180,34	1070	0	7749,9	0
Curitibanos	3.395	0	2.894	0	0	47,45	2,8	23122,36	4413,7	0	52787,75	0
Lages	60	0	2.938	0	0	65,55	6,01	15420,748	8420,501	0	24656,646	0
Otacílio Costa	0	0	225	0	0	23	12,75	12397,603	3294,19	0	18469,66	0
Painel	8	0	78	0	0	0	0	866,685	49	0	0	0
Palmeira	0	0	36	0	0	0	2,21	2143,352	728,2	0	2004,72	0
Ponte Alta	55	0	247	0	0	588,013	2,38	6272,34	1074,038	0	7547,64	0
Rio Rufino	0	0	108	559	0	0	0	4475,5	3565	0	0	0
São José do Cerrito	448	0	3.613	52	0	73,45	4,556	21006,024	4861,8	40,56	18761,77	0
Urubici	3.237	0	13	330	0	0	0	7985,61	11389,9	250,8	0	0
Vargem	2	0	697	394	0	0	4,494	11179,52	1678	0	10792,98	0
Total	20.940	1	16.983	1.724	3	2193,218	46,33	169999,552	62664,009	0	233534,841	828,76

Fonte: Censo Agropecuário 2017 (IBGE).

Município/Produção	Bovinos (Cabeças)	Caprinos (Cabeças)	Equinos (Cabeças)	Galináceos (Cabeças)	Ovinos (Cabeças)	Patos (Cabeças)	Perus (Cabeças)	Suínos (Cabeças)	Silvicultura (hec)
Bocaina do Sul	11.404	78	551	10.456	1.055	872	49	1.264	0
Bom Retiro	19.362	101	680	215.872	2.971	920	38	1.132	8.380
Brunópolis	11.228	47	265	10.847	618	121	16	6639	4.351
Campo Belo do Sul	26.124	64	1.012	23.171	1.555	502	54	2836	12.249
Capão Alto	31.609	0	1.459	9.994	2.454	1.153	69	1.169	16.897
Correia Pinto	19.168	116	855	191.727	1.499	1.412	99	2.189	11.686
Curitibanos	32.565	68	773	23.504	3.667	1.045	143	36.716	13.379
Lages	78.885	73	5.214	3.264.382	7.370	2.345	180	2.317	29.190
Otacílio Costa	15.355	46	432	8.755	1.118	936	82	2.447	28.521
Painel	29.151	27	1.071	5.524	2.162	116	0	1.015	2.761
Palmeira	9.730	0	486	7.302	1.020	689	50	771	8.161
Ponte Alta	16.344	65	526	302.874	1.183	739	71	1.172	13.025
Rio Rufino	6.232	6	211	5.731	107	140	0	869	584
São José do Cerrito	39.621	249	1.283	54.337	1.991	1.215	173	5.842	9.501
Urubici	23.875	160	1.008	6.144	554	74	0	896	400
Vargem	13.325	28	276	15.961	36	0	0	1.914	6.427
Total	383.978	1.128	16.102	4.156.581	29.360	12.279	1.024	69.188	165.512

Fonte: Censo Agropecuário 2017 (IBGE).